

ISSN 0032-874X

ПРИРОДА

7-92



Главный редактор академик Л. Д. ФАДДЕЕВ
Заместитель главного редактора Ю. Н. ЕЛДЫШЕВ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Академик В. Л. БАРСУКОВ (геохимия, планетология), академик АМН А. И. ВОРОБЬЕВ (медицина), доктор биологических наук Н. Н. ВОРОНЦОВ (биология, охрана природы), доктор геолого-минералогических наук Г. А. ГАБРИЭЛЯНЦ (геология), академик Г. П. ГЕОРГИЕВ (молекулярная биология), член-корреспондент РАН С. С. ГЕРШТЕЙН (физика), академик Г. С. ГОЛИЦЫН (физика атмосферы), академик И. С. ГРАМБЕРГ (океанология), академик В. А. ЖАРИКОВ (геология), член-корреспондент РАН Г. А. ЗАВАРЗИН (микробиология, экология), член-корреспондент АПН В. П. ЗИНЧЕНКО (психология), академик В. Т. ИВАНОВ (биоорганическая химия), академик В. А. КАБАНОВ (общая и техническая химия), доктор физико-математических наук С. П. КАПИЦА (физика), член-корреспондент РАН Н. С. КАРДАШЕВ (астрофизика, космические исследования), академик Н. П. ЛАВЕРОВ (геология), член-корреспондент РАН В. А. СИДОРЕНКО (энергетика), академик В. Е. СОКОЛОВ (зоология), член-корреспондент РАН В. С. СТЕПИН (философия естествознания), член-корреспондент РАН В. Н. СТРАХОВ (геофизика), член-корреспондент РАН Л. П. ФЕОКТИСТОВ (физика).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

И. Н. АРУТЮНЯН (редактор отдела физико-математических наук), О. О. АСТАХОВА (редактор отдела биологии и медицины), кандидат химических наук Л. П. БЕЛЯНОВА (редактор отдела экологии и химии), член-корреспондент РАН Н. А. БОГДАНОВ (геология), член-корреспондент РАН В. Б. БРАГИНСКИЙ (физика), член-корреспондент РАН А. Л. БЫЗОВ (физиология), доктор географических наук А. А. ВЕЛИЧКО (палеогеография), доктор физико-математических наук Л. П. ВИННИК (геофизика), доктор географических наук Н. Ф. ГЛАЗОВСКИЙ (география), доктор физико-математических наук А. А. ГУРШТЕЙН (астрономия, история науки), член-корреспондент РАН Г. В. ДОБРОВОЛЬСКИЙ (почвоведение), член-корреспондент РАН Л. П. ЗОНЕНШАЙН (геотектоника), М. Ю. ЗУБРЕВА (редактор отдела географии и океанологии), член-корреспондент РАН С. Г. ИНГЕ-ВЕЧТОМОВ (генетика), доктор физико-математических наук М. И. КАГАНОВ (физика), доктор физико-математических наук Н. П. КАЛАШНИКОВ (физика), доктор физико-математических наук А. А. КОМАР (физика), Л. Д. МАЙОРОВА (редактор отдела геологии, геофизики и геохимии), доктор биологических наук Б. М. МЕДНИКОВ (биология), Н. Д. МОРОЗОВА (редактор отдела научной информации), доктор технических наук Д. А. ПОСПЕЛОВ (информатика), член-корреспондент РАН И. Д. РЯБЧИКОВ (геология), доктор философских наук Ю. В. САЧКОВ (философия естествознания), доктор биологических наук А. К. СКВОРЦОВ (ботаника), Н. В. УСПЕНСКАЯ (редактор отдела философии, истории естествознания и публицистики), доктор биологических наук М. А. ФЕДОНКИН (палеонтология), доктор физико-математических наук А. М. ЧЕРЕПАЩУК (астрономия, астрофизика), член-корреспондент РАН В. Д. ШАФРАНОВ (физика), доктор биологических наук С. Э. ШНОЛЬ (биология, биофизика), доктор геолого-минералогических наук А. А. ЯРОШЕВСКИЙ (геохимия).



— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Им обозначены материнлы, которые «Природа» публикует, участвуя в этой программе.

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Мохноногий сыч — одна из мелких сов. См. в номере: Зайцев В. Н. Ночные тени.

Фото П. Н. Роменова

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Вейгела корейская — невысокий кустарник, пригодный для озеленения городов и поселков. См. в номере: Некрасов В. И., Макридин А. И. В горах Корейского полуострова.

Фото авторов



© Издательство «Наука»
журнал «Природа» 1992

В НОМЕРЕ

3 Сворцов А. К. МЕХАНИЗМЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭВО- ЛЮЦИИ И ПРОГРЕССА ПОЗНАНИЯ

Доказательство того, что дарвиновский механизм эволюции действует не только на биологическом уровне организации материи, но и в социальной, языковой и общекультурной средах, значительно повышают статус дарвиновской теории.

11 Викулин А. В. ФИЗИКА ВОЛНОВОГО СЕЙСМИЧЕ- СКОГО ПРОЦЕССА

Статистический анализ пространственного, временного и энергетического распределения землетрясений на северо-западной окраине Тихого океана указывает на волновой характер сейсмического процесса. Землетрясения в рамках предлагаемой волновой модели оказываются более «детерминированными», что позволяет надеяться на их успешный прогноз в недалеком будущем.

20 МНОГОЛИКИЙ РАДОН

Наши дома построены на губке, пропитанной радиоактивным газом радоном — продуктом распада радия. Борьба с этим природным злом во многих странах стала столь же обыденным делом, как и радонотерапия, спасающая от многих тяжелых заболеваний. Что же знаем мы сегодня о радоне, который, похоже, до конца так и не раскрыл своих тайн?

Михаэлян Л. А. РАДОН В НАШЕМ ДОМЕ (20)
Гусаров И. И. РАДОН КАК ЛЕЧЕБНЫЙ ФАКТОР. (27)
Шемьш-заде А. Э. РАДОН И СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ (31)

36 Некрасов В. И., Макридин А. И. В ГОРАХ КОРЕЙСКОГО ПОЛУОСТ- РОВА

Ботанические экскурсии всегда приносили знания о флоре и живые образцы, которые становились основой для последующего внедрения в культуру. И сейчас подобные путешествия служат тем же целям.

42 Кропоткин П. Н. ТЕОРИЯ ТЕКТониКИ ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ И ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИЙ

44 Сагалавич А. М., Москалев Л. И. ОТ «ТИТАНИКА» ДО «КОМСОМОЛЬ- ЦА»

52 Зайцев В. Н. НОЧНЫЕ ТЕНИ

В ночном лесу, а то и где-нибудь в городском парке еще можно услышать глухие крики сов — на редкость необычных по многим чертам птиц.

59 Котляков В. М. ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДЫ В «ЗЕРКАЛЕ» ЛЕДЯНОГО КЕРНА

Сравнительно недавно к свидетелям былых изменений природы Земли добавился ледяной керн, извлеченный из глубоких скважин полярных ледниковых покровов. Его комплексный анализ позволяет определить температуру и состав атмосферы на протяжении сотен тысяч лет.

69 Горелик Г. Е. О СОХРАНОСТИ ЗАКОНОВ СОХРА- НЕНИЯ

В учебниках и энциклопедиях закон сохранения энергии выглядит несомненным и неколебимым. Однако в XX в. в его судьбе было несколько драматических поворотов. Среди тех, кто ставил его под сомнение, — Бор, Дирак, Ландау.

78 Болдырев А. А. ИОННЫЕ ГРАДИЕНТЫ В ЖИЗНИ КЛЕТКИ

Хотя со времени открытия ключевого фермента клеточной мембраны Na, K-АТФазы прошло без малого 35 лет, молекулярные механизмы его функционирования до сих пор остаются предметом пристального внимания исследователей.

84 «ПРИРОДА» — «NATURE»

92 Каневский Э. М. ЛЕГЕНДАРНЫЙ «КРАСИН»

Чуть было не проданный за границу знаменитый ледокол «Красин» включен наконец в список исторических памятников, подлежащих охране государства. Уникально не только само судно, но и его роль в международных спасательных операциях, а также в освоении Северного морского пути.

102 НОВОСТИ НАУКИ

116 КОРОТКО

119 Анкета читателя

121 РЕЦЕНЗИИ

122 НОВЫЕ КНИГИ

125 ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ Соколов В. Е., Баскин Л. М. КОНРАД ЛОРЕНЦ В СОВЕТСКОМ ПЛЕНУ

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ (118)

CONTENTS

3 Skvortsov A. K. THE MECHANISM OF ORGANIC EVOLUTION AND COGNITION PROGRESS

To prove that Darwinian mechanism of evolution acts not only on biological but also on social, linguistic and general cultural level means to considerably raise the Darwin's theory status.

11 Vikulin A. V. THE PHYSICS OF THE WAVE SEISMIC PROCESS

The statistical analysis of the spatial, temporal and energetical distribution of earthquakes in the northern-western outskirts of the Pacific ocean revealed the wave nature of the seismic process. Within the frame of this hypothetical wave model the earthquakes appear to be more "predictable" which gives some hope for a successful forecast in a not too distant future.

20 THIS STRANGE MANY-FACED RADON

Our houses are erected on a sponge soaked with a radioactive gas radon—the product of radium decay. In many countries the struggle against this natural evil became as ordinary as the radon-therapy treatment which saves people from a lot of painful diseases. What do we know now of radon which seems to keep some of its secrets? Mikaelyan L. A. RADON IN OUR HOUSE (20)
Gusarov I. I. RADON AS A MEDICINAL FACTOR (27)
Shemji-zade A. E. RADON AND THE SUN ACTIVITY (31)

36 Nekrasov V. I., Makridin A. I. IN THE KOREAN PENINSULA MOUNTAINS

Botanical excursions always helped to acquire both knowledge of flora and the specimens of plants, which were used by people later on. And now the situation is the same.

42 Kropotkin P. N. THE LITHOSPHERE PLATES TECTONICS THEORY AND THE GEODESIC MEASUREMENTS

NEWS FROM THE EXPEDITIONS

44 Sagalevich A. M., Moskalev L. I. FROM "TITANIC" TO "KOMSOMOLETS"

52 Zajtsev V. N. THE NOCTURNAL SHADOWS

At night, in the woods or even in some city park, one still can happen to hear the dull shouts produced by owls, the birds which are very unusual in more than one aspect.

59 Kotlyakov V. M. THE GLOBAL NATURE CHANGES REFLECTED IN AN ICE KERN "MIRROR"

Comparatively not long ago a new witness of the Earth nature former changes has been added to the old ones: an ice kern extracted from a deep well made in the Arctic ice cover. Its complex analysis creates possibility for determining the temperature and the atmosphere composition along a period of hundreds thousand of years.

69 Gorelik G. E. ON THE CONSERVATION OF THE LAWS OF CONSERVATION

In textbooks and encyclopaedias the law of conservation of energy looks unquestionable and unshakeable. However in XX century its destiny came across several dramatic turning-points. Among those who cast doubt on this law were Bohr, Dirac, Landau.

78 Boldyrev A. A. THE IONIC GRADIENTS IN THE LIFE OF A CELL

Though the key enzyme of outcell membrane Na, K-ATP-ase was discovered almost 35 years ago, the molecular mechanisms of its functioning till now are in the focus of researchers' fixed attention.

84 "PRIRODA—NATURE"

92 Kanevskiy Z. M. THE LEGENDARY "KRASIN"

The famous ice-breaker till recently on the verge of being sold abroad, is now inscribed into the list of those historical monuments which are to be guarded by the state. Not only the ship itself is unique but also the role "Krasin" played in international rescue operations and in the Northern Sea Route development.

102 SCIENCE NEWS

116 NEWS IN BRIEF

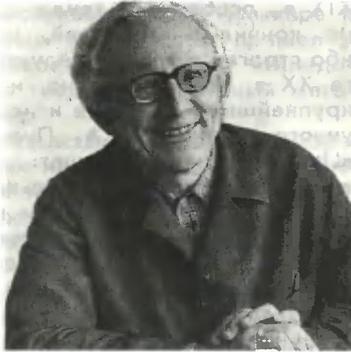
121 BOOK REVIEWS

122 NEW BOOKS

125 MEETING THE FORGOTTEN PAST Sokolov V. E., Baskin L. M. KONRAD LORENZ IN THE SOVIET CAPTIVITY

Механизмы органической эволюции и прогресса познания

А. К. Скворцов



Алексей Константинович Скворцов, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Главного ботанического сада РАН. Основные научные труды посвящены систематике и микроэволюции растений, а также общим вопросам эволюционной теории. Член редколлегии журнала «Природа».

О БРАЦАЛИ ли Вы когда-нибудь внимание, дорогой читатель, на то, сколь широко для характеристики нашего познания используется терминология, относящаяся к царству растений? Еще от древних дошло до нас назидательное изречение для юношества: «*Studiosum radix amara, sed fructus dulces*» (Корни учения горьки, зато плоды сладки). Про что-то очень важное мы говорим: «Это коренной вопрос», «коренное отличие». А ложные представления мы стараемся искоренить. Недаром среди первых афоризмов Козьмы Пруtkова стоит: «Смотри в корень». Мы также говорим, что начиная с эпохи Возрождения рост знания шел столь интенсивно, что некогда единый ствол естественных наук начал делиться на самостоятельные ветви. В нашем столетии отпочкование специальных дисциплин стало особенно интенсивным; непрерывно появляются ростки все новых направлений. Распространение знаний мы сравниваем с посевом. «Сейте разумное, доброе, вечное!» В англо-американской литературе распространение

знаний прямо называется диссеминацией (dissemination of knowledge). Предполагается, конечно, что из этих посевов получатся хорошие всходы.

Но самая замечательная метафора — это, конечно, библейское «древо познания добра и зла», которое росло в раю и плодом с которого (европейские художники обычно изображали этот плод как яблочко) коварный змий соблазнил нашу прародительницу Еву. Когда я в молодые годы познакомился с этим библейским рассказом, я сильно недоумевал: почему же в этом райском древе познание ассоциируется не только с добром, что было бы понятно, но и со злом. И почему за вкушение плода познания последовало такое наказание — изгнание из рая. Теперь, конечно, мне видна глубочайшая мудрость такой ассоциации, как и всего этого древнего рассказа. Невероятно разросшееся со времен Адама и Евы древо познания теперь оказывается увешанным не только множеством яблочек новейшей селекции, быть может, гораздо более сладких и еще более соблазнительных для современных наследниц Евы, нежели яблочки древнего змия; это древо теперь обильно увешано еще и плодами совсем иного сорта — тысячами ядерных бомб, не говоря уже о массе других весьма небезобидных фруктов. Но как бы то ни было, сравнение человеческого познания с растущим деревом — это выразительная и продуктивная аналогия.

С растущим же деревом сравнивается филогенез — ход и результаты эволюции живого мира. Правда, выражение «филогенетическое древо» появилось не в библейские времена, а только в XIX в. в результате торжества эволюционизма. (Хотя некоторые древоподобные схемы, имевшие целью отразить естественное сходство организмов, предлагали и раньше.)

Итак, два «древа». Одно из них представляет ведущий компонент биосферы, а другое — ноосферы. И несмотря на столь фундаментальное различие их положения и роли в судьбах нашей планеты, аналогия между ними несомненна. Оба непрерывно

растут и ветвятся (хотя и в совсем разных временных масштабах), более старые участки в обоих в той или иной мере отмирают. Правда, в новейшее время картина «древес» несколько осложнилась: в филогенетическом древе — представлениями о симбиогенезе, о «сетчатой» эволюции и «горизонтальном переносе» генов, а в древе познания — вполне аналогичными идеями о появлении новых точек роста науки на перекрестках ее старых ветвей (или, как любят говорить, «на стыках наук»), и в обоих «древесах» — сомнениями в существовании единых стволов, т. е. не следует ли заменить картину древа картиной многоствольной поросли. Однако нетрудно видеть, что эти осложнения не только не разрушают аналогию между «древесами», но, наоборот, ее развивают, укрепляют новыми деталями.

Но если имеется налицо столь выразительная аналогия в структуре «древес», естественно задать вопрос: а не найдется ли аналогий в механизмах прирастания обоих «древес»? Механизм эволюции живого мира мы представляем себе, в духе современного дарвинизма, как результат взаимодействия двух процессов: стохастического, ненаправленного появления изменений (мутаций) в генетической программе организмов — и затем адаптивного отбора, определяющего направление эволюционных преобразований. Ни характер индивидуальных актов мутирования, ни конкретный характер и направление эволюционных преобразований непосредственно (хотя чисто вероятностные и весьма приближительные и краткосрочные прогнозные оценки возможны). Каков же механизм продвижения нашего познания?

Содержание наших знаний составляют факты и наблюдения, затем понятия, так или иначе обобщающие эти факты, и, наконец, еще более общие гипотезы и теории. При этом важно заметить, что даже самая простая регистрация самого простого факта возможна только с помощью каких-то более общих понятий, а научный смысл и значение отдельные факты приобретают только в контекстах определенных теорий или, по крайней мере, каких-то более широких сопоставлений. Следовательно, за продвижение нашего познания можно принимать появление новых сопоставлений, обобщений, гипотез, теорий. Как же они возникают?

Этот вопрос впервые достаточно четко был поставлен, по-видимому, только Декартом. И решал он его в духе рациона-

лизма; апеллируя к интуиции, которую он понимал как некое интеллектуальное ясновидение. В то же время с появлением на философской сцене эмпиризма, сначала в лице Ф. Бэкона, а затем и других, преимущественно английских, философов, начались попытки построить индуктивную логику, которая позволяла бы от эмпирических наблюдений строго логическим путем прийти к общим заключениям и теориям.

Эти попытки продолжались еще и в XIX в., особенно в трудах Дж. Ст. Милля, но кончились неудачей, что и понятно, ибо строгая логика — дедуктивная. На пороге XX в. это стало ясно, и уже в 1905 г. крупнейший математик и исследователь научного творчества А. Пуанкаре в книге «Ценность науки» пишет: «Чистая логика всегда привела бы нас только к тавтологии; она не могла бы создать ничего нового; сама по себе она не может дать начала никакой науке... Чтобы создать геометрию или какую бы то ни было науку, нужно нечто другое, чем чистая логика. Для обозначения этого другого у нас нет иного слова, кроме слова «интуиция»¹.

Однако Пуанкаре понимает «интуицию» иначе, нежели Декарт: у Пуанкаре это не ясновидение, не внутренняя убежденность, а некоторое внезапное, неожиданное озарение, словно вспышка молнии вдруг освещающее решение проблемы. Несколькими позже, в книге «Наука и метод» (1908) Пуанкаре дает описание собственных психологических переживаний и моментов прозрения, приведших его к решению одной из конкретных математических проблем. Здесь же он замечает, что нахождение ответа на задачу, даваемое «озарением», — это результат выбора одного удачного решения из множества других, какие могут прийти в голову. «Творить, изобретать, сказал я, значит выбирать»². Но сам перебор «кандидатов» на решение и выбор пригодных происходит, согласно Пуанкаре, в значительной мере подсознательно³. Длительное и настойчивое сосредоточение на проблеме весьма способствует тому, чтобы «озарение» наконец наступило. Очевидно, во время такого сосредоточения и происходят подсознательные процессы генерирования и отбора вариантов. И, наконец, предложенное «озарением» решение долж-

¹ Цит. по: Пуанкаре А. О науке. М., 1983. С. 163.

² Там же С. 312.

³ Симонов П. В. Неосознаваемое психическое: под-
сознание и сверхсознание. // Природа, 1983. № 3.
С. 24—31.

но быть затем проверено, т. е. пройти еще раз отбор, теперь уже на вполне сознательном уровне и по критериям строгой логики.

Соотношение логики и интуиции в процессе научного творчества Пуанкаре рисует так: «Логика и интуиция играют каждая свою необходимую роль. Обе они неизбежны. Логика, которая одна может дать достоверность, есть орудие доказательства; интуиция есть орудие изобретательности»⁴.

Через полстолетия после Пуанкаре к той же проблеме обратился и пришел к сходным же выводам еще один исследователь научного творчества, крупный математик Ж. Адамар⁵.

Близкие представления о механизме появления новых идей развивал и А. Эйнштейн: «Никакой логический путь не ведет от наблюдений к основным принципам теории. Все понятия, возникающие в процессе нашего познания и в наших словесных выражениях, со строго логической точки зрения являются свободными творениями разума»⁶. «...Подлинной ценностью является, в сущности, только интуиция»⁷.

Подобные же идеи высказывают и уже почти современные нам авторитеты в области философии науки. Так, один из самых видных среди них, К. Поппер, считает выдвижение гипотезы логически нереконструируемым творческим актом. «Как приходит человеку в голову новая идея...— это, возможно, очень интересно для эмпирической психологии, но к логическому исследованию научного познания это совершенно не имеет отношения»⁸. Сходных взглядов придерживается и Т. Кун, автор известной книги о «научных революциях», и ряд других исследователей⁹.

Уже более 100 лет назад французский автор П. Сурио высказал мысль о сходстве механизма развития науки с дарвиновским механизмом эволюции¹⁰. Но конец прошлого века и первая четверть нынешнего ознаменовались в самой биологии сильной волной антидарвинизма, и естественно, что попытка распространить дарвинизм еще и за пределы биологии поддержки не получила. Однако из изложенных выше представлений авторов нашего века, начиная с Пуанкаре, вытекает понимание механизма научного творчества именно в дарвиновском духе. Уже и сам Пуанкаре писал: «Движение науки нужно сравнивать... с непрерывной эволюцией зоологических видов, которые беспрестанно развиваются»¹¹.

Но настоящее признание и поддержку дарвинистское представление о механизме развития науки стало получать только начиная с 60—70-х годов нашего века. Решительно высказался в его поддержку американец Д. Кэмпбелл. Отечественные авторы В. В. Налимов и З. М. Мульченко провели аналогию между научными новинками и мутациями, а П. В. Симонов предложил даже понятие психического мутагенеза. О приложимости идеи дарвиновской эволюции к развитию науки заявил и известный американский специалист по философии биологии Д. Халл¹².

Дарвинистское понимание процесса научного творчества встречает и немало возражений, которые довольно отчетливо распадаются на две группы: одни из них имеют конкретный характер, усматривая в дарвинистской концепции фактические погрешности и натяжки, другие же представляют собой скорее просто неприятие, исходящее из общих идейных, философских или методологических установок. Рассмотрим сначала важнейшие возражения первой группы — конкретные.

Вызывает немало возражений тезис о неожиданном, минуя какие-либо логические рассуждения, появлении новых мыслей, а тем более — о порождении их в подсознательной сфере. Как же можно производить все достижения человеческого гения из сферы

⁴ Пуанкаре А. Указ. соч. С. 167.

⁵ Адамар Ж. Исследование психологии процесса изобретения в области математики. М., 1970.

⁶ Эйнштейн А. Собр. науч. трудов. Т. 4. М., 1967. С. 39, 251, 337.

⁷ Эйнштейн А. Физика и реальность. М., 1965. С. 337.

⁸ Поппер К. The logic of scientific discovery. London, 1959. P. 31.

⁹ Следует отметить, что упомянутые выше авторы понимают «интуицию» не совсем одинаково. Для Пуанкаре и Поппера это прежде всего «озарение», т. е. феномен психологический. Эйнштейн же понимает интуицию более широко, как некое интеллектуальное, но внелогическое ясновидение, тем самым приближаясь к Декарту. Это последнее понимание традиционно для философии, и для отличения от психологического понимания его можно назвать философским. Для нашей темы, однако, наиболее интересны представления, развитые Пуанкаре.

¹⁰ Sourian P. Théorie de l'invention. Paris, 1881.

¹¹ Пуанкаре А. Указ. соч. С. 158.

¹² Campbell D. I. // Psychol. Rev. 1960. V. 67. N 6; Налимов В. В., Мульченко З. М. Сравнительное изучение двух самоорганизующихся систем — науки и биосферы // Методологические проблемы кибернетики. Т. 2. М., 1970. С. 227—243; Симонов П. В. Творческий процесс и художественное восприятие. Л., 1978. С. 62—65; Hull D. L. Science as a process: an evolutionary account of the social and conceptual development of science. Chicago, 1988.

подсознательного, если эта сфера первобытнее, примитивнее, нежели сфера сознания? По мнению критика¹³, это — чисто мистическая «теория подполья», которая не только неправдоподобна, но и серьезно искажает этический образ человека. Возражение как будто серьезное, на самом же деле просто наивное, ибо устраняется весьма простой операцией — уже упоминавшимся представлением о «сверхсознании». Да и достаточно задуматься над тем, что тот колоссальный объем знаний, образов, идей, который хранится в памяти человека, не находится же он все время в поле нашего сознания. А где он: «под», или «сверх», или где-то «сзади», «сбоку» сознания — мы уточнить не можем, потому и пользуемся чисто условными обозначениями. Мы знаем только, что этот багаж заключен в памяти подчерепного компьютера, и лишь его фрагменты — то одни, то другие — выводятся в поле нашего сознания¹⁴. И, конечно, нет оснований считать, что кроме как «на экране» никакие процессы в нашем компьютере не протекают.

Второй ряд возражений. Критики считают, что, в отличие от селективного механизма дарвиновской эволюции, развитие науки имеет инструктивный характер, оно идет путем обнаружения новых фактов и закономерностей и прямой передачи их следующим поколениям исследователей, т. е. это эволюция не дарвиновского, а ламарковского типа¹⁵. Чисто логическая несостоятельность этих возражений очевидна. Ведь и вполне ортодоксальную дарвиновскую эволюцию легко можно представить как ламарковскую. Представим себе, что некоторая популяция в результате какого-то необычного для нее сильного внешнего воздействия претерпела жесткий отбор среди особей (т. е. индивидуальных генотипов). В результате коллективный генотип популяции и ее средняя адаптивная норма изменились адекватно воздействию, т. е. популяция прореагировала «по Ламарку». Точно так же и наука: рассматриваемая в целом, она растет и изменяется адаптивно, адекватно стоящим перед ней требованиям, становясь все более способной объяснять реальный мир, т. е. «по

Ламарку», но в основе всего ее прогресса лежит жесткий отбор из бесчисленных отдельных «озарений». Ведь, как сказал Пуанкаре, изобретать — значит выбирать.

Наконец, третий оспариваемый пункт — уже отчасти приближающийся к группе принципиальных разногласий — о непредсказуемости и непредсказуемости.

Большинство (или, по меньшей мере, значительная часть) ученых, работающих в области фундаментальных наук, убеждено в непредсказуемости будущих крупных открытий и тем самым направлений дальнейшего развития науки. Но со стороны представителей наук прикладных нередко можно услышать возражение: ведь ставятся же перед исследователями определенные задачи и решаются, значит, развитие науки предсказуемо и направляемо. Авторы такого заключения упускают из виду, что сама постановка прикладных задач возможна только на основе определенного уровня наук фундаментальных. При этом крупный прорыв на «фундаментальном уровне» приносит сразу целый веер новых возможностей постановки и решения прикладных задач. Таким образом, происходит совершенно то же, что и в эволюции живого мира: там принципиальное повышение организации («анагенез», или «градогенез») и связанный с этим прорыв в новую адаптивную зону ведет к интенсивному формообразованию и широкому освоению этой новой зоны («адапциогенез», или «кладогенез»).

Для решения прикладных задач обычно создаются значительные концентрации сил специалистов, все внимание которых сосредоточивается на заданной проблеме — этим обеспечивается интенсивность «психического мутагенеза» — подобно тому, как селекционер для получения желательных мутаций подвергает массивным воздействиям мутагенных факторов большое количество биологического материала. И, наконец, устанавливаются жесткие психологические фильтры отбора тех «озарений», тех идей, которые подходят именно к данной проблеме. Такой фильтр задает направление движения как адаптивной органической эволюции, так и человеческой изобретательности. Свое крайнее выражение подобная организация исследовательской работы нашла в так называемой «мозговой атаке» (или «штурме» — brainstorming), особенно практиковавшейся в Америке в 1960—1970 годах: многих ученых собирают вместе и не дают ничем другим заниматься, пока ими не будет предложено какое-то решение поставленной задачи.

Приведу два примера: из области чело-

¹³ Williams F. The mystique of unconscious creation // Creativity and learning. Boston, 1967. P. 142—152.

¹⁴ Термин «сознание» используется весьма различно. Я принимаю его только в том достаточно определенном смысле, который придают ему медики. Из иноязычных терминов этот смысл точнее всего выражает немецкое «Bewusstsein».

¹⁵ Cain J. A., Darden L. // Biology and Philosophy. 1988. V. 3. N 2. P. 165—171.

веческой изобретательности и изобретательности природы.

Представьте себе, что вы по рассеянности влезли в наполненную до краев ванну и вода из нее хлынула на пол. Что вы сделаете? Выскочите из ванны и постараетесь принять все меры, чтобы вода не залила квартиру или (еще хуже) не пролилась бы вниз. А вот когда подобным образом вода вылилась у Архимеда, он тоже выскочил из ванны, но и не подумал подбирать воду, а побегал по улице с криком: «Эврика!» Отчего же одна и та же причина вызвала разное действие: Архимед сделал важное открытие, а вы не открыли ничего? Очень просто: в голове у Архимеда еще задолго до ванны был поставлен психологический фильтр (которого у вас не было) для возможного решения поставленной ему местным властителем задачи.

Другой пример из области микроэволюции. На Русской равнине на песчаных почвах довольно распространены небольшой кустарник — раkitник русский (*Cytisus ruthenicus*). В сухих южных районах при неумеренном выпасе скота песок легко разбивается и становится подвижным. Почти все виды растений, обитавших на песке, пока он еще не был разбит, при засыпании передвигающимся песком погибают. Но у раkitника в некоторых песчаных массивах, в частности близ Калача-на-Дону, выработалась генетически закрепленная форма (экотип), легко переносящая засыпание песком. Этот экотип кажется настолько отличающимся от обычных форм раkitника, что даже принимается многими авторами за особый вид — раkitник днепровский. Почему же он благоденствует на сыпучих песках? Оказывается, он способен быстро вытягиваться в высоту и таким образом вынести свои фотосинтезирующие побеги сверху быстрее, чем их засыпет песок. Поэтому самые высокие песчаные бугры оказываются увенчанными кустами этого раkitника, а вся толща бугра — пронизанной их ветвями, однако с малым количеством корней в этой толще. Так задача раkitником решена¹⁶.

Теперь, глядя назад, можно пускаться в разговоры об изначальной целенаправленности постановки этой задачи и предопределенности ее решения. На самом же деле о целенаправленности говорить нет оснований. У всех растений угроза засыпания песком являлась жестким фильтром на улавливание мутаций, способных

сохранить вид в данных условиях. Но кроме раkitника никому ничего уловить не удалось, а раkitнику почему-то повезло — почему именно ему, неизвестно. Никто этого заранее предсказать не смог бы. Точно так же никто заранее не мог бы предсказать и то, что раkitник решит задачу именно таким, а не иным способом. Ведь нетрудно представить и иные возможности приспособления к засыпанию песком (которые действительно реализуются у других видов растений, обитающих в песчаных пустынях). Например, резко сократить жизненный цикл и проредывать его весь, от всходов до зрелых семян, за весенний период, когда песок еще влажен и почти неподвижен. Или постепенно, по мере роста бугра, образовывать обильные придаточные корни, причем старые глубже лежащие могли бы отмирать. Или, что проще всего, выпускать ползучие побеги, которые выносили бы узлы кущения в места, еще песком не засыпанные...

Подытоживая все выше изложенное, я полагаю, можно констатировать полный принципиальный изоморфизм механизмов дарвиновской эволюции живого мира и развития человеческого познания. Довольно очевидно, что возможность (наверно, и необходимость, неизбежность) такого изоморфизма создается тем, что оба изоморфных «древа» — филогенеза и познания — суть информационные системы с множественными носителями, открытые, самоорганизующиеся, активно накапливающие и реорганизующие информацию.

Но то, что представляется одному исследователю ясным, как день, другой может «и на дух не принимать». Еще существует очень много противников признания дарвиновского механизма органической эволюции — что уж и говорить про дарвиновский механизм развития познания! И тут мы подходим к неприятию дарвиновской эволюции познания, исходящему уже из определенных принципиальных убеждений, каковые представляются мне предубеждениями. Основных таких предубеждений три.

Первое — это настороженно-негативное отношение к любому намеку на «биологизацию» процессов, протекающих в социальной человеческой среде. Мы так долго находились под гнетом табу, наложенного «единственно правильным учением», что стали бояться впасть в «биологизацию» даже там, где ее и увидеть трудно. На мой взгляд, и в нашем случае трудно найти «биологизацию». Скорее можно сделать

¹⁶ Дронова С. П., Скворцов А. К. Дизруптивный отбор в популяциях раkitника русского // Микроэволюция. М., 1985. С. 103—104.

прямо противоположный упрек, аналогичный тому, который высказывали Дарвину за перенос идей Мальтуса, рожденных в сфере социологии, на весь живой мир. А теперь мы, произведя на свет такое сугубо человеческое, сугубо абстрактное представление о саморазвивающейся информационной системе, распространяем его на весь биологический мир.

Второе предубеждение — это уверенность в предопределенности, предначертанности общего развития Вселенной, а в ней — нашей планеты, и на планете — живого мира и человечества. Одни эту предопределенность видят как некую заведенную пружину или заряд, первичный толчок и т. п. — и далее развертывание событий по логике строгого детерминизма, т. е. что обычно называют «лапласовским» детерминизмом. Он проистекает из абсолютизации законов физики и механики макромира; под «первым толчком» ранее подразумевался (а многими и поныне подразумевается) акт творения, а теперь еще и «Большой взрыв».

Другие мыслят предопределенность в виде стремления, притяжения к некоей конечной цели, некоему мегааттрактору; Тейяр де Шарден использовал выражение «точка омега» (по названию конечной буквы греческого алфавита)¹⁷. Эта позиция обычно обозначается как «финализм» (лат. *finis* — конец, предел). Отчетливо финалистическую окраску имели, в частности, взгляды Гегеля (мировой дух приходит к познанию самого себя, к абсолютному знанию), а от Гегеля финализм перешел и в исторические и социальные идеи К. Маркса, у которого в роли «точки омега» выступает коммунизм. Поэтому и философы марксистско-ленинского направления волей-неволей должны были отдавать дань финализму и в области естественных наук.

Есть еще и третья позиция — вариант финализма, смягченный естественно-научным агностицизмом. С такой точки зрения, предопределенность, направленность развития существует, но о начальном толчке ничего не известно, и конечные цели тоже определенно не обозначены. Эта позиция нашла выражение в «номогенезе» («эволюции на основе закономерностей») Л. С. Берга, в идеях А. А. Любищева, в представлениях целого ряда отечественных и зарубежных палеонтологов об «ортогенезе», «гологенезе» и т. п.

Нельзя не заметить, что определенный привкус финализма ощущается и в ряде новейших работ, посвященных «глобальной эволюционизму». И предствление В. И. Вернадского о ноосфере подчас трактуется в духе финализма, хотя для самого Вернадского оно было «эмпирическим обобщением» (его любимый термин), т. е. констатацией реального положения дел.

Дарвиновский же механизм эволюции никакой предначертанности, никакой конечной цели, никакого финала развития не предусматривает.

Наконец, третье предубеждение, которое препятствует принятию дарвиновской концепции развития познания и на котором следует остановиться несколько подробнее — это уверенность, будто человеческая мысль не может течь, иначе как через словесные формулировки. А мысли, выраженные словами (хотя бы и в виде «внутренней речи»), очевидно, должны линейно, поочередно проходить по сфере сознания; они все «на виду», все наперечет, и такого множества их разнообразных вариантов, какое необходимо для «дарвиновского» отбора, продуцироваться никак не может. Представление, будто «без слов нет мысли», настойчиво внедрялось философами, а отчасти и естествоиспытателями, в значительной мере под влиянием определенных идеологических догм.

Между тем множество простейших фактов с таким представлением совершенно несомнимы. Так, люди, глухонемые от рождения и затем не обученные специально речевому общению через чтение и письмо — что же, не могут мыслить? Заключение явно несуразное. Каждый человек может заметить, что его мысли бегут неизмеримо быстрее, чем он способен дать им словесные формулировки. Не зря же мы частенько говорим: «У меня мелькнула мысль». В оживленном разговоре порой наш собеседник еще не успел свою мысль до конца выговорить, как у нас в голове уже готов ответ, родившийся почти мгновенно в бессловесной форме где-то за рамками поля нашего речевого сознания, «за сценой». В словесную форму мы переводим его уже в нормальном речевом ритме. А часто бывает и так, что мысль в голове «сидит», а точно выразить ее словами мучительно долго не удается.

Наблюдения, показывающие, что мысль может течь без слов, даже без «внутренней речи», были сделаны многими серьезными исследователями. Так, А. Эйн-

¹⁷ Тейяр де Шарден П. Феномен человека. М., 1987. (Замечу, что при передаче фамилии этого ученого русским алфавитом буква «я» употреблена неправильно, должно быть «Тейяр»).

штейн пишет: «Для меня не подлежит сомнению, что наше мышление протекает в основном минуя символы (слова) и к тому же бессознательно»¹⁸. Так же считает и Ж. Адамар. При этом, кроме собственного мнения, он приводит еще слова известного своей точной наблюдательностью основателя биометрии Ф. Гальтона: «Я утверждаю, что слова полностью отсутствуют в моем уме, когда я действительно думаю»¹⁹. Вместе с тем Адамар считал, что у разных людей может быть разный склад интеллекта и, возможно, у кого-то все мысли текут действительно только в речевой форме. Справедливо, что интеллект человека потрясающе разнообразен, и все же я полагаю, что у разных людей не столько разные способы мышления, сколько разные взгляды на то, что можно и должно называть мыслью: только ли то, что отчетливо сформулировано, или также и то, что быстро мелькает в голове.

Вспоминая какую-то ситуацию, мы мысленно мгновенно охватываем ее как целое, в разных ее аспектах и связях, а уж затем можем довольно долго и обстоятельно о ней повествовать. Отсюда, вероятно, надо сделать вывод, что мысли наши текут не линейно, а как бы сразу в нескольких измерениях и только при переводе их в словесную форму они приобретают линейный облик речи. Весьма знаменательно, что виднейший отечественный психолог Л. С. Выготский, хотя и работал в эпоху жесткого идеологического давления (в области психологии, в частности со стороны тезиса, принимавшегося Гегелем²⁰, а за ним и Ф. Энгельсом: «Мыслить без слов невозможно»), тем не менее писал: «То, что в мысли содержится симультанно, то в речи развертывается сукцессивно. Мысль можно было бы сравнить с нависшим облаком, которое проливается дождем слов. Поэтому переход от мысли к речи представляет собой чрезвычайно сложный процесс»²¹.

Если нужно понять какое-то устройство, сообразить, как следует поступить, как что-то наладить, то очень часто мысль прямо воплощается в действии, вовсе минуя перевод в слова (или же ограничиваясь очень немногими словами весьма универсального применения, подчас даже не вполне литературными). Очевидно, прав был Выготский, полагая, что мысль и речь «не связаны между

собой изначальной связью. Эта связь возникает, изменяется и разрастается в ходе самого развития мысли и слова»²².

Что мысль и речь — как бы тесно они не были связаны друг с другом — все же разные процессы, говорят и наблюдения над животными. Речи у животных нет, но вместе с тем у собак, кошек, ворон, крыс и других мы признаем ту или иную степень «смышлености», «сообразительности», «понятливости». Да они и передают своим сородичам, а отчасти и человеку, сигналы, имеющие определенное смысловое содержание. Л. В. Крушинский, экспериментально исследовавший поведение собак и крыс, говорил о наличии у них «элементарной рассудочной деятельности»²³. Не менее высоко, или даже еще выше, оцениваются способности обезьян или дельфинов. Не свидетельствует ли это о том, что какой-то уровень мыслительных способностей свойствен и высокоорганизованным животным, хотя и лишенным дара речи? С другой стороны, условно-рефлекторные механизмы, которые считаются, наряду с инстинктами, важнейшей основой поведения животных, несомненно играют огромную роль в становлении речевой деятельности в онтогенезе человека, тогда как человеческие мыслительные способности, по всей вероятности, в основном определяются врожденно. Согласно классическим исследованиям французского психолога Ж. Пиаже, у ребенка мышление генетически предшествует речи²⁴.

Кроме мира живых существ и человеческого познания есть еще и другие сферы, в которых происходят определенные процессы развития, определенная эволюция. Это социальные структуры общества, культура, языки, технология и др. Поскольку эти сферы находятся как бы в промежутке между наиболее специфичным для человека, наиболее абстрактным проявлением его деятельности — познанием — и биологически ми корнями человечества, можно полагать, что эволюционные процессы, протекающие и в социальной, и в языковой, и в общекультурной сфере и т. п. также (если не полностью, то уж, наверное, в значительной мере) изоморфны процессам дарвиновской эволюции.

Хотя еще при жизни Дарвина лингвист

¹⁸ Эйнштейн А. Физика и реальность. С. 133.

¹⁹ Адамар Ж. Указ. соч. С. 172.

²⁰ Гегель Г. Энциклопедия философских наук. Ч. 3. Философия духа. М., 1956. С. 223.

²¹ Выготский Л. С. Мышление и речь. М.—Л., 1934. С. 313.

²² Там же. С. 260.

²³ Крушинский Л. В. Возможный механизм рассудка // Природа. 1974. № 5. С. 23—33.

²⁴ Пиаже Ж. Избр. психологические труды. М., 1969.

А. Шлейхер²⁵ говорил о филогенетическом древе языков, вскоре интерес к теме заглох — и надолго. Зато в последние 10—15 лет наблюдается повышенное внимание к механизмам культурной эволюции — публикации исчисляются уже многими десятками. При этом намечаются и совсем новые, неожиданные направления. Скажем, некоторые детали поведения животных, передаваемые потомству не чисто генетически, а как и у человека — при посредстве подражания, обучения, можно рассмотреть в качестве элементов культуры, что создает возможность экспериментально изучать «микроразвитие культуры» — например, у певчих птиц, пользуясь акустической записью их песен²⁶. Еще интереснее попытки не только провести аналогии, но и реально «состыковать» изучение эволюции физических черт человека с его культурной эволюцией. Так, Л. Кавалли-Сфорца с сотрудниками недавно сообщили, что они установили дивергенцию геномов, параллельную дивергенции археологических культур и языков основных этнических групп²⁷.

Воздерживаясь от дальнейшего углубления в тему культурной и языковой эволюции, отсылаю интересующихся к некоторым более важным публикациям²⁸.

Какие же выводы можно сделать из изложенного в настоящей статье? Во-первых, то обстоятельство, что дарвиновский механизм эволюции действительно не только на биологическом уровне организации материи, но и на более высоких уровнях, повышает общенаучный статус дарвиновской теории, придавая ей весьма широкое и общее значение.

Вторым выводом можно считать следующее рассуждение. Если попытаться оценить в целом прогресс биологической эволюции на Земле, то, вероятно, наиболее объективными будут два показателя: увеличение генетико-таксономического разнообра-

зия биоты («biodiversity») и увеличение суммарной биологической продуктивности на единицу площади в определенных условиях среды. Очевидно, для оценки прогресса науки наиболее общими и вместе с тем объективными будут аналогичные показатели: расширение круга явлений, охватываемых наукой, т. е. диверсификация научных дисциплин, направлений и школ; научная продуктивность в сравнимых научных ячейках. Из всего того, что нам известно из систематики, генетики и экологии, явствует, что оба показателя биологической эволюции имеют наивысшие значения при свободном течении природных процессов в экосистемах. Посторонние нарушения, в том числе антропогенные, уменьшают их. По аналогии следует заключить, что и оценочные показатели прогресса науки тоже будут наивысшими при свободном ее развитии.

Третий вывод. Очевидная исходная предпосылка эволюции — наличие мутаций; чем больше возникает мутаций, тем интенсивнее работает отбор — тем быстрее идет эволюция. По аналогии мы должны заключить, что самая основная, базисная предпосылка прогресса науки — наличие в ней людей, обладающих даром интуиции, воображением. Конечно, современная наука невозможна без сложного материального оснащения; наличие приборов и материалов — необходимое условие, но не достаточное. Без новых идей, без воображения никакие приборы, никакие компьютеры ничего нового не дадут. Желая воздать похвалу ученому, мы обычно говорим о его преданности науке, увлеченности, всесторонней эрудированности, работоспособности, принципиальности... ну, еще иногда о талантливости. А слова «воображение» мы стесняемся. Между тем в мировой практике один из самых ходовых, стандартных критериев оценки ученого (да и не только ученого) — именно наличие воображения, *imagination*. Я думаю, надо и нам, подбирая молодые кадры, обращать больше внимания на их способность к воображению, умение высказать и обосновать свои собственные свежие суждения.

То обстоятельство, что основное условие прогресса науки — наличие хороших голов, способных генерировать идеи, — дает надежду, что наша наука сможет пережить теперешние тяжелые времена упадка экономики, культуры и общественной морали, пережить, не разрушившись. Будем же надеяться, что если мы сами, ученые, сможем сейчас удержаться от полной деморализации, то мы еще увидим новый подъем отечественной науки. Это последний вывод.

²⁵ Schleicher A. Die Darwinsche Theorie und die Sprachwissenschaft. Weimar, 1863.

²⁶ Jenkins P. F. // *Animal Behav.* 1977. V. 25. P. 50—78; Lynch A. et al. // *Amer. Natur.* 1989. V. 133. N 5. P. 634—653.

²⁷ Cavalli-Sforza L. L. et al. // *Proc. Nation. Acad. Sci. USA.* 1988. V. 85. N 16. P. 6002—6006.

²⁸ Cavalli-Sforza L. L., Feldman N. W. *Cultural transmission and evolution.* Princeton, 1981; Csanyi V. *General theory of evolution.* Budapest, 1982; Csanyi V. *Evolutionary systems and society: a general theory.* Durham, N. C., 1989; Sereno M. J. // *J. Theor. Biol.* 1991. V. 151. N 4. P. 467—508.

Физика волнового сейсмического процесса

А. В. Викулин



Александр Васильевич Викулин, кандидат физико-математических наук, руководитель группы Камчатской опытно-методической партии. Область научных интересов — сейсмичность островных дуг Тихого океана, прогноз землетрясений.

ОПТИМИЗМ 60—70-х годов относительно возможности решить проблему прогноза землетрясений сменился в конце 80-х — начале 90-х годов глубоким пессимизмом. Почему это произошло?

К концу 60-х годов уже были разработаны теоретические модели землетрясения: теория лавинно-неустойчивого трещинообразования — в нашей стране и теория дилатации — за рубежом. Они описывали основные стороны процесса и давали качественное объяснение большинству известных предвестников землетрясений. Казалось бы, для надежного предсказания землетрясений осталось решить чисто технические задачи: повысить плотность сейсмических станций и оснастить их хорошими приборами. При этом предполагалось получить «количественную» привязку предвестников к конкретным землетрясениям.

Однако эксперименты, проведенные как у нас, так и на зарубежных сейсмологических полигонах, показали, что распределе-

ние предвестников представляет собой мозаичную картину. Иными словами, увеличение плотности наблюдательной сети (повышение точности наблюдений) привело не к локализации предвестников в пространстве и во времени, а к их «размыванию».

Полученный результат имеет, на наш взгляд, фундаментальное значение. Предвестники существуют — это факт. Но связаны они не с конкретными землетрясениями, как предполагалось, а с их совокупностями, т. е. с некоторым общим физическим процессом, иногда завершающимся землетрясениями.

В этой связи имеет смысл искать новые подходы к изучению землетрясений, например, используя методы статистической физики. Правда, в этом случае, как известно¹, могут выявиться своеобразные статистические закономерности сейсмического процесса, которые вряд ли удастся свести к чисто механическим.

При такого рода статистических исследованиях следует, видимо, исходить из физических представлений, опирающихся на концепцию взаимодействующих очагов землетрясений. Дело в том, что взаимодействие между очагами землетрясений адекватно отражает одно из важнейших свойств сейсмического процесса — цикличность². В свою очередь цикличность является основой построенного С. А. Федотовым долгосрочного сейсмического прогноза, который как показали многолетние наблюдения, подтверждается достаточно часто³.

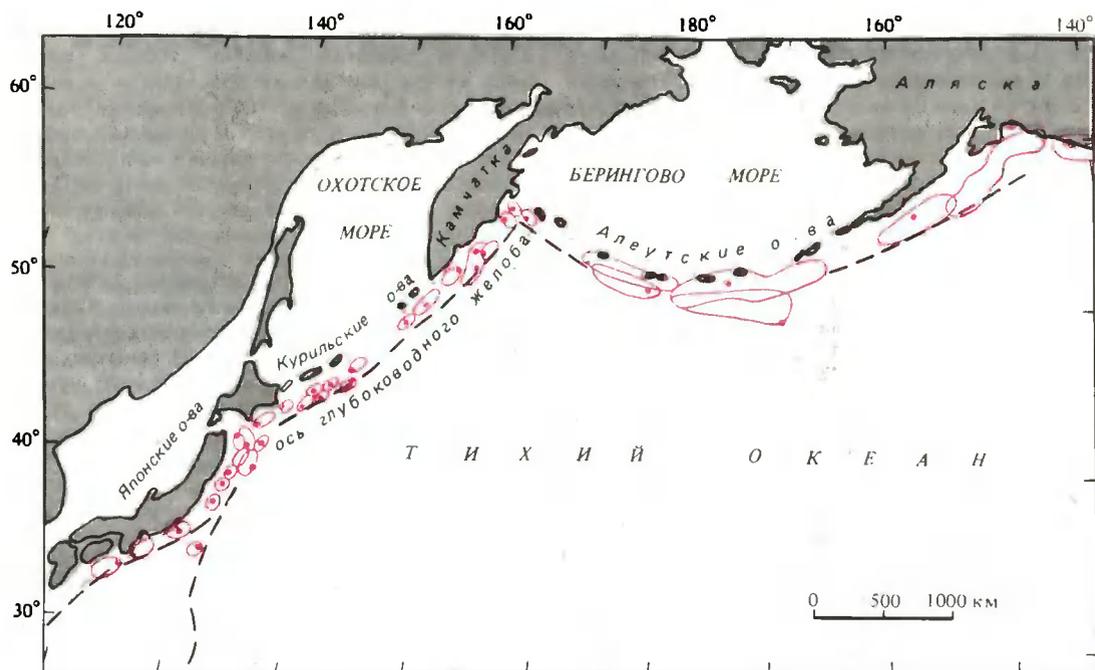
КЛАСС СИЛЬНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Один из основных экспериментально установленных законов сейсмологии — за-

¹ Ландау Л. Д., Лифшиц И. М. Статистическая физика. М., 1984.

² Подробнее см.: Викулин А. В. // Докл. АН СССР. 1990. Т. 310. № 4. С. 821—824.

³ Федотов С. А., Чернышев С. Д. // Вулканология и сейсмология. 1987. № 6. С. 93—109; Федотов С. А. // Тр. Ин-та физики Земли АН СССР. М., 1965. № 36 (203). С. 66—93.



Расположение эпицентров и очагов сильнейших землетрясений на северо-западной окраине Тихого океана по данным, собранным с начала XX в. Видно, что очаги, почти не перекрываясь, образуют своеобразную гирлянду.

кон повторяемости землетрясений — формулируется следующим образом: число землетрясений обратно пропорционально выделяемой в их очагах сейсмической энергии. Величину, пропорциональную логарифму сейсмической энергии (выраженную обычно в джоулях), принято называть магнитудой землетрясения.

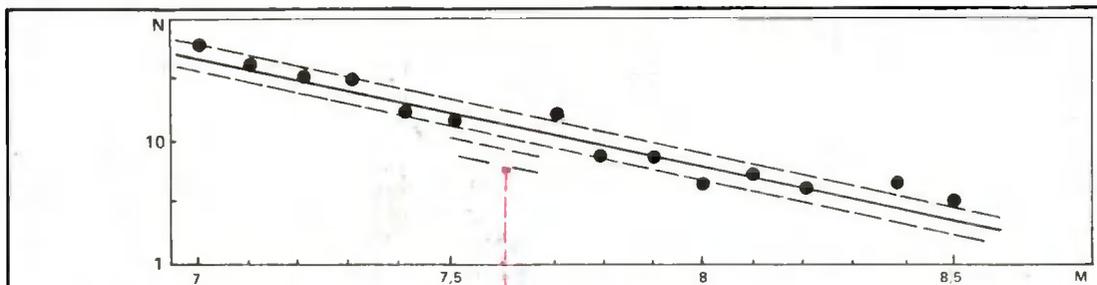
Наиболее наглядно сейсмическую энергию землетрясений можно охарактеризовать, сравнивая их с ядерными взрывами. Так, самые слабые землетрясения, приводящие к повреждению зданий, имеют магнитуду около 5—5,5. Такой магнитудой, например, отличалось Ташкентское землетрясение 1966 г., разрушившее центр многомиллионного города, и примерно такой же сейсмический эффект имел взрыв бомбы на атолле Бикини, где выделилось около 10^{13} Дж энергии. Землетрясения с магнитудой около 8 могут приводить к катастрофам, при которых изменяются русла рек, образуются озера и возвышенности, полностью разрушаются города, что произошло, например, с Токио в 1923 г. Подобный сейсмический эффект вызывает взрыв бомбы в 5 Мт, при котором выделяется 10^{16} — 10^{17} Дж энергии. Землетря-

сениям предельных магнитуд (8,5—9) по количеству выделяемой в очаге энергии будет, видимо, соответствовать взрыв заряда мощностью около 300 Мт.

Если сравнить землетрясения разной силы в единицу времени (скажем, за год) в пределах всей Земли, то оказывается, что при уменьшении значения магнитуды на единицу число землетрясений увеличивается примерно в 10 раз. Такова статистика. Что же касается сейсмической энергии, то большая ее часть выделяется в очагах землетрясений с магнитудами около 8 и более. Это доказывает, что «сейсмический климат» определяют именно сильные землетрясения.

Впрочем, есть один принципиальный вопрос. Какова ширина «границы» между сильными и слабыми землетрясениями?

Установить это можно, например, экстраполируя закономерность, которой подчиняются сильные землетрясения, в область слабых сейсмических событий (или, наоборот, слабых — в область сильных). В результате такой экстраполяции может оказаться, что закономерность перестает выполняться «резко» — в малой окрестности какого-то значения сейсмической энергии (магнитуды), оказывающегося, таким образом, особой точкой. Прогноз землетрясений, построенный на такого рода «резких» особенностях, может быть достаточно де-



магнитуда регион	7	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	всего
Алеутские о-ва, Аляска	20	20	8	8	5	4	0	0	2	1	2	1	1	2	0	1	75
Курильские о-ва, Камчатка	16	14	16	16	6	3	4	6	3	2	1	2	2	2	0	2	95
Японские о-ва	27	11	12	7	6	8	2	10	2	4	1	2	1	1	0	0	94
всего	63	45	36	31	17	15	6	16	7	7	4	5	4	5	0	3	264

Распределение по магнитудам землетрясений, произошедших в XX в. на северо-западной окраине Тихого океана (в таблице приведены данные по отдельным островным дугам). Пунктиром на графике показана величина среднеквадратичного отклонения. Видно, что в точке с магнитудой 7,6 реальное число землетрясений N меньше теоретического на величину, близкую к утроенному среднеквадратичному отклонению. Минимум числа землетрясений в окрестности этой точки свойствен и отдельным островным дугам, так что можно утверждать, что в малой окрестности этого значения ($7,6 \pm 0,1$) существует устойчивый дефицит землетрясений.

терминированным. В противном случае, когда закономерность «выключается» плавно, построенный на ее основе прогноз по суги становится вероятностным.

На примере Камчатки, Курильских о-вов и северо-восточной части Японии Федотов показал, что очаги землетрясений с магнитудами $7\frac{3}{4}$ и более обычно не перекрывают друг друга. Отсюда следует, что величина магнитуды, разделяющей здесь классы сильных и слабых землетрясений, близка к этому значению или меньше его.

Детально исследовав взаимное положение очагов японских, курило-камчатских и алеутско-аляскинских землетрясений с магнитудами 7 и более, зафиксированных в начале XX в., мы обнаружили интересную закономерность. Оказалось, что существует определенное значение магнитуды, в малой окрестности которого имеется следующая «резкая» особенность: очаги землетрясений с магнитудами более этого значения обычно не перекрывают друг друга, в то время как очаги землетрясений с меньшими магнитудами почти целиком расположены внутри

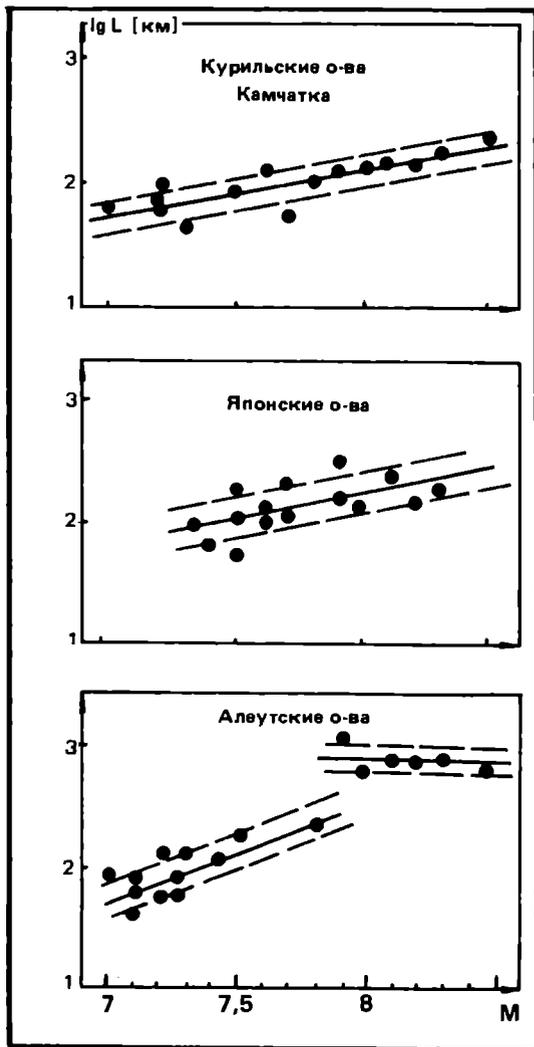
очагов более сильных землетрясений. В целом для всей северо-западной окраины Тихого океана «особое» значение магнитуды равно $7,7 \pm 0,2$. Если такое расположение очагов сохранится в течение всего отрезка времени, названного Федотовым сейсмическим циклом, все землетрясения с неперекрывающимися очагами можно будет безошибочно идентифицировать как сильнейшие. (По нашим определениям, продолжительность сейсмического цикла составляет 190 ± 40 лет.)

Базируясь на выявленных особенностях, мы разработали эмпирическое правило, помогающее установить границы очагов сильнейших землетрясений⁴. Поскольку подавляющая часть толчков, следующих за сильнейшим землетрясением и предшествующих ему, расположена внутри его очага, можно заключить, что очаг сильнейшего землетрясения — это объем земной коры, в котором сосредоточено аномально большое количество слабых землетрясений, афтершоков и форшоков. Наши расчеты показали, что протяженность очагов сильнейших землетрясений на северо-западной окраине Тихого океана составляет от 100 до 1000 км.

КВАЗИПЕРИОДИЧНОСТЬ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Можно считать установленным, что афтершоковый процесс в очаге сильного зем-

⁴ Подробнее см.: Видулин А. В. Свойства эпицентральных областей курило-камчатских землетрясений // Сейсмические процессы на Северо-Востоке СССР. Магадан, 1984. С. 54—78.



Зависимость протяженности очагов сильнейших землетрясений L от их магнитуды M .

летрясения описывается уравнением диффузии⁵. Решив систему дифференциальных уравнений, удалось получить аналитическое выражение для продолжительности сейсмического цикла как функции характерных времен, определяющих прочностные свойства среды⁶. Думается, особая ценность этих

⁵ См., например: Журавлев В. И. // Докл. АН СССР. 1980. Т. 255. № 5. С. 1073—1075.

⁶ Артамонов А. М. Оценка прочностных свойств среды с помощью энергетической модели сейсмического режима // Исследования по физике землетрясений. М., 1976. С. 127—132.

результатов в том, что они указывают на принципиальную возможность описать «временную составляющую» сейсмического процесса аналитически.

Итак, с одной стороны — «аналитические методы», с другой — совокупность землетрясений, т. е. статистика. Эти взаимоисключающие, на первый взгляд, понятия самым естественным образом «сшиваются» методами статистической физики. Например, на фазовой плоскости «магнитуда-время» периодическому движению отвечает замкнутая траектория. Соответствующий перод сейсмического процесса в пределах северо-западной окраины Тихого океана составляет 230 ± 80 лет.

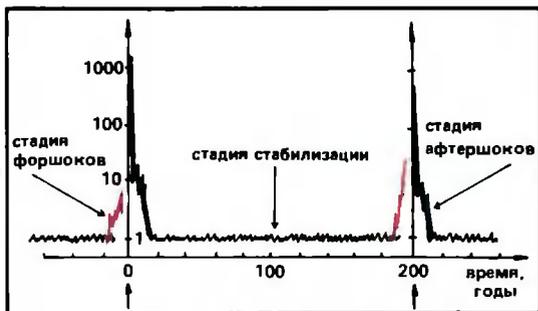
Периодичность сейсмического процесса связана с существованием двух особых точек, в каждой из которых фазовая траектория перпендикулярна оси магнитуд⁷. Математически такая особенность выражается следующим образом: в особой точке производная по магнитуде стремится к бесконечности. «Правая» особая точка расположена в малой окрестности значений магнитуды $7,7-7,8$, «левая» — в окрестности значений $5,1 \pm 0,3$. На специфике «левой» точки остановимся позднее, «правая» же полностью согласуется с нашими выводами.

Получается, что временные особые значения магнитуд практически совпадают с пространственными. Следовательно, периодичность сейсмического процесса связана с существованием сильнейших землетрясений. И все же реальный процесс, видимо, отличается от наших построений — правильнее было бы говорить о его квазипериодичности. В этом случае стремление очагов сильнейших землетрясений к «разделению» должно сохраняться в течение отрезков времени, меньших, чем сейсмический цикл.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Проанализировав энергетическое распределение землетрясений (точнее, график их повторемости), мы убедились, что в малой окрестности магнитуды $7,6 \pm 0,1$ имеется четко выраженный «дефицит» землетрясений. Таким образом, все три распределения — пространственное, временное и энергетическое — обладают «резкими» особенностями, каждая из которых попадает в узкий диапазон магнитуд ($7,7 \pm 0,2$).

⁷ Викулин А. В., Журавлев В. И. Статистический анализ распределения курило-камчатских землетрясений во времени и пространстве (Препринт Ин-та вулканологии ДВО АН СССР). Петропавловск-Камчатский, 1987.



Изменение сейсмической активности Δ в очаге сильнейшего землетрясения со временем (моменты сильнейших землетрясений отмечены стрелками). Видно, что на протяжении почти всего характерного периода сейсмического процесса величина сейсмической активности в очаге поддерживается примерно на одинаковом уровне, близком к фоновому ($\Delta=1$). За несколько лет до сильнейшего землетрясения сейсмическая активность очага начинает увеличиваться, постепенно достигая 10 (это форшоковая стадия сейсмического цикла). В течение ряда лет после землетрясения (афтершоковая стадия) сейсмичность очага сохраняется высокой, в десятки и сотни раз превышая фоновый уровень.

Важно, что во всех случаях при анализе использовался один и тот же исходный материал. Следовательно, пространственным (непересечение очагов сильнейших землетрясений) и временным (квазипериодичность сейсмического процесса) закономерностям в распределении землетрясений соответствуют особенности энергетического распределения, т. е. само существование класса сильнейших землетрясений. Это равносильно тому, что очаги сильнейших землетрясений можно рассматривать как взаимодействующие, и результатом такого взаимодействия являются цикличность и квазипериодичность сейсмического процесса.

Механизм взаимодействия становится почти очевидным, если учесть, что сейсмический цикл и квазипериод близки по продолжительности. Такое соотношение между характерными временными интервалами — результат совпадения особых значений магнитуд в пространственном и временном распределении землетрясений. Это совпадение показывает, что для класса сильнейших землетрясений должны существовать пространственно-временные закономерности, которым подчиняется распределение их очагов. Такие закономерности, известные как «миграция очагов землетрясения» достаточно хорошо изучены⁸. Нам удалось установить, что

очаги сильнейших землетрясений мигрируют вдоль северо-западной окраины Тихого океана со скоростью около 250 ± 30 км/год.

Множество независимых данных свидетельствует, что пространственно-временные закономерности, установленные для северо-западной окраины Тихого океана, должны распространяться и на другие его окраины. При общей протяженности тихоокеанского сейсмического кольца $4,7 \cdot 10^4$ км и указанной скорости миграции получается, что продолжительность миграционной цепочки, объединяющей очаги сильнейших землетрясений вдоль всего кольца, составляет 180 ± 30 лет.

Данная оценка близка к продолжительности характерного периода сейсмического процесса и сейсмического цикла. Вероятно, это совпадение не случайно. Оно доказывает, что сейсмический процесс в очаге сильнейшего землетрясения определенным образом «синхронизирован» с процессом, протекающим в масштабах всего кольца. Другими словами, миграционный механизм сейсмического процесса в пределах окраины Тихого океана можно представить в виде бегущих по кольцу волн с периодом T_0 около 200 лет и длиной волны, равной протяженности очага сильнейшего землетрясения.

СЕЙСМИЧЕСКИЕ СОЛИТОНЫ

Имеющиеся данные позволяют конкретизировать тип волнового сейсмического процесса в пределах тихоокеанского кольца. В частности, анализ большого массива экспериментальных данных о японских и курило-камчатских землетрясениях показал, как меняется сейсмическая активность⁹ в очагах сильнейших землетрясений в течение характерного периода сейсмического процесса¹⁰.

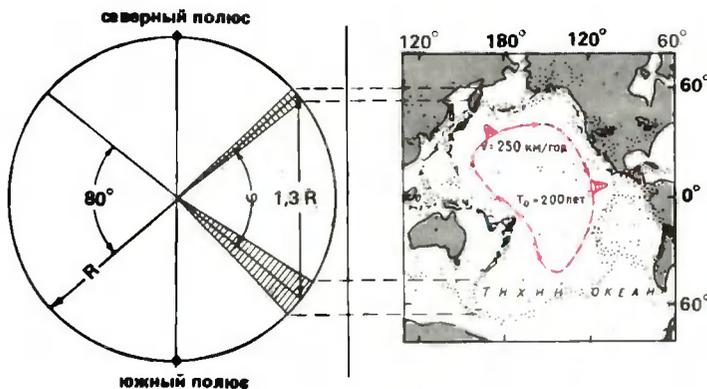
Большую часть периода активность в пределах очага сильнейшего землетрясения поддерживается на уровне сейсмического фона — это стадия сейсмического покоя. Для Курило-Камчатской дуги уровень сейсмического фона близок к единице.

Сразу после сильнейшего землетрясения активность его очага чрезвычайно высока, и только по истечении некоторого времени она снижается до уровня фона.

⁹ Сейсмическая активность — число землетрясений определенной магнитуды, нормированных на единицу площади и времени. Сейсмическая активность равная 1, соответствует одному землетрясению с магнитудой ~ 3 , происходящем за год на площади 1 тыс. км².

¹⁰ Федотов С. А., Чернышев С. Д., Чернышева Г. В., Викулин А. В. // Вулканиология и сейсмология. 1980. № 6. С. 52—67.

⁸ См., например: Касыхара К. Механика землетрясений. М., 1985.



Сейсмичность тихоокеанского кольца как колебательный процесс. Волну сейсмической активности вдоль окраины Тихого океана можно представить как колебания в системе координат с началом в центре Земли. Угол, на который отклоняется такой «маятник» (очаг сильнейшего землетрясения), составляет около 80° , амплитуда колебаний близка к радиусу планеты, а сами колебания описываются уравнением синус-Гордона.

Такой период высокой активности получил название афтершоковой стадии. Основной спад активности приходится на первый год после сильнейшего землетрясения, но в некоторых случаях вспышки афтершоков наблюдаются и в последующие годы. Вспышки афтершоковой активности, как правило, происходят по краям очагов сильнейших землетрясений¹¹. Суммируя все имеющиеся данные, можно утверждать, что продолжительность афтершоковой стадии в очагах сильнейших землетрясений не превышает 10 лет.

Повышается же сейсмическая активность в очагах сильнейших землетрясений задолго до сейсмического события, в течение так называемой форшоковой стадии. Как правило, форшоковая активность не превышает активности на стадии афтершоков. Форшоки с магнитудой около 7 и выше происходят обычно за два-три дня до основного землетрясения. Форшоки с магнитудой 6 и выше в очагах будущих сильнейших землетрясений отмечаются за 6—9 мес. до главного события. Анализ более слабых землетрясений (которые, как и афтершоки, тяготеют к краям очагов сильнейших землетрясений) показывает, что продолжительность форшоковой стадии также не превышает 10 лет.

Таким образом, большую часть характерного периода сейсмического процесса активность очага сильнейшего землетрясения находится на уровне, близком к фоновому. И только на непродолжительный от-

резок времени она резко повышается. При этом продолжительность периода высокой активности составляет менее 10 % характерного периода сейсмического процесса.

График, отражающий изменение сейсмичности в очаге сильнейшего землетрясения, имеет импульсный, колоколообразный вид, близкий к δ -функции. Следовательно, миграционная волна, представляющая собой пространственную цепочку происходящих друг за другом сильнейших землетрясений, должна иметь «профиль», характерный для уединенной волны — солитона.

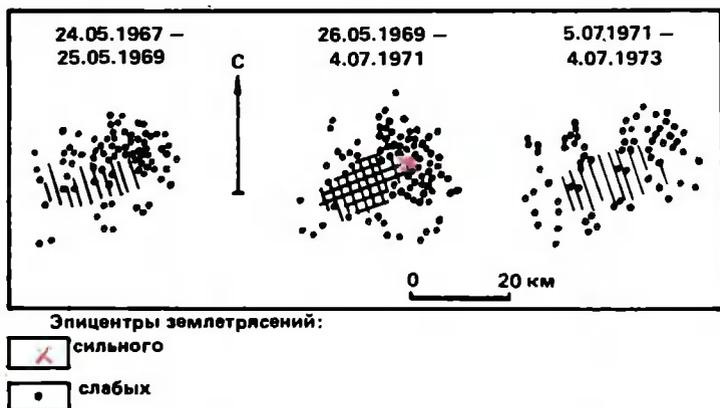
Уравнений, решением которых является уединенная волна, довольно много. Однако накопленная информация позволяет конкретизировать тип уравнения, с помощью которого можно описать сейсмические солитоны.

В системе координат с началом в центре Земли миграционная волна, распространяющаяся вдоль достаточно гладкой и замкнутой линии на ее поверхности, может быть описана в рамках простой модели колебательного процесса, в которой «грузик» — очаг сильнейшего землетрясения — подвешен в центре планеты и движется вдоль такой линии. Поверхность Тихого океана составляет около трети всей поверхности Земли, поэтому амплитуда колебаний такого маятника должна быть примерно равна его длине, т. е. радиусу планеты. Движение «маятника» со столь большой амплитудой описывается уравнением, называемым уравнением синус-Гордона:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\frac{4\pi^2}{T_0} \sin \varphi,$$

где φ — смещение, t — время, $T_0 \approx 200$ лет.

¹¹ Баранов Б. В., Викулин А. В., Лобковский Л. И., Кечекезьян К. И. Сейсмическая активность на краях очагов сильнейших курило-камчатских землетрясений и долгосрочный сейсмический прогноз // Геофизические исследования при решении геологических задач. Магадан, 1989. С. 24—42.



Сейсмическая активность вблизи эпицентра сильного Камчатского землетрясения (28.06.1970, $M=5,6$) в различные моменты времени. Примерно за год до сильного землетрясения и в течение года после него — слева в центре — вблизи эпицентра существует объем земной коры (двойная штриховка), внутри которого не зарегистрировано ни одного землетрясения $M \geq 1$. В предшествующие и последующие два года — правая и левая стемы — здесь происходят только слабые землетрясения. Такие объемы земной коры (обычная штриховка) вблизи эпицентров сильных землетрясений называются сейсмическими дырами.

ДВИЖЕНИЕ ПЛИТ

Перемещение плит, которые, подобно панцирю, покрывают поверхность планеты, изучает геотектоника. В рамках этого раздела науки неоднократно предпринимались попытки установить количественную связь между движением плит и сейсмическим процессом, характерным для их окраин. Среди моделей, описывающих эту взаимосвязь, наиболее привлекательна так называемая упругая сейсмическая энергия в очаге сильнейшего землетрясения (блоке земной коры) накапливается за счет сжатия, создаваемого пододвигающейся под материк океанической плитой. В определенный момент природа «берет аккорд», «нажимая» на соответствующую «клавишу», и какой-то блок коры «отскакивает» в сторону океана, что сопровождается сильнейшим землетрясением. Взаимодействие между очагами-блоками в клавишной модели осуществляется за счет сцепления их торцов. Поэтому действие такой модели распространяется на расстояния, не превышающие размеров очагов сильнейших землетрясений. Это «близкодействие» — основной недостаток модели.

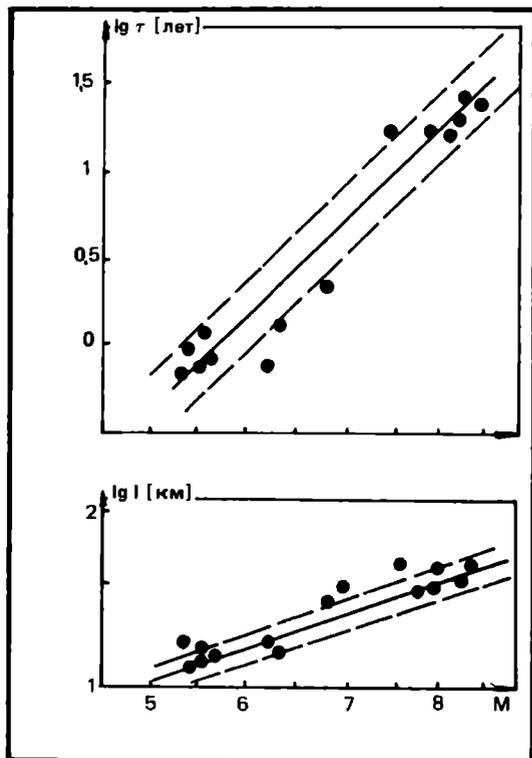
Описание миграционной волны в рамках колеблющегося маятника позволяет естественным образом связать сейсмический процесс в пределах тихоокеанского кольца с движением самой Тихоокеанской плиты. Такая взаимосвязь с очевидностью вытекает из следующих данных. С одной стороны, согласно концепции тектоники литосферных плит, породы, слагающие дно

Тихого океана, представляют собой тонкие (около 5 км) и достаточно жесткие плиты, соединенные в некий диск, погружающийся под островные дуги и континентальные окраины как раз вдоль «сейсмического кольца», с другой стороны, из механики хорошо известно, как ведет себя грузик маятника на вращающемся диске. Действительно, на тело, движущееся по поверхности Земли, в силу ее вращения действует сила Кориолиса, одно из наиболее простых следствий которой — размытие правых берегов рек, текущих вдоль меридиана, и большее снашивание правых рельсов так же направленных железнодорожных и трамвайных путей в Северном полушарии и, соответственно, левых берегов и левых рельсов — в Южном.

В нашем случае действие такой силы на грузик маятника, колеблющегося в системе координат, связанной с центром вращающейся Земли, приводит к тому, что грузик (а также очаг сильнейшего землетрясения) должен двигаться по гипоциклоиде — траектории, состоящей из следующих друг за другом одинаковых дуг, расположенных по периферии диска и выгнутых к его центру. По форме такие дуги близки к реальным островным дугам и континентальным окраинам, опоясывающим Тихий океан.

Таким образом, используя представление о мигрирующих вдоль окраины Тихого океана очагах сильнейших землетрясений, можно объяснить геометрическую форму опоясывающего его сейсмического кольца. При этом механическим аналогом волновой модели сейсмического процесса, очевидно, должна стать тектоническая модель Тихоокеанской плиты, учитывающая вращение планеты. В такой модели сейсмический солитон — следствие взаимодействия окраины материка и подвигающейся под него пли-

¹² Лобковский Л. И., Баранов Б. В. // Докл. АН СССР. 1984. Т. 275. № 4. С. 843—847.



Зависимость протяженности l и «времени жизни» τ сейсмических дыр сильных курило-камчатских землетрясений от магнитуды

ты, на которую к тому же действует сила Кориолиса.

СТРУКТУРА ОЧАГА СИЛЬНЕЙШЕГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Выше речь шла в основном об одной особенности сейсмического процесса — существовании класса сильнейших землетрясений. Приведенные данные свидетельствуют, что именно эти землетрясения определяют структуру сейсмического процесса на региональном уровне: в масштабах тихоокеанского кольца, отдельно взятой островной дуги или даже ее части. Однако для построения замкнутой модели сейсмического процесса нельзя ограничиться представлениями о взаимодействующих очагах сильнейших землетрясений, поскольку эти очаги, как уже отмечалось, не перекрывают друг друга, т. е. как бы «отталкиваются». В такой модели для «удержания» очагов землетрясений пришлось бы

вводить некие искусственные силы, «притягивающие» их друг к другу.

Класс сильнейших землетрясений отвечает только одной из составляющих, которые определяют взаимодействие между очагами землетрясений. Существует и другая составляющая, связанная с особенностями, заключенными в окрестности магнитуды $5,1 \pm 0,3$.

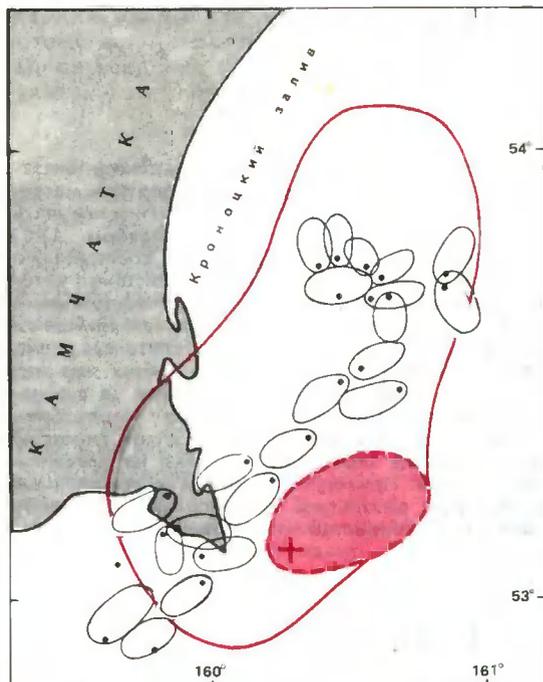
Подобно тому, как это было проделано для сильнейших землетрясений, доказано, что этой окрестности отвечают свои особенности пространственного, временного и энергетического распределений землетрясений. Но эти особенности оказались связанными с другими объемами земной коры, в некотором смысле противоположными определенным выше очагам землетрясений.

В этих объемах, названных нами сейсмическими дырами, избыточные напряжения при сильных землетрясениях «сбрасываются» почти полностью и, как следствие, наблюдается аномально низкая плотность землетрясений. Характерная протяженность таких дыр — десятки километров, а характерное «время жизни» — от единиц до десятков лет. Особенности, связанные с существованием сейсмических дыр, определяют и структуру поля напряжений в очагах сильнейших землетрясений. Данная структура обусловлена существованием еще одного класса землетрясений, магнитуды которых ограничены снизу значением около 5, — это класс сильных землетрясений.

Совпадение значений магнитуд, определяющих особенности всех трех распределений сильных землетрясений — пространственного, временного и энергетического — свидетельствует о взаимодействии между сейсмическими дырами. Однако такое взаимодействие проявляется двояким образом.

С одной стороны, сейсмические дыры сильных землетрясений не перекрываются ни в пространстве, ни во времени (можно считать, что они, как и очаги сильнейших землетрясений, «отталкиваются» друг от друга), с другой — они «заполняют» собою очаг сильнейшего землетрясения, как бы «притягиваясь» им. Иными словами, взаимодействие очагов сильнейших землетрясений может влиять и на взаимодействие между сейсмическими дырами сильных землетрясений в этих очагах.

Этот вывод принципиален, поскольку накладывает ограничения на точность, с которой можно предсказывать сильные землетрясения в очагах сильнейших событий. Например, диапазон величин, определяющих место, время и магнитуду предсказыв-



-  Эпицентр и сейсмическая дыра сильнейшего землетрясения
-  Очаг сильнейшего землетрясения
-  Эпицентр и сейсмическая дыра сильного землетрясения

Расположение сейсмических дыр сильных землетрясений в очаге сильнейшего землетрясения ($M=7,6$), произошедшего 4 мая 1959 г. в Кроноцком заливе. Видно, что сейсмические дыры сильных землетрясений, не перерывая друг друга, заполняют область очага сильнейшего землетрясения.

ваемых сильных землетрясений, будет слишком велик, если не учитывать взаимодействие между очагами сильнейших землетрясений. При учете же этого взаимодействия возможный разброс значений прогнозируемых параметров должен существенно уменьшиться. Иными словами, прогноз сильных землетрясений становится более детерминированным, если удастся учесть взаимодействие очагов сильнейших землетрясений.

«ДУАЛИЗМ» СИЛЬНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Землетрясения, происходящие вдоль окраины Тихого океана, занимают особое место в ряду сейсмических событий. Если рассматривать такие землетрясения в совокупности, их можно отнести одновремен-

но к двум классам сейсмических событий — сильнейших (с магнитудами $> 7,5$) и сильных (с магнитудами > 5). Каждому из этих классов соответствуют определенным образом взаимодействующие объемы земной коры. При этом взаимодействие очагов сильнейших землетрясений может быть описано в рамках теории колебаний. Сейсмическая же дыра, отвечающая какому-либо сильнейшему землетрясению, вместе с сейсмическими дырами сильных землетрясений определяют структуру поля напряжений в ограниченном, по сути локальном, объеме земной коры, включающем очаг сильнейшего землетрясения. Видимо, таким землетрясениям присущ своеобразный «дуализм», в некотором смысле напоминающий знаменитый корпускулярно-волновой дуализм светового излучения.

Известно, что такого рода дуализм характерен и для солитонов, которые, являясь решением определенного волнового уравнения, при взаимодействии проявляют свойства материальных частиц. Похоже, именно «дуализм» сильнейших землетрясений позволяет завершить построение замкнутой модели сейсмического процесса. В рамках такой модели структура очага сильнейшего землетрясения, как представляется, должна проявиться в виде структуры солитона — как своего рода «гребенка» на колоколообразном импульсе сейсмической активности.

В заключение остается добавить, что если в физике солитон хорошо известен, то о теории сейсмического процесса этого пока не скажешь. Можно упомянуть лишь несколько работ В. Н. Николаевского с соавторами¹³, а также некоторые работы из сборника, вышедшего под редакцией А. В. Николаева и И. Н. Галкина¹⁴. Трудности солитонных сейсмических моделей очевидны: это и достаточно сложный математический аппарат, и проблемы, возникающие при физической интерпретации решений. И все же ожидаемый результат — теория долгосрочного и, по-видимому, среднесрочного сейсмического прогноза — стоит того, чтобы попытаться их преодолеть.

¹³ Николаевский В. Н. Механика геоматериалов и землетрясения // Итоги науки и техники. ВИНТИ. Механика деформаций твердого тела. М., 1983. Т. 15. С. 149—230; Маламуд А. С., Николаевский В. Н. Циклы землетрясений и тектонические волны. Душанбе, 1989.

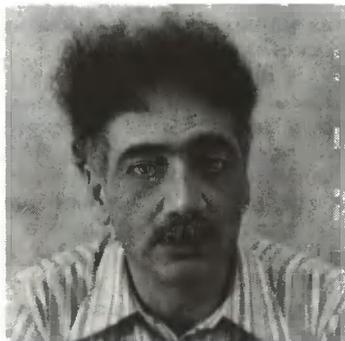
¹⁴ Проблемы нелинейной сейсмологии. М., 1987.

МНОГОЛИКИЙ РАДОН

После Чернобыльской катастрофы биологическое действие ионизирующих излучений оказалось в фокусе внимания не только специалистов, но и широкой общественности. Средства массовой информации пестрят все последние годы словами «радиация», «бэр», «рентген» и т. п. Риск получить дозу облучения связывается в сознании людей, в первую очередь, с существованием АЭС. В то же время существует реальная опасность облучиться, например, в стенах собственного жилища. Речь идет о природном газе радоне и его дочерних продуктах, действие которых человечество испытывает на себе на протяжении всего времени существования. Сейчас проблеме радона уделяется во всем мире (а точнее, в экономически развитых странах) серьезное внимание. Правильно оценить риск от этого природного источника радиации можно будет только в контексте решения более общей проблемы — так называемой проблемы малых доз, на которую до сих пор нет единого взгляда. А пока исследователи обобщают обширную информацию, накопленную за многие годы наблюдений, получают новые данные, вырабатывают рекомендации по выбору территории для новых застроек и наименее опасных строительных материалов для них, выдвигают гипотезы механизма выделения радона из недр Земли и дают различные оценки его влияния на организм человека. В целом идет нормальный процесс научного поиска. Приходится, однако, с сожалением констатировать, что нужны огромные усилия, чтобы поставить результаты исследований на службу обществу, претворить рекомендации ученых в конкретные мероприятия по улучшению санитарно-гигиенического состояния населения.

Радон в нашем доме

Л. А. Микаэлян



Лев Александрович Микаэлян, доктор физико-математических наук, профессор, начальник лаборатории Российского научного центра «Курчатовский институт». Основные научные интересы связаны с физикой нейтринно низких энергий и радиационной экологией.

ДО НЕДАВНЕГО времени население промышленно развитых стран было твердо уверено, что главный источник ядерной радиации — это выбросы атомной промышленности и ядерные взрывы. Но в 80-е годы выяснилось, что и вдали от атомных предприятий, в местностях, где нет и не было

никаких шлейфов от радиоактивных выпадений, большое число людей, находясь у себя дома, подвергались серьезной опасности облучения. Оказалось, что в воздухе некоторых жилищ концентрация радиоактивного газа радона может быть недопустимо высокой. А если наглухо закрыть окна и выходные двери, то станет еще хуже: концентрация радона возрастет.

В странах Северной Америки, а также в некоторых европейских странах реакция на это была энергичной и эффективной. Появилась промышленность, выпускающая массу различных радонометров. Возникли региональные радоновые центры, проводящие массовые измерения концентрации радона в домах и общественных зданиях. Строительные фирмы за плату берутся провести необходимые работы и снизить концентрацию радона в доме. У населения возникла и коммерческая заинтересованность: заключение о концентрации радона в доме может оказаться необходимым при продаже дома или сдаче его внаем. Словом, в последние шесть-семь лет выявление радона и меры по снижению его концентрации становятся в этих странах обыденным делом, начинают входить в быт, как, скажем, ремонт крыши или установка спутниковой антенны.

Можно думать, что и у нас будет про-

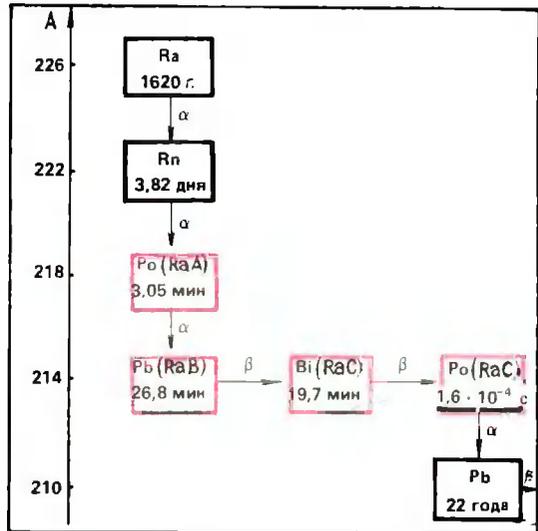
исходить более или менее то же самое, и потому есть, вероятно, смысл дать элементарное введение в эту только еще осознаваемую у нас проблему.

Радон²²² без дальнейших уточнений будем называть изотоп радона с массовым числом 222 (²²²Rn). Это дочерний продукт распада радия. Они оба входят в большое радиоактивное семейство, родоначальник которого уран (²³⁸U). В результате распада радона в воздухе образуются короткоживущие радиоактивные изотопы полония, свинца и висмута, которые чаще всего прикрепляются к микроскопическим пылинкам — аэрозолям. Поверхность легких составляет несколько десятков квадратных метров. Это хороший фильтр, осаждающий радиоактивные аэрозоли, которые, таким образом, устилают поверхность. Два радиоактивных изотопа полония с массовыми числами 218 и 214 «обстреливают» α -частицами поверхность легких и обуславливают свыше 97 % дозы, связанной с радоном. Основной медико-биологический эффект — рак легких.

Считается, что для «среднестатистического» жителя умеренной полосы Северного полушария доза облучения, связанная с радоном, составляет около 0,15 бэр/год. Еще столько же добавляют другие природные источники излучения. На третьем месте стоит рентгеновское облучение населения при медицинских процедурах. В перечень природных источников не принято включать другой изотоп радона (²²⁰Rn), который входит в семейство тория (²³²Th) и называется тороном. Торон и радиоактивные продукты его распада при дыхании тоже попадают в легкие и фактически увеличивают общую дозу облучения. Систематических исследований концентраций торона, насколько нам известно, не проводилось. На основании выборочных измерений полагают, что его вклад в среднем, скорее всего, в три раза меньше вклада радона. Следовательно, при определенных условиях «тороновая» доза может доминировать.

Концентрацию радона принято измерять в числе распадов в 1 м³ воздуха. Средняя концентрация радона¹ в жилых домах США 20—25 Бк/м³.

К каким последствиям приводит нали-

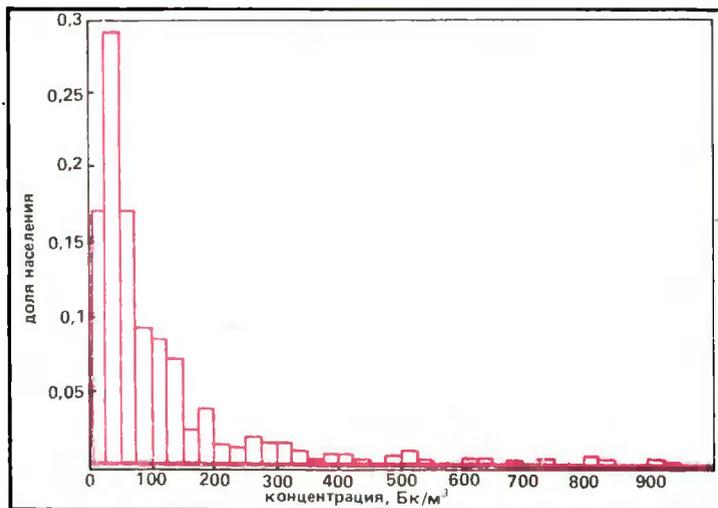


Участок уранового ряда радиоактивных изотопов. Из радона Rn в воздухе образуются короткоживущие изотопы (выделены цветом) полония Po, свинца Pb и висмута Bi, которые при дыхании оседают в легких. Облучение легочной ткани α -частицами изотопов полония определяет свыше 97 % дозы, связанной с радоном. Долгоживущий изотоп ²¹⁰Pb удаляется из легких раньше, чем успевает распаться.

чие радона в такой концентрации? По данным, опубликованным в США в последние годы, один из 300 ныне живущих погибнет от рака легких, вызванного радоном. Для США это почти 1 млн. чел. Согласно этим же источникам, в США ежегодно от радона умирают около 15 тыс. чел. Радон как причина рака легких занимает второе место, сильно уступая смертности от курения (140 тыс. смертей в год). Для сравнения: в автомобильных катастрофах в США ежегодно гибнут 50 тыс. чел. В странах Западной и Северной Европы средняя концентрация радона в жилищах отличается от такой же концентрации в США в полтора-два раза в ту или иную сторону. Концентрация радона на открытом воздухе обычно раз в пять ниже, чем в помещении, так что основное облучение происходит дома.

Величина средней концентрации радона в домах и обусловленная ею смертность не вызывает особой озабоченности у людей. В конце концов, таковы обычные условия жизни многих поколений. Обоснованную тревогу вызывает тот факт, что по ряду причин иногда концентрация радона в доме в десятки раз превышает среднюю. И если это наш дом, то никакая общая благополучная картина утешить, конечно же, не может. Для людей, постоянно живущих в домах с концентрацией, скажем, 200—250 Бк/м³, ра-

¹ Это так называемая эффективная равновесная концентрация (ЭРК). По сути дела она определяет активность α -активных изотопов полония, т. е. дозобразующий фактор. Истинная концентрация радона в жилых домах обычно вдвое превышает ЭРК. 1 Беккерель (Бк) соответствует одному распаду в секунду.



Концентрация радона в жилых домах Швеции. Две трети населения живет в домах, где концентрация радона не превышает 100 Бк/м³ (эквивалентная концентрация радона, о которой идет речь в тексте, обычно вдвое ниже концентрации газообразного радона).

дон становится основной причиной рака, и уже не один из 300, а один из 30 человек умрет от этого тяжелого недуга. Никто не может предсказать, кто именно окажется жертвой. В нашем примере ей с вероятностью 3 % может оказаться каждый.

Сколько же семей живет в домах с концентрацией радона в 200 Бк/м³ и выше? Это сильно зависит от региона, местности, города. В среднем, вероятно, одна-две из тысячи. Для таких стран, как США или Россия, это 250—500 тыс. чел. Но в Швеции, например, высокие концентрации встречаются гораздо чаще.

Предыстория радоновой проблемы уходит в глубь веков, когда о радиоактивности ничего еще не было известно. Губительным действием больших концентраций радона объясняется, как выяснилось уже в наше время, чрезвычайно высокая смертность горняков в г. Шнееберге (Рудные горы, Германия), о которой писал Агрикола в середине XVI в. Здесь и в Иохимстали (теперь г. Яхимов, Чехословакия), расположенном по другую сторону Рудных гор, издавна добывали различные металлы, а в XIX в. и уран, использовавшийся в основном стекольной промышленностью.

Начало современной истории радона можно исчислять с середины 40-х — начала 50-х годов, когда началась интенсивная добыча урана в США, Канаде, Чехословакии, Франции, Африке и во многих районах нашей страны.

Последствия этой деятельности многообразны. Мы остановимся на двух связанных с нашей темой.

Первое из этих последствий драматично, но именно оно привело к получению важных медико-биологических результатов. Судя по единичным измерениям, концентрация радона в воздухе, которым дышали шахтеры, во всяком случае на первых порах, была чудовищно высока, достигая, вероятно, 100—500 тыс. Бк/м³. С начала 50-х годов стали проводить уже более регулярные измерения концентрации и принимать меры к ее снижению; было введено регулярное медицинское обследование. В результате судьба многих тысяч шахтеров в США, Канаде и Швеции прослежена на протяжении последующих 30 лет.

С конца 70-х годов под эгидой ООН, национальных и международных комиссий по защите от ядерной радиации высококвалифицированные специалисты из разных стран подвергают накопленный материал тщательному анализу. В итоге получен важнейший результат: соотношение риск — экспозиция (связь между вероятностью возникновения рака легких и временем пребывания человека в атмосфере с заданной концентрацией радона). Здесь нет возможности говорить о подробностях этих исследований — они изложены на многих сотнях страниц, содержат анализ возможных погрешностей и неточностей входных данных, учитывают различия воздушной среды рудников и жилых помещений, возраст, привычку к курению и многое другое. Полученные результаты лежат в основе современных оценок риска для населения, часть из которых уже приводилась в этой статье.

Другое следствие возросшей добычи урана — образование мощных отвалов вблизи шахт, обогатительных предприятий и фаб-

рик, где из руды извлекался радий. В ряде стран, в том числе и нашей, независимо возникла и стала реализовываться идея использовать эти отходы в строительстве. Например, в штате Колорадо и провинции Онтарио «пустой» породой засыпали площадки под дома, пользовались при строительстве дорог и производстве бетонных блоков. Вскоре во многих домах были обнаружены высокие концентрации радона и повышенный γ -фон. И неудивительно. Ведь если концентрация радия в обычном грунте, песке и гравии составляет, как правило, 30—50 Бк/кг, то в «пустой» породе радия часто оказывалось в 100, а то и в 1000 раз больше. Вмешательство администрации положило конец этой деятельности любителей «безотходных технологий» в США и Канаде.

История с использованием урановых отвалов привлекла внимание к радиоактивности других строительных материалов. Было, например, обнаружено, что глинозем, применявшийся десятилетиями в Швеции, кальций-силикатный шлак и фосфогипс (побочные продукты при добыче фосфорных руд), широко использовавшиеся в различных странах при изготовлении цемента, штукатурки, строительных блоков, обладают высокой радиоактивностью. В настоящее время в большинстве стран, в том числе и России, выработаны нормы, ограничивающие радиоактивность строительных материалов.

Но вернемся к радону. Поиски путей его проникновения в жилые помещения обнаружили совершенно неожиданную картину и произвели своеобразный переворот в этой области.

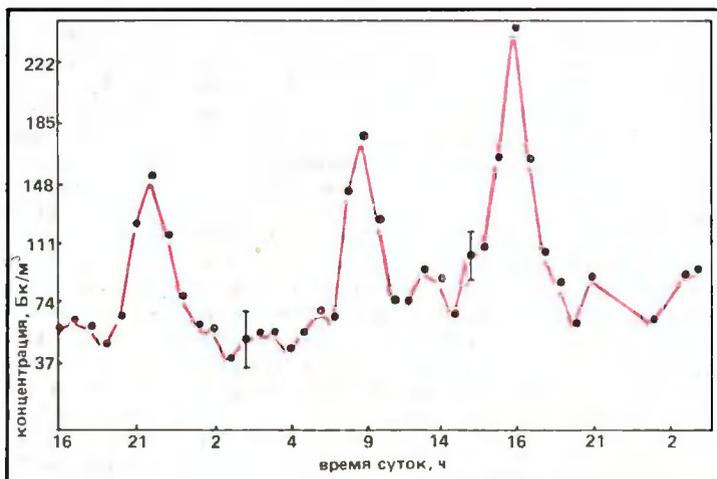
Конечно, недопустимо использовать

строительные материалы с повышенной радиоактивностью, но чаще всего основной источник радона в жилых помещениях — это грунт под домом, грунт с вполне обычной концентрацией радия (30—50 Бк/кг). Оказалось, что непосредственно под поверхностью, на глубине всего 1—2 м воздух, содержащийся в порах, насыщен радоном с типичной концентрацией 30—40 тыс. Бк/м³. Другими словами, наши дома построены на губке, пропитанной радоном. Легко прикинуть, что если в обычной комнате объемом 50 м³ постоянно присутствует всего 0,5 м³ почвенного воздуха, то концентрация радона в ней составит 300—400 Бк/м³. Наш дом, по сути дела, — коробка для улавливания радона, «выдыхаемого» землей. На открытом воздухе, где радон может уходить вверх, его концентрация гораздо меньше. Оказалось, далее, что дом большую часть года еще и «подсасывает» воздух из грунта. Дело в том, что в прохладное время, когда воздух в помещении теплее, чем на улице, возникает тяга, как в печной трубе, доставляющая дополнительные порции радона.

Каким же образом почвенный воздух проникает в дом? Конкретные пути зависят от его концентрации. Как показали исследования, бетон (во всяком случае, изготавливаемый в США) — это хорошая преграда, и в домах с бетонным фундаментом почти все поступление идет по зазорам между блоками, технологическим отверстиям и другим нарушениям целостности.

Второй источник — вода, в тех случаях, когда водоснабжение идет из артезианских скважин или колодцев. Концентрация радона в таких водах иногда бывает очень высокой. Радон плохо растворим в воде, особенно горячей, и при домашних операциях (душ,

Пример колебаний концентрации радона в воздухе жилого дома, связанных с его выделением из воды. Пикам соответствует увеличение потребления воды. Концентрация радона в воде в этом примере очень высока.



приготовление пищи) улетучивается в помещение. Строительные материалы, если они, конечно, по радиоактивности не сильно превышают принятые нормы, обычно вносят незначительный вклад.

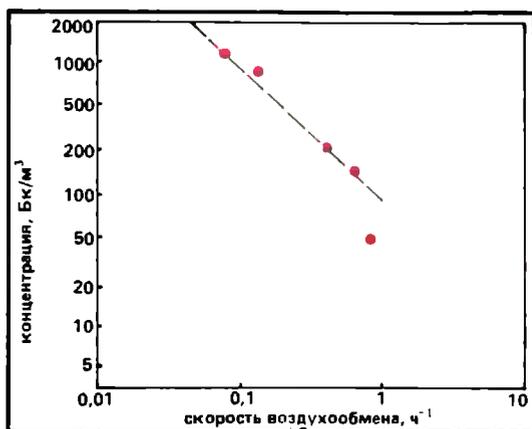
Результирующая концентрация радона устанавливается равновесием между скоростями его поступления и удаления из помещения. В результате естественной вентиляции в жилом помещении воздух обновляется обычно за 1—3 ч. При отсутствии вентиляции (что, конечно, трудно себе представить) концентрация радона в любом доме превысила бы все разумные пределы. Легко понять, что в плохо проветриваемых подвалах, подполах, кладовых она может быть намного выше, чем в жилых комнатах. Лет 20—30 назад в Швеции начали бороться за сбережение энергии, снизили скорости вентиляции и достигли в том немалых успехов. Однако вскоре выяснилось, что это обернулось сильным повышением концентрации радона, которая в этой стране и до того была не слишком низкой.

Здесь уже упоминалось, как западное общество реагировало на радоновую опасность. Стоит остановиться и на роли, которую играет в этих вопросах пресса.

В первые годы авторы статей в популярных журналах стремились, видимо, рещевелить публику. В них можно было прочесть, например, такие выражения: «газ-убийца, крадущийся из-под земли» или «беспощадный убийца незаметно проникает в наши дома». Сейчас тон публикаций стал обыденным. «Радоновые» новости регулярно печатаются в местных газетах. Издается ежемесячный журнал «Обзорение радоновой промышленности», на 24 страницах которого печатаются реклама, статьи специалистов, предложения по улучшению законодательства в этой области, письма конгрессменам и информация, например, о проведении недели действия. В результате у населения вместо безотчетного ужаса перед «газом-убийцей» появляются трезвое осознание степени риска и понимание того, что есть способы этот риск уменьшить.

В 80-е годы в ряде стран были приняты нормативы, регламентирующие содержание радона в жилых помещениях. Учтя отечественный и международный опыт, Минздрав России в конце 1990 г. установил следующие контрольные уровни для среднегодовой эквивалентной равновесной концентрации радона в жилищах:

во вновь строящихся домах — не более 100 Бк/м³;



Концентрация радона в воздухе помещения быстро уменьшается с улучшением вентиляции. Обычно в жилых домах скорость обмена воздуха составляет 1—0,3 ч⁻¹ (т о ч и соответствует результатам измерений, п у н к т и р — расчетным значениям).

для существующих жилищ — не более 200 Бк/м³;

если не удается снизить концентрацию ниже 400 Бк/м³, решается вопрос о переселении жильцов.

Эти уровни установлены в предположении, что человек проводит в помещениях в среднем 80 % времени. Из соотношения риск — экспозиция следует, что, прожив в квартире с концентрацией радона, например, 200 Бк/м³ всю жизнь, среднестатистический житель получит около 60 бэр, а риск преждевременной смерти, связанной с радоном, составит 2,5 %.

Минздравом России рекомендуется двухэтапная проверка помещений. Первый этап — разведывательный: предлагается использовать экспрессные высокопроизводительные приборы для охвата возможно большего числа квартир и выявления кандидатов для более основательного наблюдения. Хотя концентрация радона в помещении и подвержена сильным колебаниям, соблюдение определенных предосторожностей позволяет правильно определить кандидатуры для второго этапа.

Для оценки среднегодовой концентрации на втором этапе нужно экспонировать измерительный прибор на время, не меньше одного месяца.

Обследование всего жилого фонда страны в обозримом будущем, скажем за 5—10 лет, нереально и, видимо, необязательно. Сейчас актуально представительное выборочное обследование. В США, как мож-

но оценить по опубликованным в 1990 г. данным, к этому времени проверено 1 млн. домов (около 1 % общего числа). Но и для проведения такой ограниченной программы нам потребовалась бы не одна тысяча различных радонметров, которых реально нет.

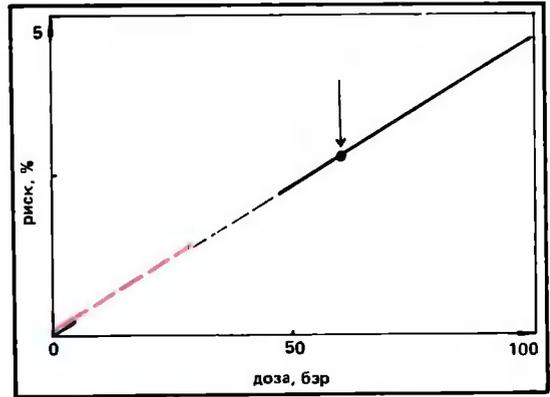
Лет 20—30 назад в связи с проблемой «радон в шахтах» в нашей стране проводились исследовательские работы, были предложены оригинальные методы измерений концентрации радона, написаны обзоры и монографии, созданы радонметры для урановых рудников. В западной литературе до сих пор еще встречаются ссылки на советские работы тех лет. После того как практическая задача организации контроля концентрации радона в шахтах была решена, работы в этой области были по существу свернуты, и только в самое последнее время появляются признаки оживления, теперь уже в связи с проблемой «радон в домах».

На ближайшее время реалистический путь продвижения в этой области может состоять в привлечении для проведения анализов групп специалистов из ведущих научно-инженерных центров, имеющих опыт регистрации ядерных частиц. Такие центры есть в Москве, Санкт-Петербурге, Краснокаменске (недалеко от Читы) и в других регионах. Эти группы могут создать (и уже фактически кое-где создают) необходимую аппаратуру в единичных экземплярах или небольшими партиями. Необходимо только, чтобы эта аппаратура прошла государственную метрологическую аттестацию.

Чтобы не заканчивать на пессимистической ноте, укажем, что каждый человек и каждая семья уже сейчас имеет мощный резерв в борьбе с раком легких. Речь идет о курении. На курящих радон действует в 10 раз сильнее, чем на некурящих. Два этих вредных фактора не просто складываются, а разрушительным образом усиливают друг друга. Для некурящего человека концентрация радона как бы в 10 раз меньше, чем для курящего. Пример, взятый из зарубежной публикации 1990 г.: из тысячи курящих людей, которые живут всю жизнь при концентрации 150 Бк/м^3 , погибнут 40 человек, и только четыре — из тысячи некурящих.

Есть, конечно, и другой резерв: менять тепло на здоровье. Чаще проветривая помещение, вы уменьшаете концентрацию радона в своем доме.

Уже давно высказывается точка зрения о том, что малые дозы радиации не только не опасны, но даже полезны для организма. Это, конечно, полностью противоре-



Зависимость доза — риск. Прямая, выходящая из начала координат, соответствует линейной беспороговой концепции. Пунктир — экстраполяция в область низких доз, где прямых наблюдательных данных нет. Цвето м выделена область доз, получаемых большинством населения от естественных источников радиации за 50 лет. Точка на прямой соответствует дозе за 50 лет жизни в доме с эффективной равновесной концентрацией радона 200 Бк/м^3 .

чит официально признаваемой линейной беспороговой концепции, согласно которой вероятность R преждевременной смерти от рака прямо пропорциональна полученной дозе $D: R=kD$. Так что не существует никакой минимальной дозы, ниже которой радиация безвредна. По последней оценке, при облучении всего населения (т. е. для воображаемого «средневзвешенного» человека) эта вероятность составляет 4—5 % при дозе $D=100$ бэр. Речь идет необязательно о радоне, но и о других видах облучения, например γ -квантами. Заметим для полноты, что линейная зависимость R от D нарушается, если доза заметно превышает 100 бэр.

Аргументы сторонников пороговой концепции интересны и заслуживают внимания. Естественная радиация, по их мнению, — это одна из составляющих внешней среды, в которой сотни миллионов лет протекала эволюция всего живого на Земле. Человек должен был приспособиться к этому естественному фону. Только достаточно сильное изменение его может приводить к вредным последствиям, так что должен быть определенный диапазон устойчивости организма. Ведь приспособились же люди к колебаниям температуры, влажности воздуха и атмосферного давления. Да, говорят они, большие дозы радиации действительно опасны, но речь-то идет о малых дозах. Лечат же змеиным ядом. Или возьмите микроэлементы, скажем молибден или кобальт.

В очень небольших количествах они входят в состав гормонов, витаминов, ферментов и необходимы для нормальной жизнедеятельности.

Но есть ли примеры, относящиеся к радиации? Есть. В двух одинаковых камерах выращивали растения. В одной фон был сильно ослаблен специальной защитой, а в другой — регулировался с помощью радиоактивного источника. В первой камере растения чахли, во второй — росли нормально. В других опытах кукуруза при облучении поспевала быстрее, цыплята развивались раньше, мыши росли лучше. Такие опыты с 50-х годов ставились в СССР, позже и во Франции.

Допустим, кукурузе и мышам радиация полезна. А как насчет людей?

Возьмем ультрафиолет — фактически та же радиация. В нас заложен механизм защиты — загар. При больших дозах, конечно, будет ожог, но при умеренных — польза. Или еще ближе к нашей теме — радоновые ванны. Их по наблюдением врачей принимают уже 80 лет. В Москве, где нет естественных водных источников, применяются искусственные ванны: радоном, полученным из раствора радия, насыщают воду и в бутылочках рассылают в лечебницы.

Кто же прав? Существует ли пороговая доза, выше которой индуцируется рак, а ниже — нет? Ответа на самом деле пока нет. Дело заключается в том, что смертность от «обычного» рака, т. е. рака, никак с радиацией не связанного, весьма велика. Этот фон от десятилетия к десятилетию растет и зависит от многих малоизвестных и плохо контролируемых факторов. Поэтому при больших дозах «сигнал» радиационного рака удается выделить над фоном, а при малых, когда мал и ожидаемый сигнал, он тонет в неопределенностях уровня обычного рака. Так что сейчас никто не может привести статистически обоснованный материал, который с определенностью показал бы, приводит ли доза, меньшая 20—30 бэр, к увеличению раковых заболеваний или нет. Отсюда и простор для разных концепций. Линейная беспороговая концепция — это линейная экстраполяция риска из области больших доз. Можно сказать, что международные и национальные организации по радиационной защите населения, придерживающиеся линейной беспороговой концепции, исходят из того, что можно было бы назвать презумпцией опасности: пока и поскольку нет доказательств безопасности малых доз радиации для людей, их следует считать опасными.

А как же быть все-таки с радоном в домах? Нужно ли ставить вопрос о пересече-

лении, как рекомендует Минздрав, если концентрация радона превышает 400 Бк/м³? Может быть, опасности нет?

Опасность есть наверняка: после 25—30 лет жизни в таком доме накопится «шахтерская» доза, а риск составит около 2,5 %.

В нашем рассказе мы прошли лишь узкой извилистой тропинкой в почти необозримой области, которую условно можно назвать «радон в домах», а эта область — часть еще более необозримой темы «радон»: радон в атмосфере Земли, радон и землетрясения, радон в воде, радоноterapia (как часть α -терапии), радон и политика и т. п.

Об объеме накопленных знаний о радоне в домах можно судить по вышедшей в США монографии «Радон и продукты его распада в воздухе помещений», насчитывающей более 500 страниц и 600 ссылок, и посвященному радону отчету Комитета по биологическому действию радиации объемом свыше 600 страниц². Опубликованы также фундаментальные доклады научного комитета ООН (ККДАР), труды Национальной и Международной комиссий по радиологической защите.

При первом знакомстве с проблемой мы намеренно обходили еще не решенные и трудные вопросы, которые, конечно, существуют. Совсем не касались сложных механизмов медико-биологического, в том числе лечебного, действия радона. Об этом должен писать специалист.

После некоторых колебаний мы фактически отказались от обсуждения проблем, связанных с торонем и продуктами его распада, хотя и не исключено, что «тороновая» доза может превосходить «радоновую».

И последнее замечание. Мы пользовались широко распространенной у нас, но фактически уже отмененной единицей эффективной эквивалентной⁴ дозы «бэр» (биологический эквивалент рентгена). Сейчас бэр вытесняется новой единицей — зивертом (1 Зв=100 бэр). Она уже прочно вошла в научную и специальную литературу.

² Radon and its decay products in indoor air / Ed. W. F. Nazarov, A. V. Nero, Jr. New York — Singapore, 1988; Health risks of radon and other internally deposited α -emitters. BR-IV. Natl. Ac. Press. Washington D. C., 1988.

³ См. в этом номере: Гусаров И. И. Радон как лечебный фактор.

⁴ Слова «эффективная» и «эквивалентная» означают, что учитывается и степень «защорядности» конкретного вида излучения (γ -квантов, нейтронов, α -частиц) и восприимчивость органа, на который оно действует.

Радон как лечебный фактор

И. И. Гусаров



Игорь Иванович Гусаров, доктор медицинских наук, профессор, руководитель лаборатории радиобиологии Российского научного центра медицинской реабилитации и физической терапии. Область научных интересов — радонотерапия, радиобиология и радиационная гигиена радона. Автор монографии «Радонотерапия» (М., 1974) и 150 научных статей, обзоров и методических пособий. Лауреат премии Совета Министров СССР (1973).

ЛЕЧЕБНОЕ применение природных радоновых вод имеет многовековую историю. Их использовали еще до открытия радиоактивности сначала в народной, а затем и в традиционной медицине, исходя из эмпирического опыта. После изучения явления радиоактивности было сформулировано научное представление о природе лечебного действия радоновых вод, о радоновых курортах, налажено искусственное приготовление водных растворов радона и воздушно-радоновых смесей, что позволило проводить лечение в больницах, поликлиниках и на курортах, лишенных естественных радоновых источников.

В настоящее время в мире известно около 300 радоновых курортов, причем больше всего (около 100) их в Японии. В Ев-

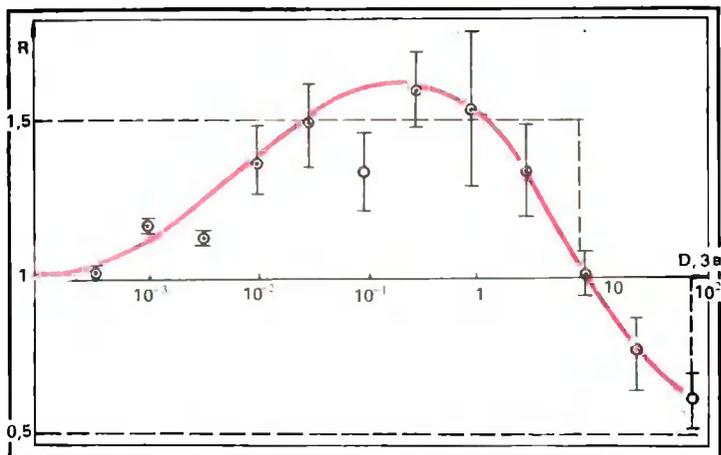
ропе наиболее знамениты такие курорты, как Бад-Гаштейн в Австрии, Бад-Брамбах в Германии, Момин Проход в Болгарии, Исхиа в Италии, Люшон во Франции и др. В России насчитывается около 30 радоновых курортов. Наиболее популярны Пятигорск, Белокуриха (Алтайский край), Увильды (на Урале), Молоковка (Читинская обл.) и некоторые другие. Наряду с курортами у нас работают 100 радоновых лабораторий, где получают концентрат для приготовления ванн и других радоновых процедур. Среди них имеются обычные (с производительностью до 300 порций концентрата в день) и кустовые (1,5—2 тыс. порций). Последние расположены в ряде крупных городов и на больших курортах без радоновых источников: в Москве и Подмосковье, Калининграде, Сочи и т. д. За рубежом искусственные радоновые воды наиболее широко используют в Японии, в специальных центрах радонолечения.

В основном для лечения применяют общие водные ванны, в меньшей степени — гинекологические орошения и микроклизмы. В последние годы в лечебную практику вошли воздушные ванны и питье радоновой воды. В настоящее время в нашей стране радоновые процедуры принимают около 1 млн. чел. в год.

Лечебное использование радона — один из методов физиотерапии, в котором действующим фактором служит α -излучение, возникающее при распаде атомов радона и его короткоживущих дочерних продуктов (RaA , RaB , RaC , RaC').

Уровни облучения организма при радонотерапии весьма низкие: 10—100 мбэр (10^{-4} — 10^{-3} Зв) за курс (10—15 процедур), что сопоставимо с фоновой дозой за месяц. При радоновых ваннах облучаются не все ткани организма, а в основном кожа, мощность облучения которой в десятки раз превышает фоновый уровень.

Для процедур применяют как природные, так и искусственные радоновые воды, которые готовят, используя специальную технологию и аппаратуру. Между природными и искусственными радоновыми смесями нет принципиального различия: в них содержатся одни и те же радиоактивные изо-



Влияние α -излучения радона и его дочерних продуктов на рост клеток в культуре нормальных фибробластов крысы на питательной среде, содержащей радон. По оси абсцисс (шкала логарифмическая) — поглощенная доза излучения [D, Зв], по оси ординат — отношение R числа клеток к контролю [при фоновом значении дозы].

топы, различна лишь их концентрация, а также химический и газовый состав. Особенности лечебного действия естественных радоновых вод обусловлены наличием в них тех или иных газов (H_2 , N_2 , CO_2) или минеральных солей. Более высокая эффективность радоновых вод в условиях курорта объясняется комплексным воздействием благоприятных факторов.

Виды радоновых процедур классифицируют по используемой лечебной среде (вода, воздух и др.) и путям поступления радона в организм (через кожу, легкие, слизистую желудка или влагалища). Используемые среды (вода, воздух, мази или твердофазные носители) содержат радон и его дочерние продукты в количествах, достаточных для лечебного действия. Оно обусловлено ионизирующим излучением, возникающим при их распаде. Количество радона, например, в водной ванне при дозировке 1,5 кбк/л не превышает 10^{-5} мм³ и не оказывает какого-либо побочного действия.

Период полураспада радона 3,823 дня, его дочерних продуктов — от долей секунды до получаса. Распад радона и его продуктов сопровождается α -, β - и γ -излучениями, причем на долю α -частиц приходится 90 % всей энергии распада этих изотопов. Поскольку биологическая эффективность α -излучения в 20 раз выше, чем у β - и γ -излучения, лечебное действие радоновых процедур в основном связано с α -излучением.

При процедурах радон из лечебной среды поступает в контактирующие с ней ткани: кожу (водные и воздушные ванны), легкие (ингаляция), слизистую желудка (питье) или влагалища (орошения) и т. д. Радон накапливается в коже (в меньшей степени),

слизистой оболочке, на которых также оседают дочерние продукты, образуя так называемый активный налет. В организм проникает около 60 % поглощенного кожей радона, который спустя 2—3 ч почти полностью выводится через органы дыхания. Из радоновой ванны в организм попадает не более 0,5 % радона. Активный налет, оседающий на коже и слизистых (около 2 % при водных процедурах и несколько больше при воздушных), в основном распадается сразу. Однако часть его проникает в ткани. Облучение внутренних органов, как правило, незначительно. Исключение составляют легкие (при ингаляциях), почки (за счет фильтрации дочерних продуктов), а также селезенка и печень (при пероральном приеме). Основная доля облучения приходится на кожу и слизистые.

Уровень облучения тканей характеризуется величиной поглощенной дозы (ПД) излучения, которая определяется числом распавшихся в единице массы ткани атомов и энергией их распада и зависит от концентрации радона и его продуктов в среде, длительности процедуры, температуры среды и других условий.

При радоновых процедурах с обычной дозировкой — 1,5—3 кбк/л (для водных ванн) и 0,75—1,5 (для воздушных) на кожу приходится всего 10^2 — 10^3 мбэр за курс, что гораздо ниже допустимого уровня (3 бэр). Радоновые процедуры проводят не чаще раза в год.

Первичное действие радиоактивного излучения сводится главным образом к ионизации молекул живого вещества, на 65—80 % состоящего из воды. В результате ионизации появляются ионы H и OH, из которых образуются активные радикалы H_2 , O_2 , H_2O_2 и т. д. При малых дозах облучения они,

взаимодействуя с клетками, изменяют их функции, что усиливает защитно-приспособительные реакции организма.

Существует и другая точка зрения на механизм биологического действия облучения. Так, А. М. Кузин считает, что при малых дозах облучения ведущую роль играет не ионизация атомов, а их возбуждение, активирующее естественные процессы в организме. Согласно этой гипотезе, биологическое действие радона больше определяется возбуждением, а не ионизацией биологических структур, которая дает, скорее, отрицательный эффект. Однако, как считают специалисты, при малых дозах облучения травмирующее действие активных радикалов несущественно.

БИОЛОГИЧЕСКОЕ И ЛЕЧЕБНОЕ ДЕЙСТВИЕ

Давно и хорошо известный терапевтический эффект радона стал предметом пристального внимания исследователей. В модельных экспериментах на животных был изучен биологический эффект α -излучения радона и его дочерних продуктов на отдельные ткани и весь организм. Оказалось, что радон обладает как прямым, так и опосредованным действием.

В первичной культуре эмбриональных фибробластов крыс он стимулировал рост и размножение клеток. Радоновая вода ускоряет эпителизацию пораженной кожи при ожогах, стимулирует регенерацию слизистой

Облучение организма больного при радоновых процедурах (курс из 15 процедур по 15 мин) по данным С. В. Андреева*

Вид	Оптимальная лечебная дозировка, нКи/л**	Средняя Доза, мбэр	Доза на наиболее облучаемый орган, мбэр	Предельно допустимая дозировка (НРБ 76/87), нКи/л
Водные радоновые ванны (общие)	80	18	Кожа — 300	450
Воздушно-радоновые ванны (общие)	40	30	Кожа — 1150	110
Радоновые ингаляции	40	60	Кожа — 1650	70
		36	Легкие — 240	
		78	Почки — 450	130
			Легкие — 7200	8,3
			Почки — 900	
Питье радоновой воды	по 1 мКи 3 раза в день	120	Брыжейка — 1150	
Фоновое облучение за месяц		5—15	Желудок — 660	60 мКи за курс
Допустимое облучение (категория Б) за год		50	Легкие — 130	
			Кожа — 3000	
			Прочие — 1500	

* Андреев С. В. // Вопр. курортол., 1976. № 5. С. 71—77.

** 1 Ки=3,7 · 10¹⁰ Бк.

оболочки желудка крыс после резекции. При действии α -излучения на кожу угнетается иммунный статус клеток Лангергарса в эпидермисе, что может служить сигналом к включению защитных сил организма.

В экспериментах доказано, что α -излучение, воздействуя на рецепторы кожи и слизистых, активирует сложную систему рефлекторных и нейрогормональных механизмов, что в конечном итоге усиливает защитно-приспособительные реакции организма. Установлено также влияние радоновых процедур на обмен биогенных аминов, липидов, углеводов, на гормональную чувствительность тканей. Оказалось, что нормализующее действие радона на тканевый кровоток вызвано повышением гормональной чувствительности сосудистых α - и β -адренорецепторов к биогенным аминам (серотонину, гистамину, адреналину). Если учесть, какое оказывает действие радон на центры нейроэндокринной регуляции через рецепторы кожи и слизистых, становится понятным влияние радоновых процедур на многие функциональные системы организма. Сходные эффекты характерны и для других видов бальнеотерапии, что, видимо, обусловлено аналогичным действием на те же рецепторы функционально важных зон кожи и слизистых.

Таким образом, биологическое действие радоновых процедур делится на несколько этапов: реакцию рецепторных структур барьерных органов, передачу информации к центрам нейроэндокринной системы,

а от них к рабочим органам, в результате чего нарушенные функции частично восстанавливаются. Не исключено и прямое действие излучения на некоторые виды клеток, например эпителий кожи или фибробласты. В этом случае возможна стимуляция клеточных гормонов, обеспечивающих синтез необходимых ферментов.

Терапевтическое действие радоновых процедур показано многочисленными экспериментальными и клиническими исследованиями. В последние годы методом слепого контроля доказана более высокая эффективность радоновых ванн по сравнению с плацебо (водные и воздушные ванны без радона) при лечении многих хронических заболеваний: язвенной болезни двенадцатиперстной кишки и желудка, гепатохолецистита, черепно-мозговых травм, ревматизма, ожирения, диабета, остеохондроза, бронхиальной астмы, экземы, псориаза, нейродермита, гипертонии, атеросклероза и др.

Регулирующее действие радоновых процедур на многие системы организма (сердечно-сосудистую, кровеносную, иммунную) и на некоторые стороны обмена обусловлено их влиянием на функцию надпочечников, щитовидной и поджелудочной желез, а также гипофиза.

Все это говорит о том, что радоновые процедуры полезны в широкой медицинской практике. В ряде случаев радоноterapia с успехом может заменить плохо переносимые лекарства. В отличие от других ванн (сероводородных, углекислых, грязевых) радоновые переносятся значительно легче, поэтому показаны при многих, даже тяжелых, заболеваниях.

РИСК ИЛИ ПОЛЬЗА?

Поскольку радоноterapia связана с облучением больных, естественно возникает вопрос о ее возможных негативных последствиях. Оценка такого риска основана на предположениях линейной зависимости между дозой облучения и биологическими эффектами в широком диапазоне доз и отсутствии порогового значения дозы. По мнению Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ), определяя предельный уровень дозы, нужно учитывать соотношение польза/вред при выборе конкретного режима облучения.

Лечение безопасно, если уровень облучения органа не выше годовых норм, допустимых для ограниченной группы населения, по характеру работы подвергающейся эпизодически незначительным облучениям, — так называемой категории Б (для

работающих с радиоактивными веществами — категория А — они на порядок выше). В соответствии с действующими нормами радиационной безопасности для лиц категории Б предельно допустимая доза при радонотерапии для всех органов составляет 1,5 бэр/год, а для кожи — 3 бэр/год.

На основе специальных дозиметрических исследований получены уравнения для подсчета поглощенных доз при различных видах радоновой терапии. Облучение при всех видах процедур в два-три раза выше фоновое за месяц и гораздо (более чем в пять раз) ниже допустимого уровня для категории Б (0,5 бэр/год). Так что лечебные дозы значительно ниже предельно допустимых. Исключения составляют только радоновые ингаляции со смесью дочерних продуктов, для удаления которых используют специальные фильтры. В этом случае содержание радона во вдыхаемом воздухе не должно превышать 3 нКи/л.

Специалисты считают, что полученная доза в 1 бэр уменьшает продолжительность жизни на три дня. Тогда курс из 15 радоновых ванн с концентрацией радона 3 кБк/л по 15 мин (среднее облучение около 20 мбэр) сократит жизнь больного на 90 мин, что равносильно выкуриванию шести сигарет (каждая может сократить жизнь на 15 мин). Итак, возможный вред от радоновых процедур можно считать несущественным в сравнении с их пользой при лечении сердечно-сосудистых, обменных и многих других заболеваний.

Однако, как и для всех бальнеопроцедур, для радонотерапии существуют определенные ограничения, связанные с возможной активацией процессов острого воспаления и усилением роста опухолей. В целом же, даже с учетом разногласий в оценках влияния малых доз облучения (пороговая и беспороговая концепции действия радиации на живые организмы), польза от разумного применения радонотерапии не вызывает сомнений.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

И. И. Гусаров. РАДОНОТЕРАПИЯ. М.: Медгиз, 1974.

С. П. Ярмоненко. РАДИОБИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА. М.: Медгиз, 1977.

Н. Г. Кризобоков, Р. Л. Школенко. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАДОНОТЕРАПИИ. М.: Медгиз, 1983.
А. М. Кузин. ПРИРОДНЫЙ РАДИОАКТИВНЫЙ ФОН И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ БИОСФЕРЫ ЗЕМЛИ. М.: Наука, 1991.

Радон и солнечная активность

А. Э. Шемьи-заде



Айдын Эшрефович Шемьи-заде, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий сектором ОКБ-1 Государственного энергетического института им. Г. М. Кржижановского. Главная область научных интересов — природные радиоактивные газы. Автор ряда статей по проблеме солнечно-земных связей.

О ТРАГИЧЕСКИХ последствиях длительного пребывания в воздушной среде с высокой концентрацией радона было известно еще в XVI в. (когда о самом этом газе ничего не было ведомо). В поселках рудопромышленных в горах Южной Германии женщины выходили замуж по несколько раз: мужей уносила загадочная скоротечная болезнь — «горняцкая чахотка». Практиковавший в тех местах врач Агрикола, прославившийся как основоположник горных наук, упоминает в своих трудах о существовании в рудниках забоев, где без эффективной вентиляции люди испытывали одышку и усиленное сердцебиение, а замешкавшиеся теряли сознание и погибали. Причем ни на вкус, ни на нюх в воздухе не обнаруживалось каких-либо примесей. Агрикола считал, что людей губят потревоженные горные духи. Его современник, другой великий европейский ученый Парацельс,

также работавший какое-то время врачом в той же местности, писал, имея в виду необходимость очищения воздуха в рудниках: «Мы обязаны предотвращать сопряжение организма с эманациями металлов, ибо если организм поврежден ими единожды, излечения уже не может быть».

СОЛНЕЧНЫЕ ПЯТНА И РАДОНОВЫЕ БУРИ

С «горняцкой чахоткой» разобрался в 1937 г. Л. Телеки, установивший, что эта болезнь не что иное, как одна из форм рака легких, характерная для рабочих тех рудников, в воздухе которых высока концентрация радона. Но о всеобщей экологической значимости везде и всегда присутствующего радиоактивного газа и продуктов его распада тогда еще не догадывались.

В последние десятилетия установлено, что несколько раз в месяц содержание радона в приземной атмосфере вдруг резко увеличивается во много раз. Эти настоящие радоновые бури сопровождаются бурями электрическими, точнее — аэроионными, когда столь же резко возрастает концентрация ионов в воздухе. И как следствие примерно у 30 % населения наблюдаются одышка, сердцебиение, мигрень, бессонница, тревожные состояния и другие неприятные явления¹.

Что же является причиной радоново-аэроионных бурь, не только способствующих развитию рака легких, но и воздействующих на организм немедленно, вызывая функциональные нарушения даже у практически здоровых людей и создавая серьезную опасность для жизни больных или несформировавшихся организмов? Оказалось, что проблема радона удивительным образом сопряжена с комплексом физических процессов на Солнце, и это породило новые подходы к пониманию механизмов солнечно-земных связей.

¹ Анисимов Б. В. // Пробл. космической биологии. 1980. Т. 42. С. 68—80.

Важность проблемы влияния солнечной активности на земную природу и социальные процессы еще недостаточно понята научной общественностью. Порой даже у серьезных естествоиспытателей, не являющихся, однако, специалистами в данной области, вызывает недоумение сама постановка вопроса о воздействии образующихся на Солнце темных пятен на земные процессы.

А между тем эти пятна есть проявление мощных физических процессов в недрах звезды. Размеры таких пятен в десятки раз превышают диаметр нашей планеты. И рядом с ними происходят грандиозные взрывы — солнечные хромосферные вспышки. Во время вспышек выделяется энергия 10^{24} — 10^{25} Дж, и в межпланетном пространстве распространяются ускоряющиеся корпускулярные потоки, жесткое рентгеновское излучение, горячая намагниченная плазма и формируемая ею ударная волна. Импульсы солнечной активности создают ионизацию и молекулярные изменения в высоких слоях земной атмосферы; вызывают геомагнитные бури — механизмы этих процессов достаточно хорошо изучены. Иначе обстоит дело с пониманием взаимодействия солнечных пятен с такими явлениями, как эпидемии и эпизоотии, погодные катаклизмы, внезапные смерти, взрывы общественных возмущений.

Цепочка солнечно-земных связей прослеживалась, как уже упоминалось, до нестабильных процессов в магнитной оболочке планеты, изменений в верхних слоях атмосферы. Но как эти изменения влияют на биосферу? В отличие от образующихся на больших высотах ионов и молекулярных соединений геомагнитные возмущения достигают обитаемой земной поверхности, однако их можно сравнить с мелкой рябью на поверхности глубокого пруда. Для одной категории исследователей малость этих возмущений оказалась достаточным основанием для отказа от эмпирических фактов, указывающих на «вмешательство» Солнца в земные дела. Другие впали в «ересь» избыточности, вводя загадочные излучения, идущие от Солнца, или конструируя странные теории о биологически эффективных слабых магнитных полях при неэффективности сильных. Априори нельзя отвергать ни первого, ни второго подходов, но с позиций современной науки, логичнее проверить возможность объяснить изучаемые эффекты в рамках известных физических явлений, считая, например, что гелиогеомагнитные возмущения влияют на биосферу

через сложные экологические и климато-метеорологические цепочки.

Позволю себе предложить следующий принцип: слабый космический сигнал только тогда биологически эффективен, когда он может трансформироваться в экологически активную форму и находит в биологической системе адекватный усилитель. (О ярком проявлении этого принципа будет сказано ниже.)

Все живое на планете подвержено воздействию фоновой ионизирующей радиации, составными частями которой являются галактические и солнечные космические лучи и γ -излучение земной коры. На земной поверхности космические лучи и γ -радиация литосферы вместе создают 5,5 пары ионов в 1 см^3 за 1 с. За счет радона и продуктов его распада в том же объеме за секунду возникает 4,5 пары ионов при концентрации этого газа всего $1,3 \times 10^{-13}$ Ки/л (4,8 Бк/м³). Такая концентрация радона характерна для условий хорошей погоды и спокойного геомагнитного поля, и ее можно считать минимальной.

Интенсивность космических лучей на уровне моря практически неизменна. Незначительные понижения интенсивности галактической составляющей редки и случаются не каждый год. Интенсивность солнечных космических лучей меняется несколько раз за 11-летний цикл солнечной активности, но не более, чем на 20 %, а значит, и они не могут считаться переменным во времени и достаточно эффективным экологическим фактором. γ -излучение земной коры тоже практически постоянно во времени и в пространстве (исключение составляют отдельные небольшие территории, подобные монацитовым пляжам индийского штата Керал).

Что касается атмосферной концентрации радона, то она колеблется в широких пределах. В Ташкенте, к примеру, концентрация радона несколько раз в месяц в 10—30 раз превышает минимальный уровень — это настоящие радоновые бури². В Вашингтоне дневная концентрация этого радиоактивного газа менялась более чем в 100 раз³.

Радон поступает в атмосферу из грунта. Если поверхность покрыта дождевыми или талыми водами, выход радона заметно снижается. При отсутствии вертикального

² Шемь-заде А. Э. // Атомная энергия. 1967. Т. 23. № 1. С. 80—823;

Шемь-заде А. Э. // Гигиена и санитария. 1971. № 5. С. 111—114.

³ Lockhart L. B. // Naval Res. Lab. Rept. 1958. V. 5249.

перемешивания воздуха и в туманную погоду выходящий в атмосферу радон застаивается в приповерхностном слое воздуха толщиной в несколько сотен метров. Однако ни отдельные метеорологические факторы, ни их циркуляционные комплексы не объясняют наблюдаемых изменений уровня содержания радона в приземном слое атмосферы, не позволяют предсказать наступление радоновых бурь.

На III конференции молодых специалистов Института земного магнетизма и распространения радиоволн АН СССР в 1970 г. я сообщил, что изменения уровня концентрации радона и продуктов его распада в атмосфере управляются геомагнитными возмущениями, в то время как метеорологические факторы оказываются лишь шумами.

Проанализировав данные по радоновой радиоактивности атмосферы, полученные в Средней Азии, Прибалтике, Подмосковье, Швеции, удалось выявить корреляции уровня радоновой радиоактивности приземной атмосферы с солнечными и геомагнитными процессами в различные годы и в разных регионах планеты. Этот вывод подтверждается методами дисперсионного, корреляционного, регрессионного анализа.

МАГНИТОСТРИКЦИОННЫЙ МЕХАНИЗМ

Рассмотрим механизм, за счет которого солнечно-геомагнитные возмущения могут менять газовый состав приземной атмосферы, а также литосферных полостей, как воздушных, так и заполненных водами. Концентрация радона в микропорах горных пород (например, обычных гранитов и базальтов) достигает 10^7 — 10^6 Ки/л ($0,5$ — $5,0 \cdot 10^7$ Бк/м³), что в миллионы раз выше, чем в приземной атмосфере. Этот радон, как показали расчеты, вследствие магнитострикционного сжатия — растяжения в высокочастотном поле геомагнитных возмущений выжимается из выходящих на поверхность микропор¹. Магнитострикция, происходящая в постоянном по величине главном магнитном поле Земли под действием его малых возмущений, называется обратимой, ее амплитуда пропорциональна содержанию магнетита в породе (обычно до 4%), а частота определяется частотой геомагнитных вариаций.

При амплитуде геомагнитных воз-

мущений H и их периоде T концентрация радона дается соотношением

$$A = k(H/T)Qt + A_0,$$

где A_0 — начальная концентрация; Q — резонансная характеристика (добротность) горной породы — ее величина порядка 10^3 — 10^4 ; t — длительность геомагнитных возмущений; k — коэффициент, зависящий от концентраций в породе магнетита и радона.

Лабораторный опыт, свидетельствующий в пользу нашей концепции, провели в 1981 г. американские ученые, подвергшие одноосевому сжатию кусок гранита и зарегистрировавшие интенсивное выделение радона⁵.

Амплитуда магнитострикционного сжатия горных пород в поле геомагнитных возмущений очень мала, но эффективность «выжимания» радона обусловлена, во-первых, их высокой частотой, а во-вторых — высокой концентрацией радона в порах (если в столбе атмосферного воздуха высотой 1 км размешать слой воздуха из таких пор толщиной всего 1 мм, то концентрация радона в этом столбе возрастет по сравнению с характерной для спокойного геомагнитного поля в 10 раз).

РАДОН И СИНДРОМ СТРЕССА

Радон хорошо растворяется в крови и лимфе, и поэтому очень скоро после увеличения концентрации в окружающей атмосфере концентрация его в человеческом теле составляет около 50% концентрации в воздухе. А в некоторых важных органах, регулирующих жизнедеятельность, радон накапливается в количествах, во много раз превышающих его среднюю концентрацию. При ингаляционном поступлении радон и продукты его распада наибольшее влияние оказывают на гипофиз и надпочечники, поглощенная доза в которых в 10—12 раз выше, чем даже в дыхательных путях⁶.

В. Фрей исследовал реакцию людей на суточный ход содержания радона в атмосфере и на возрастание концентрации радона во вдыхаемом воздухе при переезде в соответствующую местность. Как в пред-

⁵ Holub R. F., Brady B. T. // J. of Geophys. Res. 1981. V. 86. P. 1776—1784.

⁶ Henn O. // Strahlentherapie. 1954. B. 94. S. 441; Андреев С. В. // Гигиена и санитария. 1973. № 11. С. 110.

⁷ Frey W. // Med. Klinik. 1956. B. 51. S. 577.

¹ Шемьи-заде А. Э. Космос и метеорология. М., 1987. С. 163—166.

рассветные часы, когда повсеместно отмечается максимум на кривой суточного хода, так и после прибытия в район с высоким содержанием радона в приземном воздухе уменьшается минутный объем сердца. Норма восстанавливается, как правило, через 1,5—2 ч. Автор связывает это с реакцией коры надпочечников на вдыхаемые радионуклиды и проводит аналогию с синдромом стресса, в основе которого влияние на систему гипофиз — кора надпочечников. Напомним, что гипофиз — главная железа внутренней секреции, регулирующая деятельность других желез и управляющая процессами обмена веществ. Надпочечники, в частности их корковый слой, выделяют гормоны, которые тоже регулируют обмен веществ и участвуют в реакции стресса. Таким образом, система гипофиз — кора надпочечников (гипофизарно-адреналовая система), которая, как выяснилось, является главным «депо» радона и весьма чувствительна к изменениям его содержания в окружающей среде, играет важнейшую роль в сохранении равновесия вегетативной нервной системы, в способности организма адаптироваться при неблагоприятных воздействиях, как физических, так и эмоциональных.

Можно ли, однако, считать адапционный синдром, возникающий при спровоцированном радоном стрессе, безусловно вредным для любого организма? На ранних стадиях развития этого синдрома здоровый организм взбадривается, мобилируются его защитные и приспособительные функции. Но если организм больной, одряхлевший или несформировавшийся (младенческий), то даже при незначительном возбуждении гипофизарно-адреналовой системы возможны трагические исходы. Поэтому на вопрос, вредны ли магнитные и радоновые бури, ответ не может быть однозначным.

Мы уже знаем, что радон и его дочерние изотопы являются основным фактором, способствующим ионизации приземной атмосферы, причем фактором переменным. Увеличение при геомагнитных возмущениях содержания радона и продуктов его распада (радиоактивных изотопов полония, висмута, свинца) изменяет химический состав воздушной среды. Рост же концентрации аэроионов меняет ее физическое состояние. Радиоактивные атомы и аэроионы действуют на организмы совместно, усиливая влияние физико-химических флуктуаций воздушной среды на биосферу.

Таким образом, вызываемые Солнцем колебания магнитного поля Земли транс-

формируются в литосфере в радоновый импульс, который в сочетании с аэроионами может непосредственно влиять на гипофизарно-адреналовую систему живых организмов. Это и есть упомянутый случай яркого проявления сформулированного выше принципа экологичности космических сигналов.

РАДОНОВЫЕ БУРИ И ЭВОЛЮЦИЯ

Существование биосферы поддерживается благодаря энерго- и массообмену с окружающей средой. Изменения в радоново-аэроионном поле среды обитания не могут сколько-нибудь значительно изменить количество энергии в окружающей среде. Зато радон меняет способность организмов потреблять, усваивать и перерабатывать поступающую энергию и массу (уже упоминалось о роли гормонов гипофиза и надпочечников в регуляции обмена веществ), меняет их поведенческие реакции, влияет на их адаптационные возможности (известна роль гормонов названных желез в сохранении вегетативного равновесия).

Биологи и медики сообщают о подверженности биосферы влиянию периодической секторной структуры межпланетного магнитного поля. У границ секторов резко возрастают скорость и плотность солнечных корпускулярных потоков, что вызывает циклические (внутри 27-дневного солнечного календаря) геомагнитные возмущения. Нами показано, что с циклическостью в 27 дней меняется и концентрация радона в приземной атмосфере. Кроме 27-дневной циклическости существует и хорошо известный 11-летний цикл солнечной, а следовательно, геомагнитной и радоново-аэроионной активности. Циклическость радоново-аэроионных возмущений подразумевает циклическость возбуждения гипофизарно-адреналовой системы позвоночных (для организмов низших ступеней возможен другой механизм передачи радоново-аэроионного импульса), т. е. формируется пространственно-временная структура биосферы, с различными изменениями в поведенческих реакциях, интенсивности размножения и т. п.

В популяциях изменения физиологического состояния и поведения особей в силу своего рода «коллективных взаимодействий» могут принимать качественно новые формы. Вызываемые возмущениями в радоново-аэроионном поле изменения потребности в пище, агрессивности, про-

цессов размножения, миграций и т. д. могут существенно менять состояние отдельных регионов. Растительный мир также может вовлекаться в этот процесс. Известно, что почвенный радон оказывает влияние на развитие растений, воздействуя на их корневую систему. Можно предположить, что при изменении дозы ионизирующей радиации, поглощаемой в корневой системе, в некоторых растениях меняется количество биологически активных веществ, алкалоидов. Роль геохимических факторов среды в продуцировании растениями биологически активных веществ уже отмечалась в литературе⁸.

Действует ли в биосфере, как в единой системе некий аналог гипофизарно-адреналовой системы организма, избирательно накапливающий эффекты внешних полей и оказывающийся тем самым одним из важнейших регуляторов ее функционирования? Условия, в которых находятся различные участки земной поверхности, могут сильно различаться по интенсивности выхода радона из грунта. Это может быть связано с мозаичностью воздействия геомагнитных возмущений на различные участки, причем такая мозаичность переменна во времени. Кроме того, регионы различаются содержанием в земной коре урана, тория, радия, своими ферромагнитными характеристиками.

Мозаичность может формироваться и начальными погодными условиями, так или иначе влияющими на выход радона в приземную атмосферу и на перемешивание воздушных слоев. Иными словами, территория планеты представляет собой совокупность площадок, находящихся в том или ином (из множества возможных) состоянии, причем каждая площадка может переходить из одного состояния в другое. Географические и геологические особенности региона (площадь акваторий, радиоактивность пород, глубина их залегания, особенности биогеоценозов и т. п.) определяют веса этих состояний и даже могут запрещать некоторые из них. В разных состояниях одни виды угнетены, другие благоденствуют. Различные регионы оказываются по-разному обеспечены пищей, теплом на различных уровнях населенности, физиологической и эмоциональной активности.

⁸ См., например: Биологическая роль микроэлементов. М., 1983.

Такая лоскутная поверхность подвержена воздействию повторяющихся гелиогеомагнитных процессов. Поступающие в биосферу радоново-аэрионные импульсы с достаточно высокими амплитудами, попадая при некоторых условиях в уже возмущенную систему, могут вызывать нелинейные эффекты. В результате отдельные части системы могут оказаться в неравновесном, хаотическом состоянии, выражающемся, например, в таких явлениях, как массовые размножения, параноические миграции, эпизоотии. Выходя из неравновесного (бифуркационного) состояния, эти подсистемы стабилизируются на другом, возможно более высоком уровне организации.

Таким образом, не исключено, что физические процессы, происходящие на Солнце, через причинно-следственные цепочки земных физических процессов могут являться одним из движущих механизмов эволюции.

Влияние солнечной активности на жизнь людей, социальные процессы, видимо, необязательно вредоносно, но именно его негативные проявления прежде всего привлекают внимание исследователей. Проблема связей Солнце — биосфера безусловно требует серьезного изучения подобающими научными силами. Нужна междисциплинарная проблемная лаборатория по изучению динамики радона в окружающей среде и его экологической роли.

Население страны необходимо информировать об опасностях, связанных с радоном. Люди должны быть уверены, что они защищены не только от техногенных радиоактивных загрязнений, но и от природных радиоактивных изотопов. С 1975 г. автор в научной печати, на научных форумах, в газетах и журналах обосновывал необходимость защиты от радона хотя бы таких наиболее уязвимых категорий населения, как дети и люди, страдающие сердечно-сосудистыми и нервными заболеваниями, предлагал конкретные защитные меры. Но при полном понимании актуальности проблемы коллегами не получил поддержки чиновников, ведающих наукой. Можно ли надеяться, что переименованная Академия наук и различные новые комитеты и комиссии по науке изменят отношение к проблеме радона, признанной в цивилизованных странах одной из важнейших экологических проблем?

В горах Корейского полуострова

В. И. Некрасов,
доктор биологических наук

А. И. Макридин
Главный ботанический сад РАН
Москва

РЕШЕНИЮ многих задач ботаники, таких как изучение формирования растительных сообществ и их развития в различных природно-климатических условиях, выявление полезных свойств растений, сохранение флоры и растительности, способствует интродукция растений, т. е. переселение их за пределы естественного ареала и выращивание в новых условиях. Без знания законов интродукции невозможно пополнить местную флору новыми хозяйственно ценными видами. Из огромного числа видов высших растений природной флоры человек до сих пор использует немногим более 0,5 %, хотя «выводить дикарей на поля» начал еще в доисторическое время, на заре цивилизации.

Стихийное переселение растений может обернуться крупными неприятностями, например, вытеснением местных видов агрессивным, но малоцен-

ным пришельцем. Иное дело, если ему предшествует тщательное изучение вида, условий его обитания на родине, потенциального влияния на биоценоз, в котором предстоит жить. Для этого и устраиваются ботанические экспедиции в те или иные флористические провинции, чтобы собрать образцы растений и пополнить ими ботанические коллекции, изучить и ввести в культуру полезные виды.

Поиском и привлечением растений занимаются ботанические сады, в них и сосредоточены растения из разных географических зон Земли. Сейчас ботанические сады становятся местом, где сохраняется генофонд редких представителей дикой флоры.

Одна из интересных во флористическом отношении областей — Корейский полуостров. В нескольких природных районах этого по большей части горного ландшафта мы бывали трижды: в 1986, 1987 и 1990 гг.

Флора северной части Корейского п-ва привлекательна тем, что принадлежит той же флористической провинции (Маньчжурской), что и флора Дальнего Востока. Многие виды растений, например орех маньчжурский, дуб монгольский, береза каменная, кедр корейский, сосна густоцветная, растут и в Корее, и в Приморье. Дальний Восток для них — северная окраина ареала. Максимальное разнообразие их генофонда сосредоточено в центральных районах ареала — Корее и Китае, где растения находятся в оптимальных жизненных условиях. Изучив одни и те же виды с окраин и из центральной области их естественного распространения, можно определить экологическую амплитуду и диапазон изменчивости морфологических признаков.

Неотъемлемая часть пейзажей Страны утренней свежести, как называют Корею ее жители, — горы, сопки, невысокие



Побеги сосны жесткой, интродуцированной в Корею, образующиеся на стволе, — характерная черта этого вида.

Главная лесная порода Корейского п-ва — сосна густоцветная.



Роза морщинистая. В природе она растет только в узкой прибрежной полосе Тихого океана.

холмы и небольшие долины. Корейцы бережно относятся к каждому клочку земли пригодному для сельского хозяйства, поэтому равнинные участки заняты в основном затопленными водой рисовыми полями, много их¹ и на

Заросли бамбука в окрестностях оз. Самильхо.



тщательно террасированных пологих склонах сопок. С естественной растительностью Кореи можно познакомиться только в горных районах.

Часть Корейского п-ва, лежащая южнее широты Пхеньяна, относится к другой — японо-корейской флористической провинции. Многие ее виды в систематическом отношении близки нашим дальневосточным, но есть и эндемики. Хотя они и не встречаются в других регионах, тем не менее могут представить интерес для интро-

дукции, так как одни из них очень декоративны, другие пригодны в пищу, третьи обладают лечебным действием.

Один из районов Кореи, который мы обследовали, — горы Кымгансан (в переводе с корейского — алмазные). Эти горы входят в систему Восточно-Корейских гор — параллельных хребтов, протянувшихся с севера на юг вдоль восточного берега полуострова. В северных отрогах хребта Тхэбэк и находится Кымгансан. Горы эти очень живописны и богаты растениями, но невысоки: высшая точка — пик Пиро — достигает всего 1638 м над ур. м.

Здесь гармонично сочетаются покрытые хвойными и широколиственными лесами склоны, причудливые скалы, горные перевалы, глубокие ущелья. Отвесные каменные стены и скальные обнажения обступают бегущие внизу горные реки, множество водопадов и небольших прозрачных озер дополняют прекрасный пейзаж. Растительность здесь многообразна, в горах как бы встречаются южная и северная флоры полуострова. Из более чем 1000 видов растений, среди которых 714 видов цветковых, стоит упомянуть магнолию Зибольда, пихту цельнолистную, рододендрон Шлиппенбаха, клены ложнозобольдов, зеленокорый, маньчжурский, Моно — представителей маньчжурской флоры. Непременный компонент ландшафта Кымгансана — хвойные: сосна густоцветная, кедр корейский, можжевельники корейский и сибирский.

Богатством флоры и красотой ущелье Оннюдон превосходит все другие места в Кымгансане. Горная река разливается в долине несколькими озерами, но вскоре низвергается с 70-метровой отвесной скалы, поднимая водяную пыль над бурлящим бассейном. Это водопад Курен (семь драконов), знаменитый и за пределами Кымгансана. Ниже по реке лежит самое большое в ущелье озеро Ренчжудам.

Склоны нижней части ущелья покрыты дубово-липовыми и дубово-кленовыми лесами. Дубы монгольский и зубчатый в них наиболее часты, как и во всем нижнем поясе гор. Один из самых обычных кленов



Скалы Манмульсан.

Кымгансана, а их здесь пять видов, — ложнозибольдов. Его красивые нежно-зеленые неглубоко разрезанные листья с мелкими косыми зубчиками по краю осенью раскрашиваются в разные цвета — от ярко-желтого и розово-красного до темно-пурпурного. Другие клены осенью выглядят гораздо скромнее, но вместе с ложнозибольдовым придают горным склонам вид пестроцветных ковров.

Выше по ущелью попадаются 200—300-летние рощи сосны густоцветной — самой распространенной хвойной породы северной части Кореи, еще выше — кедр корейский, пихта цельнолистная. В смешанных хвойно-широколиственных лесах крупными размерами выделяются граб корейский с густой темно-зеленой кроной и серебристо-серой корой, береза железная с почти черным стволом, магнолия Зибольда, орех маньчжурский, а подлесок образует калина вильчатая с крупными (до 25 см в диаметре) и округлыми опушенными листьями, рябина смешанная, сирень широколистная с фиолетово-лиловыми цветками в ко-

нических соцветиях, весьма декоративный боярышник перистонадрезанный, выделяющийся среди других кустарников ярко-зелеными листьями, белыми цветками, розовеющими к концу цветения, и блестящими красными плодами. Здесь встречаются и несколько видов бензойного дерева из рода *Benzoïd*, насчитывающего около 60 видов в субтропических и тропических областях Юго-Восточной Азии. Многие из перечисленных растений встречаются в лесах Сихотэ-Алиня и Южного Приморья.

Скалы Манмульсан (десять тысяч чудес) вполне оправдывают свое название. Это отвесные каменные стены с многочисленными выступами самых причудливых очертаний, гребни многих вершин увенчаны скальными зубцами. В середине Манмульсана возвышается (936 м над ур. м.) вершина Чхонсондэ (небесная девушка). Чтобы добраться до нее, надо пройти узкую расщелину — каменные ворота Хамур.

Растительность Манмульсана и ущелья Оннюдон имеет много общего: обилие скальных растений, рододендронов, в мае буйно цветущих. В подлеске часто встречается вейгела ко-

рейская, густо усыпанная нежно-розовыми цветками. По пути к скалам Манмульсан мы обнаружили лилию прелестную (*Lilia amabile*). Это великолепное луковичное растение, достигающее метровой высоты, впервые было описано в 1901 г. русским ботаником И. В. Палибиным в окрестностях Сеула. Ярко-оранжевые крупные цветки лилии, похожие на чалму, собраны в кистевидные соцветия. Устойчивость к заболеваниям дает возможность использовать этот вид в гибридизации для выведения новых сортов. Сейчас лилия прелестная украшает коллекцию нашего ботанического сада.

Живописностью славится в Кымгансане и оз. Самильпхо, образовавшееся в низовье р. Нам за счет разрастания песчаной косы, отрезавшей залив от моря. Как напоминание о прошлом на песчаных дюнах алеют цветками кусты розы морщинистой. В природе она растет только на берегу океана, но в озеленении используется далеко за пределами приморских местностей — в поселках и городах Европы и Америки.

Вершины Чалгундэ и Ренхвада увенчаны беседками в национальном стиле, из которых открываются виды на озеро и покрытые сосновым и сосново-дубовым лесом горы, песчаную косу, обрамленную синью Японского моря. В подлеске много видов леспедецы — декоративных бобовых растений, таволги, густо ошетилившегося колючками сассапарилля, вейгелы корейской. Обычен здесь и колючий кустарник из семейства рутовых — фагара, из семян которой корейцы получают масло для лечения туберкулеза, а листья используют при квашении капусты (это кимчи — национальное корейское блюдо).

Дерева китайская, или лициум, интродуцированная в южных районах Украины, здесь растет естественно. Она очень красива и летом, и осенью: ее пурпурно-фиолетовые цветы сменяются кораллово-красными ягодами. Семена богаты витаминами и используются в Корее для снижения кровяного давления и содержания сахара в крови, улучшения функции печени, а также как тонизирующий препа-



Лес из сосны густоцветной.

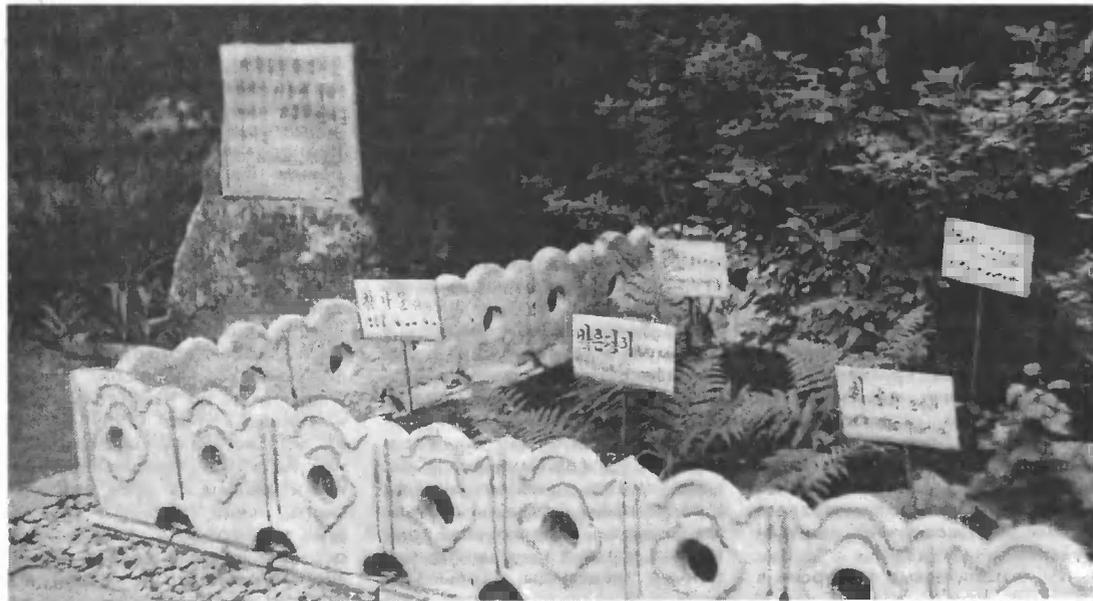
рат. В восточной медицине дерева славится как хорошее средство омоложения.

В лесах Кымгансана часто встречаются необычные для нас древесные растения. Это, к примеру, декоративный кустарник — палюра корейская, во время цветения усыпанный множеством ароматных нежно-белых

цветов; бензойное дерево, или линдера, — вид, близкий известному всем лавру благородному. На одном побеге этого деревца листья различны по очертанию: одни овальные с заостренной верхушкой, другие имеют неправильной формы лопасти. Из листьев и побегов линдеры получают масло с приятным запахом, пригодное для изготовления типографской краски. Другой вид — линдера стрихнолистная, растущая не только в Корее, но и в Южном Китае, на Тайване, севере Японии, — лекарственное растение. Ее экстракты используют для лечения желудочных заболеваний, некоторые препараты снимают головноекружение и сердечную боль.

Другой природный район Кореи, в котором мы познакомились с флорой и собирали растения, — гора Зансувон (гора богатырей) на юго-западной окраине Пхеньяна. Зансувон покрыта в основном сосной густоцветной; которая из-за бедности и сухости почвы довольно низка — высота 100-летних деревьев едва достигает 12 м. В середине мая молодые побеги сосны густо усыпаны пыльниками и женскими шишечками. Корейцы получают очень питательную и целебную пасту, смешивая заготовленные пыльниковые колоски с медом. Кроме сосны здесь растут дубы: монгольский,

Экспозиция полезных растений в горах.





Водопад в Мехянсане — одном из живописнейших районов Корейского п-ва.



Цветет рододендрон Шлиппенбаха.

гладкие с короткими лопастями листья которого скручены на концах побегов, и зубчатый, с мохнатыми от опушения побегами и крупными (на порослевых ветвях до 34—40 см длиной) широковолнистыми по краю листьями; видимо, одичавший каштан китайский, ясень носолистный, осина. Во втором ярусе встречаются ольха пушистая с гладкой коричнево-бурой корой, мелкоплодник ольхолистный, чьи мелкие, похожие на яблочки плоды приятны на вкус; абрикос маньчжурский — зимостойкий вид со съедобными плодами, представляющий интерес для селекции. В подлеске распространены красиво цветущие кустарники — леспедеца Максимовича, рододендрон Шлиппенбаха, жимолость раноцветущая, тонколиственный и корейский чубушники, а также ива козья. Выделяется темно-зеленой хвоей можжевельник корейский.

Ботанические экскурсии в

сосновый лес с дубом монгольским и можжевельником в подлеске вблизи оз. Тэсон, что в 40 км к юго-западу от Пхеньяна, были для нас весьма продуктивными: мы собрали более 40 видов местной флоры для коллекции нашего ботанического сада. Хотя многие из этих видов и выращиваются у нас, корейские сборы дополнили коллекцию образцами из нового географического района и увеличили численность интродуцированных у нас популяций растений из других природных условий.

Дважды мы побывали в одном из живописнейших районов полуострова — горном массиве Мехянсан (ме — красота, хян — благовоние, сан — гора), лежащем в 110 км к северо-востоку от Пхеньяна. Каждое ущелье здесь отличается своеобразным скально-лесным ландшафтом, непримечательный компонент которого — многочисленные водопады. Только в

ущелье Манпхок их более 30. Историческая достопримечательность этого района — древний буддийский храм Похен, основанный в XI в. Сохранились павильоны и древние каменные 8- и 13-ярусные пагоды, сооруженные в XI и XIV вв. На территории храма много интродуцированных монахами деревьев более чем 400-летнего возраста. Среди них шелковицы, пихты, магнолии. В природной флоре Мехянсана более 600 видов высших растений.

Маршруты для сбора ботанического материала и знакомства с основными типами растительности проходили также по ущельям Чхильсон, Санвон и др. Тропа по Чхильсону ведет к высшей точке (1909 м над ур. м.) массива Мехянсан. В нижней части горы покрыты лиственными лесами из дуба монгольского, ясеня носолистного, листья которого на верхушке заострены как клюв, вяза корейского, цветущего не весной, а в



Вейгела
корейская
в цвету.

конце лета, ореха маньчжурского, разных видов кленов. По стволам деревьев поднимаются лианы: актинидия острая со стеблями 5—8-сантиметрового диаметра, древогубцы, словно удавы, обвивающие ствол, служившие им когда-то опорой, виноград амурский. В подлеске разнообразны кустарники, среди которых попало небольшое деревце рододендрона Шлиппенбаха высотой 3,5 м (обычно он имеет кустовидную форму).

Выше склоны ущелья заняты сосняками из вездесущей сосны густоцветной, здесь более рослой, чем на каменных сопках (диаметр 36—40 см). С сосной нередко растут береза каменная, пихта белокорая. Во втором ярусе, достигая высоты 20—22 м, поднимает крону мелколистная форма клена Моно, обильно усеянная розовыми крылатками, клен ложнозибольдов, стволы которого на много толще (14—16 см), чем обычно (8—10 см).

Возле водопада Сачха, срывающегося 12-метровой бур-

лящей лентой с высоты 69 м, растет небольшая роща тополя корейского, забравшегося на 720 м над ур. м. Мы заготовили его черенки, которые впоследствии укоренили в парнике, и этот вид пополнил коллекцию дендрария нашего ботанического сада. Выше по ущелью, в предальпийской зоне, обнаружили заросли биоты восточной — голосеменного растения, которое встречается и в горах Средней Азии, но чрезвычайно редко. К сожалению, семян в шишках не оказалось, они обычно выпадают осенью, поэтому нам пришлось ограничиться гербарными образцами и черенками для вегетативного размножения.

В сосново-дубовом лесу, расположенном на северных склонах вдоль р. Хянсан, наши сборы пополнились более чем 30 образцами семян, в том числе семенами чины Давида, — вида из семейства бобовых, декоративного кустарника надрезаннолистной стефанандры, привлекательной своей легкой ажурной кроной и изящными соцветиями, двух видов боярышника.

В ущелье Санвон рядом с туристской тропой создана живая экспозиция 14 полезных дикорастущих видов (которые использовали в этих местах корейские партизаны), употребляемых в пищу, лекарственных и обладающих антисептическим действием. В этом же ущелье, в окрестностях скалы Инпхо, растет высокоствольный сосново-дубовый лес, густоцветная сосна достигает в нем 30-метровой высоты. Это настоящий мацтовый лес. Дуб зубчатый — наиболее декоративный из дубов — с огромными листьями, окрашивающимися осенью в желто-оранжевые тона и долго сохраняющимися на ветвях, чуть ниже сосны — 25—27 м, но это его рекордная высота.

Окрестности о. Йонпхун, расположенного в 60 км от Пхеньяна, представляют собой сопки, поросшие дубово-ясеневым лесом, в котором есть шелковица атласная (ее листья, как и листья дуба зубчатого, идут на корм шелколичным гусеницам), сумах волосистоплодный, ядовитое, но ценное лекарственное растение, вяз корейский — северная, а потому более морозостойкая разновидность вяза мелколистного, и секуринега полукустарниковая — очень красивый долго цветущий вид из семейства молочайных. Ее у нас культивируют как декоративное и лекарственное растение (из листьев получают алкалоид секуренин). Есть здесь и 20-летние лесные культуры лиственницы японской, интродуцированной у нас для озеленения и получения гетерозисных гибридных форм при скрещивании с европейской лиственницей. Собранный на сопках ботанический материал (семена, гербарные образцы и живые растения) были весьма интересны для разных целей.

Естественно, что кроме природной растительности нас интересовали и коллекции ботанических садов. Мы побывали в трех из них и вынесли самые хорошие впечатления. Но ограничимся здесь только кратким рассказом о природной флоре Корейского полуострова, и так, видимо, утомявшим читателя-неботаника. Для специалистов же любое знакомство с растительным разнообразием и ценно, и привлекательно.

Теория тектоники литосферных плит и геодезические измерения

Член-корреспондент РАН
П. Н. Кротошкин

ОСНОВЫВАЯСЬ на представлениях о горизонтальном перемещении жестких литосферных плит, включающих материи и примыкающие к ним части океанов, и используя данные о скорости их раздвигания в зонах срединно-океанических хребтов и ориентировке трансформных разломов, которые пересекают эти хребты и указывают направление движения плит, можно построить глобальную модель таких тектонических перемещений.

Скорость раздвигания литосферных плит определяется по ширине и возрасту зон спрединга, т. е. нарастанию океанической коры в срединных хребтах. Для этих зон характерны полосовые магнитные аномалии положительного и отрицательного знака, соответствующие былым эпохам нормальной и обратной полярности магнитного поля Земли (при обратной полярности северный магнитный полюс находился вблизи южного географического полюса). Такие изменения полярности геомагнитного поля фиксируются в остаточной намагниченности базальтов и других магматических пород, извлекающихся на дне океана и образующих при застывании океаническую кору. Поскольку длительность геомагнитных эпох хорошо известна, можно определить скорость раздвигания плит в зонах спрединга.

Увеличение площади земной коры на срединных хребтах океанов компенсируется погружением литосферы в зонах субдукции, т. е. пододвиганием океанической коры вместе с подкоровым слоем под материи и островные дуги. Зоны субдукции выражены в рельефе дна

глубокими желобами, а движению литосферных плит, погружающихся в мантию, прослеживается до глубины 300—700 км по расположению очагов землетрясений в наклонных сейсмофокальных зонах. Направление перемещений расходящихся литосферных плит, как отмечалось, всегда совпадает с ориентировкой трансформных разломов.

Базируясь на данных о скорости спрединга и ориентировке разломов, К. Ле Пишон, Дж. Минстер и другие построили несколько глобальных моделей, отражающих перемещение литосферных плит в новейшую геологическую эпоху, включая настоящее время. Эти их работы, опубликованные в 1968—1978 гг., широко известны.

А в 1990 г. была опубликована новая, наиболее обоснованная и точная модель¹, автору которой — С. де Метс, Р. Дж. Гордон, Д. Ф. Аргус и С. Штейн — назвали ее NUVEL-1. В ней учтены взаимные перемещения 12 литосферных плит за последние 3 млн лет. Это семь крупных плит: Тихоокеанская, Северо-Американская, Южно-Американская, Евразийская, Африканская, Австралийская и Антарктическая, а также пять небольших: Конос, Наска, Карибская, Аравийская и Индийская. Еще для двух выделенных ими плит — Филиппинской и Хуан-де-Фука — перемещения пока не рассчитаны.

В общей сложности для подсчетов было использовано 277 определений скорости спрединга на срединно-океаниче-

ских хребтах, 121 определение направлений движения плит по азимутам трансформных разломов и 724 вектора смещений в очагах землетрясений².

Таким образом, по геологическим и геофизическим данным была построена картина современных горизонтальных перемещений блоков земной коры. Оставалось проверить ее, сравнить с геодезическими данными, т. е. непосредственными измерениями перемещения фиксированных пунктов, расположенных на разных материках и литосферных плитах.

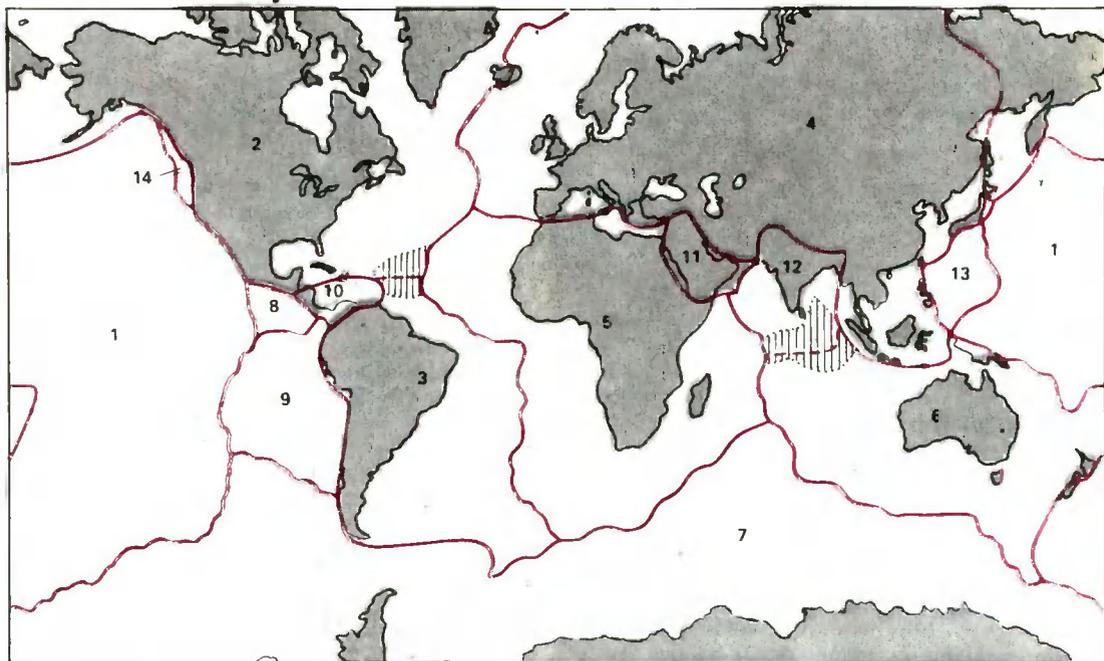
Точности геодезических измерений, достаточной для этих целей, удалось достичь лишь за последнее десятилетие, когда стали использовать лазерные определения расстояний до спутника-отражателя (спутниковая геодезия) и интерферометрию с очень длинной базой. Например, расстояние между Европой и Северной Америкой сейчас можно измерить с точностью до 1 см.

В спутниковой геодезии используется находящаяся на Земле станция, которая посылает лазерный сигнал к специально оборудованному спутнику с отражающим устройством. По времени прохождения сигнала очень точно определяются расстояние до спутника и позиция станции. Уже суммированы данные таких наблюдений на 22 станциях, расположенных на семи главных плитах, за 10 лет (1978—1988 гг.)³ и за 5 лет (1984—1988 гг.)⁴.

² Minster J.-B. // Nature. 1990. V. 346. N 6281. P. 218.

³ Smith D. E., Koltenkiewicz R. et al. // J. Geophys. Res. 1990. V. 95. N B-13. P. 22013—22041.

¹ De Mets C., Gordon R. G., Argus D. F., Stein S. // Geophys. Journ. Intern. 1990. V. 101. N 2. P. 425—478.



Разделение земной поверхности на литосферные плиты, принятое в модели NUVEL-1. Вертикальной штриховкой отмечены границы плит, нечеткие из-за деформации океанской коры. Цифрами указаны плиты: 1 — Тихоокеанская, 2 — Северо-Американская, 3 — Южно-Американская, 4 — Евразийская, 5 — Африканская, 6 — Австралийская, 7 — Антарктическая, 8 — Кокос, 9 — Наска, 10 — Карибская, 11 — Аравийская, 12 — Индийская, 13 — Филиппинская, 14 — Хуан-де-Фука.

Оказалось, что скорости движения станций, основанные на геодезических измерениях, отличаются от вычисленных по модели NUVEL-1 не более чем на 10% и близки по направлению к смещений. В среднем коэффициент корреляции между моделью и результатами измерений составляет 0,989. Более значительные отклонения отмечены только по станциям, расположенным в складчатых областях у краев литосферных плит — в Калифорнии, Японии и Перу. Это вполне объяснимо: земная кора здесь под-

вержена тектоническим деформациям, тогда как в модели литосферные плиты считаются жесткими.

Метод интерферометрии основан на измерении расстояний между радиотелескопами, которые принимают излучение от внегалактических объектов. Разница во времени поступления таких сигналов позволяет точно определить взаимное перемещение антенн радиотелескопов. Полученные результаты вполне согласуются с лазерными измерениями и предсказаниями тектоники плит⁶.

По данным спутниковой геодезии, Северная Америка удаляется от Европы со скоростью около 1,5 см/год, расстояние между Северной Америкой (Калифорнией) и Японией сокращается за год на 3,4 см, между Гавайскими островами и Японией — на 6,4 см, а между теми же Гавайями и двумя станциями в Австралии — на 6,6–9 см. В то же время на 3,6 см увеличивается за год расстояние между Калифорнией и станцией Арекипа на побережье Южной

Америки в Перу, а расстояние между о. Пасхи, расположенном на плите Наска, и этой станцией сокращается на 6,3 см. Скорость сдвигового смещения по разлому Сан-Андреас в Калифорнии определяется этим методом как 3,3 по результатам интерферометрии — 3,9, а в модели NUVEL-1 — 4,5 см/год.

Таким образом, благодаря очень точным геодезическим измерениям движение литосферных плит и дрейфа материков следует рассматривать как достоверно установленный факт. С кинематикой этих движений согласуются и глобальные особенности тектонических напряжений⁶. Однако если говорить о механизме тектонических перемещений литосферных плит и причинах сжатия или растяжения коры в различных зонах, то здесь, как справедливо отмечал В. Е. Хаин⁷, остается еще много неясного.

⁶ Кропоткин П. Н. Глобальные особенности тектонических напряжений // Природа. 1991. № 2. С. 115.

⁵ Ward S. N. // J. Geophys. Res. 1990. V. 95. N B-13. P. 21965–21981.

⁷ Хаин В. Е. Вторая молодость древней науки // Природа. 1987. № 1. С. 20–35.

⁴ Biancale R., Cazenave A., Dominik K. // Earth and Planet. Science Lett. 1991. V. 103. N 1–4. P. 379–394.

От «Титаника» до «Комсомольца»

А. М. Сагалевич

доктор технических наук

Л. И. Москалев,

кандидат биологических наук

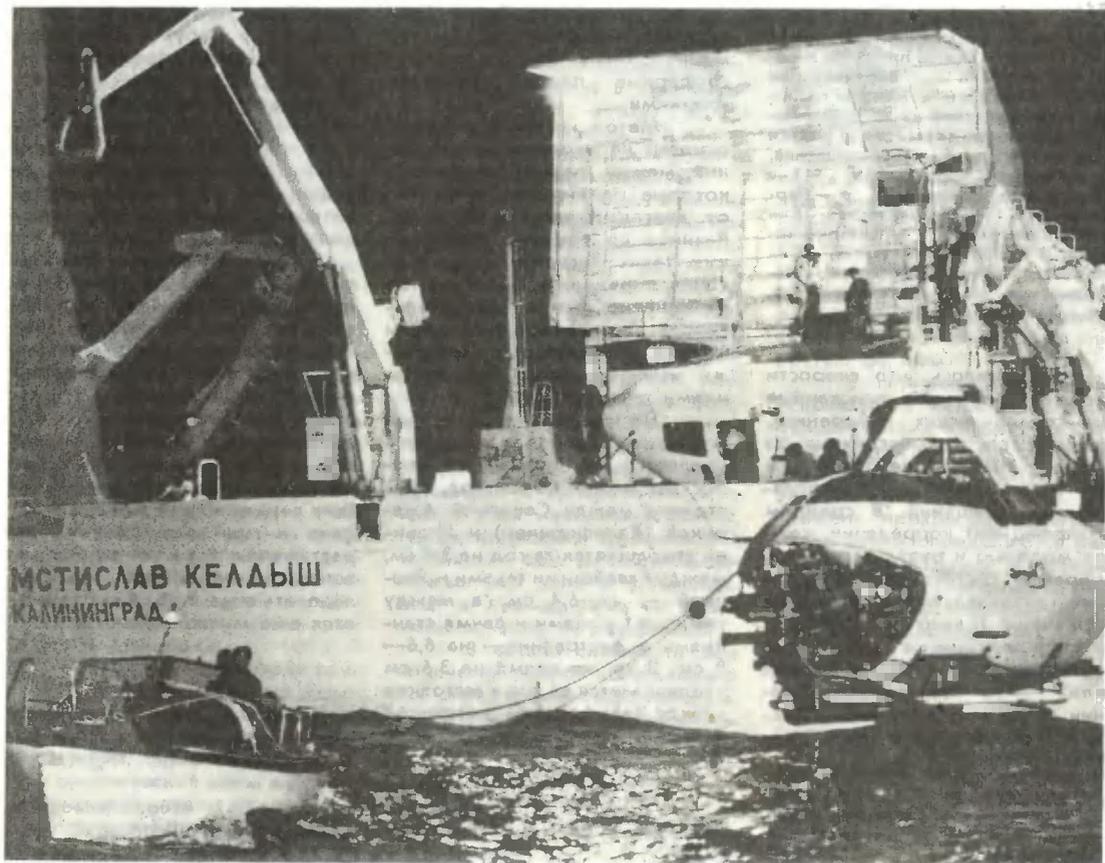
Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН
Москва

ИСТОРИЯ мореплавания неразрывно связана со статистикой кораблекрушений, которая утверждает, что за последние 90 лет в Мировом океане ежегодно погибало около 400 судов. В середине XIX в. это число превышало 3000, а в среднем за 2000 лет мореходства ежегодно гибло по 500 судов. Таким образом, на дне океанов и морей покоятся останки не менее 1 млн. кораблей, т. е. на 40 км² приходится одно затонувшее судно. Это позволяет с печалью констатировать, что следы морских катастроф, как ни парадоксально, довольно обычны на дне Мирового океана. Правда, не-

редко они замаскированы осадками, рельефом и биологическими обрастаниями; их древесные и иные части активно разрушаются морскими обитателями, но, как правило, даже приблизительное знание координат катастрофы и целенаправленный поиск современными техническими средствами все же позволяют их обнаружить. Не удивитель-

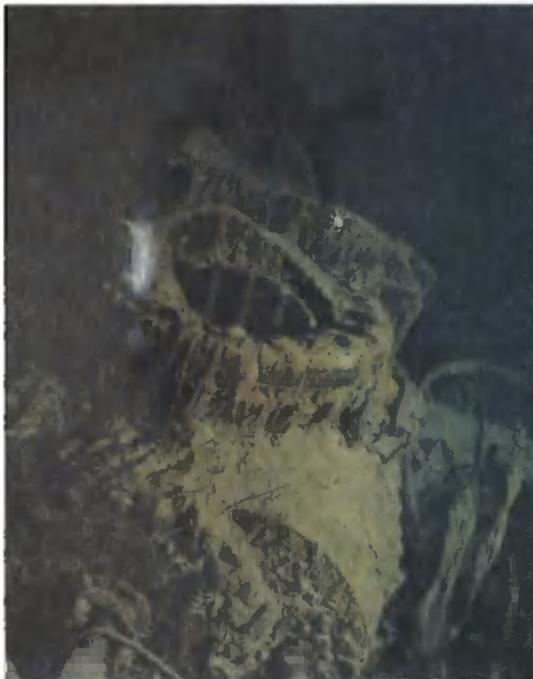
Спуск глубоководного обитаемого аппарата «Мир» с борта научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш».

Здесь и далее фото Ю. А. Володина





Носовая палуба «Титаника». Пролежав после трагической гибели 80 лет на дне океана, «Титаник» служит ныне своего рода научной лабораторией: став «точкой отсчета», он по своему состоянию позволяет судить о скорости протекающих на морских глубинах процессов.



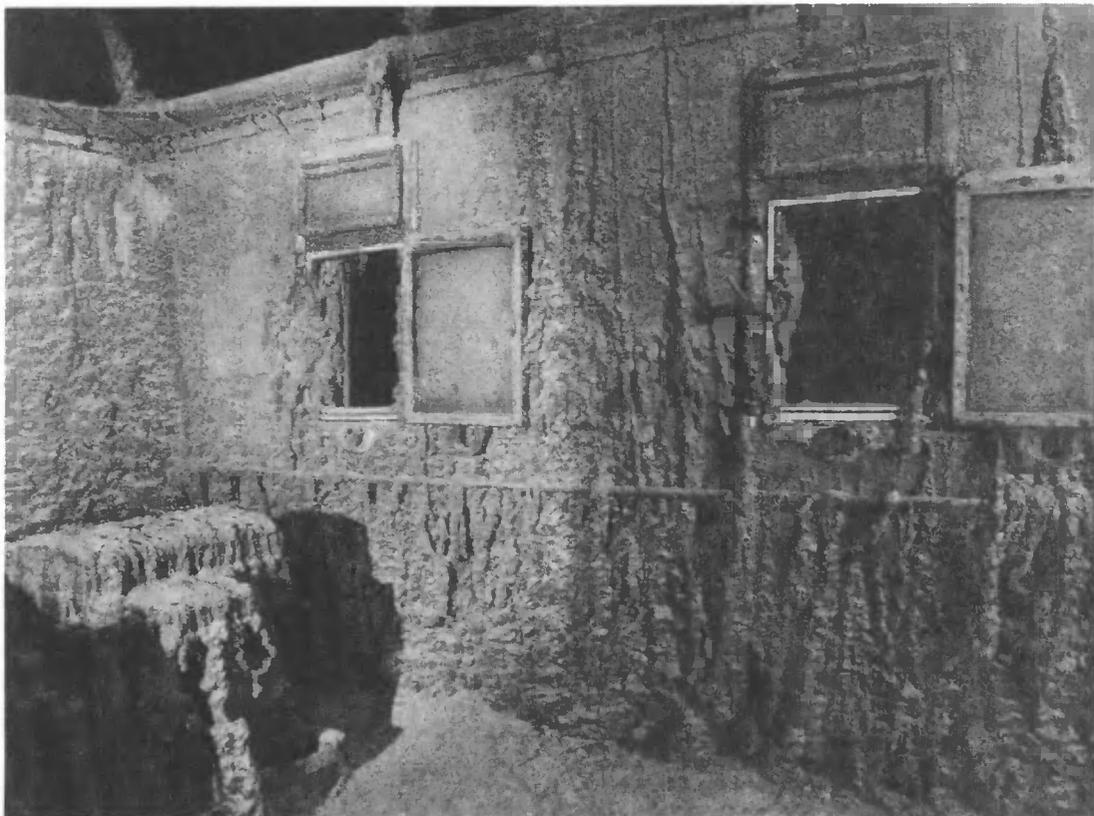
Корпус водяного насоса, выброшенный из «Титаника» при затоплении.

но поэтому, что Институт океанологии РАН получил предложения исследовать две наиболее известные жертвы кораблекрушений: крупнейший океанский пароход «Титаник» и атомную подлодку «Комсомолец». Первое предложение поступило от канадской фирмы «Имекс», специализирующейся на съемках суперширокоформатных кинофильмов и их демонстрации. К 80-летию со дня гибели «Титаника» (15 апреля 1912 г.) она планировала выпустить фильм, большая часть которого была бы посвящена его нынешнему состоянию на дне океана. К канадцам присоединился ряд фирм США. Предложение об исследовании «Комсомольца» исходило от Центрального конструкторского бюро морской техники «Рубин» (Санкт-Петербург), возглавляемого Н. Д. Спасским; сотрудников этой организации интересовали радиационная обстановка вокруг затонувшей подлодки, состояние ее корпуса, гидрологическая, геологическая и биологическая ситуации. Ответы на эти вопросы представляются важными также для Голландии и Норвегии.

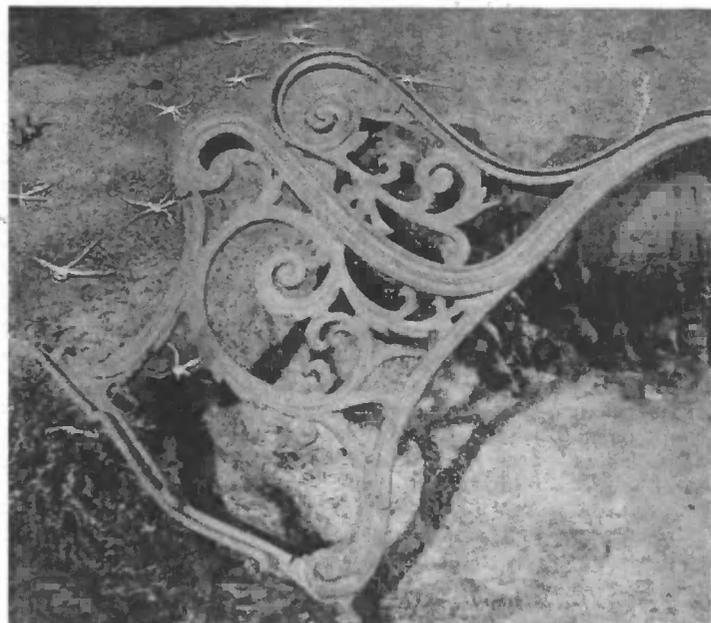
Такая работа была предложена Институту океанологии не случайно: ведь он обладает уникальным комплексом — научно-исследовательским судном «Академик Мсти-

слав Келдыш» с двумя глубоководными обитаемыми аппаратами («Мир-1» и «Мир-2») на его борту. Эти аппараты способны погружаться на глубины до 6000 м¹, доступные еще лишь трем аппаратам: «Си Клиф» (США), «Наутил» (Франция) и «Синкай-6500» (Япония). Работая одновременно, «Миры» действительно образуют уникальный комплекс, которому под силу решение сложных научных и технических задач. В распоряжении Института океанологии имеются также буксируемые аппараты «Звук-Л», оборудованные гидролокатором бокового обзора с шириной исследуемой полосы поверхности дна 1500 м, позволяющие обнаружить на глубине до 6000 м объекты размером от 5 м, а судно «Академик Мстислав Келдыш» оснащено мощными гидравлическими лебедками. Все это и определило ориентацию его двух очередных рейсов: 23-го (май — август 1991 г.) — в район гибели «Титаника», в 600 км к юго-востоку от Ньюфаундленда, и 24-го (август — сентябрь 1991 г.) — в район

¹ Подробнее см.: Михальцев И. Е. Глубоководные обитаемые аппараты «Мир» // Природа. 1988. № 6. С. 38—39.



Вид с палубы одной из офицерских кают.



Бронзовый остов кресла-качалки.

Обломки кораблекрушения стали «домом» для 24 видов морских организмов. Видны горгониевые кораллы двух видов и офиуры.

гибели «Комсомольца», в 190 км к юго-западу от о. Медвежий. В конце мая 1989 г. (через полтора месяца после катастрофы с «Комсомольцем» — 7 апреля) в этом районе уже работал «Академик Мстислав Келдыш». Именно тогда, в его 18-м рейсе, и был заложен геолого-биологический полигон, проведены первое радиационное обследование, визуальный осмотр, фото- и видеосъемки подлодки.

В гибели «Титаника» и «Комсомольца» много общего, хотя эти события разделяют 77 лет. Оба были совершенными судами своего времени, но прослужили очень короткий срок. На том, и на другом обеспеченность спасательными средствами оставляла желать лучшего. В обоих случаях погибло более 60 % находившихся на борту людей (многие — от переохлаждения в ледяной воде). К обоим вовремя не подоспела помощь...

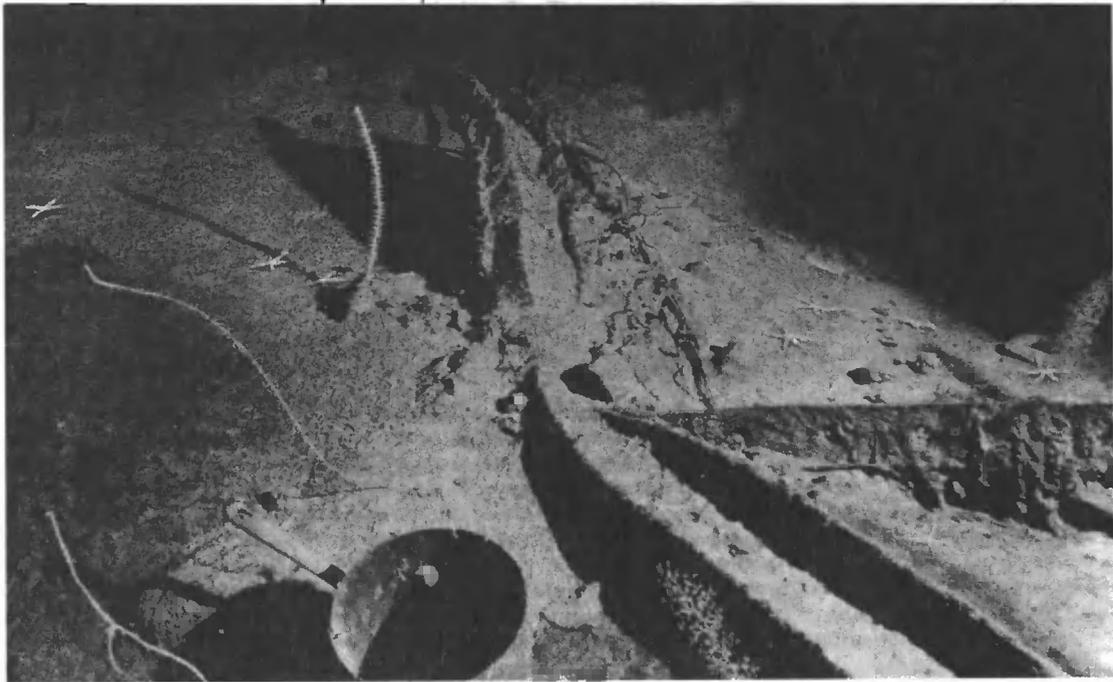
ЭКСПЕДИЦИИ К «ТИТАНИКУ»

«Титаник» рекламировался как первое и единственное в мире непотопляемое судно. Он был принят в эксплуатацию 2 апреля 1912 г., а уже 10 апреля отправился в свое первое и последнее плавание. Его размеры впечатляют и сегодня: длина 268 м, ширина 28 м, высота от киля до верха дымовых труб 54 м и т. д. На борт он принял более 2200 чел., хотя 20 его спасательных шлюпок были рас-

считаны менее чем на 1200 (но зачем «Титанику» спасательные средства — ведь он непотопляем!), однако спасется лишь около 700. Поздно замеченный айсберг «погладил» носовую часть правого борта судна. Не выдержали сталь и заклепки, разорвались шесть подряд водонепроницаемых переборок. Держаться на плаву «Титаник» был способен при двух любых затопленных отсеках, при трех и даже даже четырех затопленных носовых отсеках, но при пяти — уже не мог...

До 1980 г. все проекты по определению местоположения «Титаника» на грунте и его достижению оставались лишь на бумаге. Первые реальные попытки воплотить их в жизнь предпринял Д. Гримм (США), финансировавший три экспедиции (июль 1980 г., июнь 1981 г., июль 1983 г.), однако все они потерпели неудачу из-за погодных условий и неисправности оборудования.

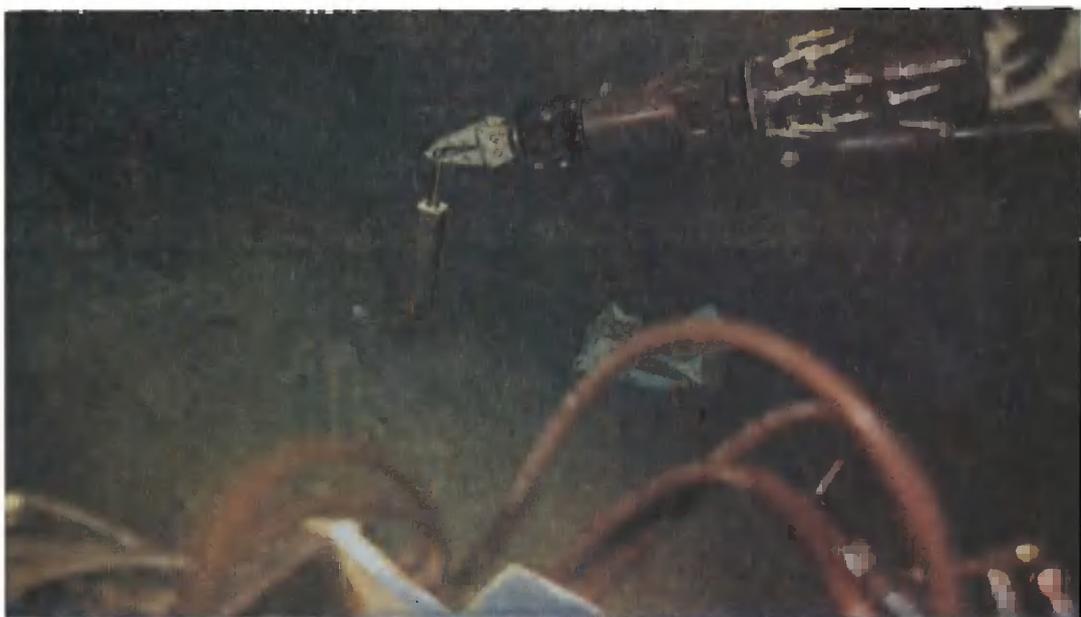
В 1985 г. в область поисков радиусом более 10 км приходит на судах «Сюруза» и «Норр» франко-американская экспедиция во главе с морским геологом Р. Баллардом. В ее арсенале ультрасовременная техника — буксируемые аппараты, предназначенные для обнаружения объектов на глубинах до 6000 м. На «Сюруза» был размещен аппарат, который на тросе длиной 8500 м буксировался со скоростью 1 м/с в 70 м от дна и был снабжен гидролокатором бокового обзора, эхолотом, просвечивающим грунт на 80 м, и





Корпус «Комсомольца» на дне Норвежского моря.

Отбор проб осадков манипулятором «Мира».



гидроакустической системой навигации. «Норр» нес на борту сразу два буксируемых аппарата — «Арго» (оснащенный небольшой телеуправляемой системой, компьютерами, гидролокатором, мощными источниками света и новейшим телевизионным оборудованием) и «Аргус» (прекрасно зарекомендовавший себя при обнаружении гидротермальных полей Галапагосского рифта в 1977 г. и также оснащенный гидролокатором и фотокамерами).

Выполнив на 80 % программу исследования в намеченной области поисков, специалисты, работавшие на судне «Сюруа», не получили желаемого результата, однако имевшийся на борту чувствительный магнитометр зафиксировал в трех точках аномалии. Их координаты были сообщены на «Норр». И вот 1 сентября 1985 г. на мониторах «Арго» появилось изображение одного из котлов «Титаника». Дальнейшее стало делом техники, везения с погодой и организационных

Телекамеры на манипуляторе под наружным корпусом «Комсомольца».



Установка сорбента для определения концентрации радионуклидов.



способностей Балларда. Мозаика из полученных цветных фотографий позволила создать портрет всего остова корабля, развалившегося на две части, которые лежали в 600 м друг от друга на глубине 3780 м. Поиск «Титаника» был успешно завершён, координаты точно определены.

В июне 1986 г. Баллард возвращается к месту гибели «Титаника» на судне «Атлантик II», несущем глубоководный обитаемый аппарат «Алвин» с роботом на 80-метровом

кабеле. Сажая подводный аппарат на верхние палубы, он исследует и в деталях фотографирует останки кораблекрушения и поле обломков. Робот позволяет проникнуть во внутренние помещения затонувшего судна. Надо отдать должное тактичности Балларда: ни один трофей с «Титаника» не был поднят на палубу «Атлантик II». Экспедиция завершается возложением двух мемориальных досок: на корме — в память о погибших и Б. Тантуме (подвижнике исторического об-

щества «Титаник») и на носу — от Нью-Йоркского клуба исследователей. Одним из результатов 11 погружений на «Алвине» стала книга Баллард «Открытие «Титаника»².

В июле — августе 1987 г. к «Титанику» возвращаются французы с глубоководным обитаемым аппаратом «Наутиль» на борту «Надира». Совершается 18 погружений, в ходе которых с парохода было поднято более 1400 предметов; одни передаются в музеи, другие расходятся по частным коллекциям. На прощание экспедиция оставляет букет искусственных цветов.

С судна «Академик Мстислав Келдыш» работы непосредственно на «Титанике» проводились с 27 июня по 16 июля 1991 г. В короткий срок было подтверждено его местоположение с помощью аппарата «Звук-Л», а вскоре «Титаник» «прописался» и на ленте судового эхолота. Затем последовала постановка донных маяков для осуществления навигации «Миров» и их погружений. Предварительно (во время работ на Бермудских о-вах) на аппараты «Мир» было установлено мощное подводное освещение, специально разработанное американскими специалистами для этой экспедиции. Большинство погружений (15 из 17) носили коммерческий характер и выполнялись фирмами (в том числе «Сони») с целью кино-, видео- и фотосъемок.

В тесном контакте с российскими геологами и биологами работала группа ученых из Бедфордского океанологического института (Канада). Было проведено два специализированных научных погружения на «Мирах» — геологическое и биологическое. Выяснено, что в районе, где погребен «Титаник», осадочный чехол имеет двухслойную структуру. Нижний слой составляют исключительно плотные бескарбонатные глины, введенные на поверхность дна упавшим корпусом «Титаника»; эти глины сформировались здесь в период, когда отсутствовали сильные донные течения, наблюдаемые в настоящее время. Поверх глин очень неравномерным слоем лежат молодые осадки, сложенные более грубым песчаным или алевритовым материалом. Нарушения поверхности дна, вызванные падением парохода, практически не «зарубцевались», ибо в условиях мощных донных течений скорость осадконакопления не превышает 10 см в 1000 лет.

Опускавшиеся в зону затопления «Титаника» биологи установили, что местная фауна включает 4 вида рыб и 24 вида беспозво-

ночных, из которых 14 видов, ведущих сидячий образ жизни, тяготеют к обломкам кораблекрушения, а 10 — к фауне «спокойного фона». В трофическом отношении основу фауны составляют фильтраторы (пассивные и активные); плотоядные и собирающие детритофаги намного малочисленнее. К массовым видам можно отнести бичевидную горгонарию, галатеидного рака мунидопсиса и белую офиуру, встречающихся на расстоянии 0,5—3 м друг от друга.

Весь корпус «Титаника» и его металлические конструкции покрыты характерными потеками ржавчины в виде сосулков, которые ниспадают на грунт с нависающих обломков. Их поверхностный слой содержит оксиды, а глубинный — сульфиды железа. В последнем обнаружены признаки деятельности сульфатредуцирующих бактерий. Таким образом, коррозионное разрушение металлических конструкций «Титаника» — результат взаимодействия электрохимических и микробиологических процессов.

Единственными «трофеями», поднятыми с борта «Титаника» в этой экспедиции, были три металлических фрагмента (литье,ковка и прокат), взятые в соответствии с программой Бедфордского океанологического института для изучения процессов коррозии.

Серия глубоководных погружений завершилась возложением искусственных цветов и открытием двух памятных бронзовых досок, обрамленных флагами трех стран — СССР, США и Канады. Еще одна доска была изготовлена из титана во время экспедиции; на ней надпись: «В память о Фрэнке Басби. 1931—1990» — дань безвременно ушедшему из жизни американскому подводнику, с которым 15 лет назад началась российско-американское сотрудничество в области глубоководных исследований океана.

ЭКСПЕДИЦИИ НА «КОМСОМОЛЕЦ»

Почти вековая история подводного флота тоже знает, к сожалению, немало катастроф: общее число подводных лодок (дизель-электрических и атомных), погибших по небоевым причинам, значительно больше 100. По данным журнала «Тайм», ныне на океанском дне покоятся девять атомных реакторов подводных лодок и 50 единиц ядерного оружия. За последнюю четверть века наша страна потеряла четыре атомные подводные лодки, США — две; число жертв при этом составило 114 и 228 чел³.

² Ballard R. D., Archbold R. The Discovery of the "Titanic". 1987.

³ Известия. 1989. 7 августа.

Гибель каждой атомной подводной лодки требовала расследования причин аварии и оценки радиационной обстановки. Поиск американской подводной лодки «Трешер», затонувшей в 220 милях от Бостона 10 апреля 1963 г., вели «Атлантис II» и батискаф «Триест»; поиск французских подлодок «Минерва» и «Эвридика», затонувших 27 января 1968 г. и 4 марта 1970 г. в районе Тулона, проводили надводные суда «Решерш» и «Мизар» совместно с батискафом «Архимед». Хотя на батискафе и был установлен американский гидролокатор кругового обзора, «Минерву» так и не нашли.

Институт океанологии в 1986 г. во время 12-го рейса «Академика Мстислава Келдыша» проводил радиационный анализ грунта, поднятого дночерпателями с места гибели советской атомной подлодки, произошедшей 3 октября 1986 г. северо-восточнее Бермудских о-вов⁴. Затем были организованы две экспедиции судна с «Мирами» на борту в район гибели «Комсомольца» с перерывом более чем в два года (1989, 1991).

«Комсомолец» не принадлежал к числу крупнейших в мире подводных лодок. Его прочный корпус был изготовлен из титана; имея водоизмещение 5700 т и будучи оборудован атомным реактором (размещенным в четвертом отсеке), он мог погружаться на глубину до 1000 м. Это была торпедная лодка, оснащенная шестью торпедными аппаратами. Наиболее вероятная версия относительно причины аварии — короткое замыкание в электрических сетях седьмого отсека с последующей разгерметизацией систем сжатого воздуха⁵. Из 69 человек экипажа 42 погибли (19 — преданы земле, 23 — взяты морем).

Сегодня продолжает обсуждаться вопрос о целесообразности подъема «Комсомольца»⁶. Если он осуществится, это будет вторая по счету операция после извлечения судном США «Гломар Эксплорер» фрагментов затонувшей советской подлодки с глубины 6000 м в районе Гавайских о-вов в 1974 г.

Первая экспедиция к «Комсомольцу», в которой участвовали только сотрудники Института океанологии, провела три погружения на «Мирах» и выяснила, что лодка заглубилась в ил примерно на 2,5 м и лежит на ровном киле. Видимые разрушения коснулись наружного корпуса и в основном носовой части. Винты и вся кормовая часть целы. Радиоактивность на поверхности моря

и в непосредственной близости от погибшей лодки не превышала фона. Никаких аномальных явлений в районе исследований не обнаружено. Тогда же было положено начало составлению кадастра фауны места аварии, проведено радиационное обследование отдельных видов животных, отобраны представители фауны для количественного определения в их тканях различных микроэлементов. Сбор фауны в районе фоновой станции и непосредственно у лодки велся тралением, в ходе которого поднято около 300 фрагментов лодки размером до 50 мм (краска, изоляционные материалы и пр.). Просмотр снятых видеопленок свидетельствовал об отсутствии на корпусе биологических обрастаний.

Вторая экспедиция работала непосредственно в районе гибели «Комсомольца» 20 августа — 2 сентября 1991 г.; в ней участвовали также инженеры ЦКБ «Рубин», Радиового института им. В. Г. Хлопина (тоже Санкт-Петербург) и ряда других учреждений. Подлодка была обнаружена с первого же захода буксируемого аппарата «Звук-Л». Поставив донные маяки, взяли дночерпателями первые геологические пробы, которые позволили сделать заключение, что превышения естественного радиационного фона нет. На этом «обустроенность» полигона была закончена, и под воду пошли основные производители работ — «Мирь», совершившие в этой экспедиции шесть погружений. С них проведен детальный визуальный осмотр лодки (ранее сотрудники «Рубина» могли использовать лишь видеоматериалы первой экспедиции); определено состояние конструкции, уточнены координаты, глубина, крен и деферент (поперечный и продольный угол наклона), заглупление в грунт. Установлено, что со времени первой экспедиции положение лодки не изменилось. Для изучения радиационного состояния объекта использовались оригинальные радиометр и спектрометр, которые зарегистрировали отсутствие аномалий. Это был первый опыт исследования радиационного объекта на глубине.

С помощью тралов была получена представительная коллекция донной фауны (фона и непосредственно у объекта); 15 массовых видов отобраны для определения в их составе микроэлементов и радионуклидов (¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ²³⁹, ²⁴⁰Pu). Отмечено активное обрастание корпуса лодки биологическими объектами. Проведены геологические и гидробиологические исследования как с борта судна, так и непосредственно с глубоководных аппаратов.

Всесторонние наблюдения за этим районом будут продолжаться.

⁴ Морской сб. 1991. № 10. С. 45—51.

⁵ Там же. 1989. № 6. С. 22—28.

⁶ Там же. 1991. № 10. С. 62—64.



Ночные тени

В. Н. Зайцев,

кандидат биологических наук

Институт эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова РАН
Москва

ВЕЧЕР. Лес еще хранит теплоту летнего дня. В лощинах опускается туман. На опушке начали трещать цикады, и от этого тишина кажется еще значительней. Но вот из самой гущи сплетенных ветвей доносится протяжный низкий и чуть жуткий крик, большая тень скользит над залитой лунным светом землей и скрывается за дубом. Крик повторяется. Чуть подалее ему вторит другой. Эти звуки, похожие на протяжное «хууу», издают ушастые совы (*Asio otus*).

В старое время крики сов, филинов принимали за уханье и хохот лешего, мало того, их наделяли магическим влия-

нием. В русских сказках рядом с бабой-ягой всегда фигурируют совы в роли помощников и советчиков. В Северной Америке считалось, что крик совы — предвестник чьей-то смерти. Даже сейчас в некоторых уголках Земли существует суеверный страх перед совами. Однако это не мешает другим народам считать филина птицей священной и преклоняться перед ней. Тонкий поперечный рисунок на перьях — по преданиям, изречение Корана, которое способны читать только мудрецы. Такое перо приносит счастье, их прикрепляют к детским шапочкам.

Предания и поверья возникали, ви-

димо, и из-за «чудного лица» и ночной жизни этих хищников. Кстати, по некоторым внешним чертам и образу жизни они похожи на дневных хищных птиц, и долгое время эти два отряда считались родственными. Но потом выяснилось, что их сходство обусловлено приспособлениями к жизненным условиям, во многом тоже похожими. Главное, что отличает сов от дневных хищных птиц — отсутствие зоба и наличие слепых кишок.

Отряд совообразных включает два семейства — настоящих сов и сипуховых; всего 134 вида, из которых в пределах бывшего СССР обитает 17 видов, принадлежащих девяти родам, и один вид сипух (обыкновенная).

От всех других птиц совы отличаются формой черепа: его затылочная часть расширена, а орбиты глаз повернуты прямо вперед. Нет у них и обычной для пернатых мигательной перепонки (третьего века), мигают совы, опуская верхнее веко. Общее поле зрения крупных совиных глаз не так уж и велико (110°), но такого поля бинокулярного зрения ($60-70^\circ$) нет ни у каких других птиц. Однако и ограниченность общего поля зрения компенсируется: у сов очень подвижна шея, и потому они могут быстро поворачивать голову на 270° ! Они хорошо видят и днем, и в густые сумерки, в полной темноте охотятся по слуху способом пассивной локализации, т. е. определяют направление на объект охоты и местоположение по создаваемому им звуку. Полет сов беззвучен благодаря тому, что маховые и рулевые перья мягкие и покрыты сверху ворсинками, а внешние края расходятся мягкими зазубринками. Эти особенности строения пера сильно снижают скорость полета, но она им и не нужна для ночной охоты: им не приходится гнаться за добычей, важнее, двигаясь неслышно, застигать ее врасплох.

Среди сов самая крупная — бородастая неясыть (*Strix nebulosa*), которая в Северной Америке достигает 84 см в длину, а мельче всех — крошечный сыч (*Glaucidium minutissimum*), житель Американского континента, в семь раз меньше неясыти, т. е. 12—14 см. Мельчайший из отечественных сов — воробьиный сыч (*G. passerinum*), он чуть-чуть крупнее крошечного — 14—16 см.

Совы от мала до велика — настоящие лесные птицы, но некоторые не прочь поселиться рядом с человеческим жильем. Так, домовый сыч (*Athene noctua*), обитатель степей, полупустынь и лесостепей, при случае не брезгует иердаками и заброшенными помещениями. Обыкновен-



Сплюшка — мелкая, с дрозда, сова, которая не прочь поселиться по соседству с человеком.

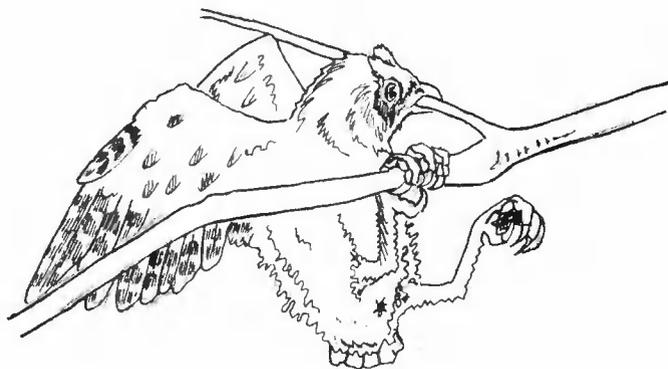


Болотная сова, внешне похожая на ушастую, населяет тундру, обширные болота, степи.

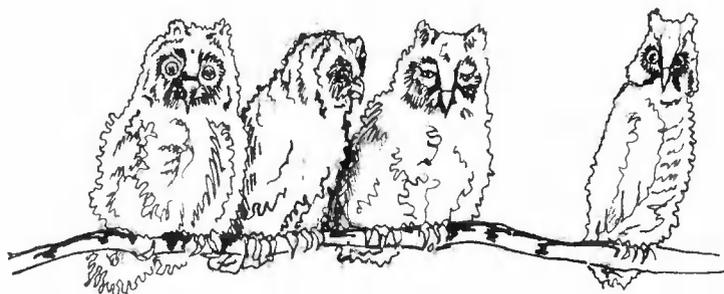
Фото П. Н. Романова



Самка ушастой совы насиживает кладку (с я е в а), а самец устроился неподалеку от гнезда.
Рисунки автора



Уцепившись за ветку клювом, птенец перебирается с ветки на ветку.



Весь выводок собрался на ветке.

ная, или серая, неясыть (*S. aluco*), жизнь которой немислима без древесной растительности, в Западной Европе вселяется даже в крупные города, где ее вполне устраивают городские сады и рощи. В садах и парках нередко можно встретить ушастую сову, сплюшку (*Otus scops*) — маленькую совку величиной с дрозда, избегающую сплошных лесных массивов. Человека она мало боится и потому часто селится близ его жилья.

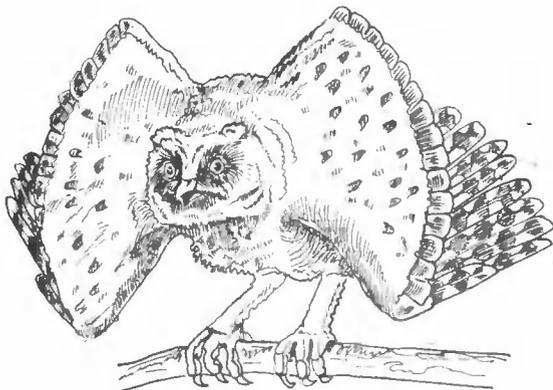
Для многих сов благоприятно соседство с сельскохозяйственными угодьями, так как расширяется возможность охотиться за грызунами на полях, выкошенных полянках в лесу. Некоторые совы, например ушастая, и гнезда располагают вблизи полей, на лесных опушках, куда они скорее возвращаются с добычей и начинают новую охоту, а ведь быстро отыскать пропитание птенцам очень важно. Так, вблизи Ярославля эта хищница в глубине лесного массива встречается чрезвычайно редко. Она заселяет старые, брошенные гнезда ворон и сорок (на 10 км² окрестностей Ярославля мы насчитывали от 0,5 до 5 % гнезд этих птиц, занятых ушастой совой, а в других местах, бывает, она заселяет и до 34 % гнезд врановых). Разрушив верхушку гнезда, сова почти не трогает его основания. Мы пробовали строить искусственные гнезда, заплетая древесные прутья в проволоочный каркас, но совы редко использовали их, некоторых, расположенных над муравейниками, явно избегали.

Ушастая сова, напоминающая филина в миниатюре, — типичная обитательница лесной зоны Евразии и Северной Америки, местами она встречается также в Африке и горах Центральной Азии. В северных регионах своего обширного ареала она только гнездится, а на зиму откочевывает к югу.

Питается сова в основном мышевидными грызунами и полевками, но вообще, судя по многочисленным публикациям, спектр ее жертв очень широк — от крупных жуков и стрекоз до летучих мышей. В погадках совы находят остатки насекомых, амфибий, птиц, млекопитающих — всего более 120 видов. Все же большинство из них — лишь резерв на случай недостатка мышей и полёвок.

В средней полосе России, например в Ярославской области, где я наблюдал за жизнью ушастой совы, она живет обычно во вторичных березняках и сосняках, одна-три пары на 1000 га леса; заселяет и кустарники.

С зимовки она возвращается сюда в



Уже готов обороняться.

конце марта. С этого времени в сумерках и ночью слышатся глухие брачные крики и хлопанье крыльев. С таким звуковым сопровождением супружеская пара — а она образуется на всю жизнь — облетает выбранный еще в предыдущий год гнездовой участок или отыскивает новое место для гнезда. Самка чаще всего держится под покровом леса, перелетая с дерева на дерево рядом с облюбованным старым гнездом кого-нибудь из врановых, и тоже «поет»: протяжные глухие, как у самца, «хауу» и «хуу» она сопровождает звуком, похожим на кошачье «к-оауу». Самец же обозревает владения с высоты, время от времени с криками присаживаясь то на одно дерево, то на другое.

Упомянутые здесь звуки — малая часть тех, что различают этологи. «Словарь» ушастой совы, который они используют в разных жизненных ситуациях, состоит, как считает известный немецкий орнитолог В. Вендланд, из нескольких категорий сигналов. Это и «хуу» с разными вариациями и сочетаниями, тихое жужжание самки, шипенье самца, лай, подобный лисьему, с помощью которого взрослые общаются с молодыми и между собой. Предупреждающих сигналов два: звуком «пси» заканчивают птицы последовательно звучащие лай и шипенье, если к гнезду приближается хищник или человек, и «квэйт», похожий на голос пустельги, издает только самка, чтобы птенцы затаились. Есть в «словаре» и похожий на голос курицы «гок» самки и ответное «чу» самца.

Вернемся к гнезду. Наконец, оно найдено, и самка, еще не начиная откладывать яйца, проводит возле него много времени. Самец же продолжает летать, то быстро проносясь над гнездом, то совершая над ним широкие круги.



Обыкновенная, или серая, неясыть. Эта крупная сова, как и мелкая сплюшка, нередко селится близ человеческого жилья.

Токовать начинает самец. В сумерках, усевшись на дереве в 50—200 м от гнезда, он испускает вначале тихие крики, потом они становятся все громче, на них откликается самка. Переключка стимулирует брачное поведение партнеров, и птицы спариваются под своеобразную, трудно передаваемую трель самца. В середине апреля; когда самка отложит первое яйцо и начнет его насиживать, в лесу слышен брачный крик одного самца, самка лишь изредка «подпевает» ему. А тот продолжает токовать почти до самого появления птенцов.

Я не раз имитировал брачные крики ушастой совы, подражая голосу то самца, то самки. Они неизменно реагировали, и довольно агрессивно: самец, видимо, принимал имитацию за голос соперника, а самка — соперницы. Как-то совиная пара преследовала меня по голосу, а догнав, чуть не сбила шапку крыльями. Прибегнув к имитации, я узнал, что супружеская пара защищает территорию в 5—10 га.

Соседи изредка навещают друг друга, подлетают к самому гнезду, а если их обнаруживают хозяева, непременно изгоняют. Но обычно, когда рядом с гнездом оказывается возможный соперник, он сам дает, о себе знать глухим «бу-бу». Гнезда соседей,

как правило, отделены друг от друга 800—1000 м, а при обилии корма — и меньшим расстоянием. Центр семейных владений — гнездо, и совы не покидают территорию, даже если оно разрушено. Однажды нам пришлось снять гнездо одной пары, так птицы трое суток искали новое на той же территории, которую хотя и продолжали защищать, но без обычной для них агрессии, и в первую ночь не токовали. Через два дня пара выбрала прошлогоднее гнездо пустельги в 150—200 м от своего прежнего, и токование возобновилось.

Итак, в середине апреля самка садится на первое яйцо, насиживая его, она продолжает откладывать следующие. Их количество в кладке зависит от обилия мышевидных грызунов, в Ярославской области обычно бывает четыре-пять яиц. Примерно через месяц, один за другим, с перерывом в два-три дня, выклеваются птенцы.

Самка, насиживая кладку, редко отлучается, чтобы поохотиться, корм для нее чаще добывает самец. Он же больше, чем самка, приносит пищи птенцам — ведь той нужно еще и обогревать потомство. С вечера и до утра родители притаскивают подрастающим птенцам пойманных жертв с перерывом в 15—20 мин. и первое время, пока молодые птицы недостаточно сильны, расчленяют жертв. Птенцы быстро растут: длина только вылупившегося совенка около 68 мм, на третий день — 95, на четвертый — примерно 100 мм. Интересно, что при кормежке совыята издают своеобразные звуки, и родители различают голоса, впрочем, различия улавливает и человеческое ухо.

В бескормичу последних, самых маленьких пуховичков старшие иногда поедают. Когда родители улетают за добычей, птенцы плотно прижимаются друг к другу, образуя пирамиду, чтобы согреться. Во время бескормичи отлучки взрослых затягиваются, ибо при небольшой численности мышей и полевок им приходится охотиться за мелкими птицами — дроздами, лесными коньками, а поймать их гораздо труднее.

В одних и тех же местах ушастая сова охотится одинаково: то с присады, то высматривая жертву в невысоком полете. Если гнездо находится в зарослях кустарников, самец начинает облет соседних лугов и полей в почти раз и навсегда установленном порядке и направлении, ему вторит и самка. Успех в ночной охоте обеспечивается пассивной локацией, о которой можно рассказывать долго и много,

этому посвящено огромное количество публикаций специалистов разных стран. Не отвлекаясь на другие виды сов, остановимся на ушастой, которой отдано немало страниц в монографии отечественного орнитолога В. Д. Ильичева¹ (в ней, кстати, дана обширная библиография по теме). Позаимствуем сведения из этой книги, чтобы познакомить читателей с удивительными способностями ушастой совы.

Ее считают самой акустически специализированной из сов. Тем не менее из-за разнообразия биотопов пассивная локация ее очень сложна. И в самом деле, ведь спектр ее питания изменчив: в «мышинные» годы она охотится за грызунами и полевыми (а это много разных видов, и каждый со своими звуками), а при спаде численности этих объектов она вынуждена добывать великое множество самой разной живности, как уже упоминалось, — от жуков до летучих мышей. Что уж говорить о различии издаваемых ими звуков, по которым ушастая сова обнаруживает их в темноте! А если учесть, что она из всего звукового шума, маскирующего полезные для совы сигналы грызунов или других животных, должна обнаружить только один какой-то вид, станет понятно, что слуховая система совы должна обладать особыми свойствами.

Голоса грызунов, шорохи, возникающие при передвижении зверьков, — вот те сигналы, которые сова должна вычленивать из общего шума. Все у нее приспособлено для этого: ушные перья, превратившиеся в лицевой диск, асимметричные наружные уши, крупная, почти как у ягуара или льва, барабанная перепонка, длинная улитка, большое число слуховых нейронов (50 тыс.; для сравнения: у голубя их 10 тыс.) продолговатого мозга. Благодаря этим акустическим приспособлениям сова обнаруживает жертву, опознает ее, определяет местоположение в пространстве, потом уточняет его и окончательно корректирует. Внешне это выглядит так: обе половинки лицевого диска выдвигаются вперед, утапливая переносицу, затем диск разгибается, становится круглым и плоским. Теперь сова может воспринять звук, исходящий с любой стороны, поскольку поворот головы на 270° обеспечивает ей очень широкий «кругозор». Жертва обнаружена, сова срывается с присады или круто меняет траекторию поискового полета, за 2—3 м от жертвы вытягивает лапы, сближая их с головой, затем откидывает ее назад, зажму-



Редчайшая из сов — рыбный филин.

ривает глаза и с раскрытыми когтями атакует жертву и схватывает. Естественно, что на дневных животных она охотится по зрению.

Охотничьи угодья самцов, по нашим наблюдениям, чаще всего составляют 5—10 км², бывают, правда, и около 25. Размеры участков самок всегда меньше. Во время насиживания самкой кладки мы встречали самца в 3 км от гнезда, но когда появились птенцы, дальше километра он не улетал. Обычно размеры охотничьей территории зависят от обилия пищи.

На третьей неделе жизни, когда у совят окрепли лапы, они вылезают из гнезда и рассаживаются по ветвям. К этому времени заваленное экскрементами и погавками птенцов гнездо напоминает мусорный ящик и совершенно непригодно для жилья. Сначала, перебираясь с ветки на ветку, совята, как попугаи, цепляются сильным клювом и помогают взмахами крыльев. Маршруты их невелики, однако некоторые птенцы умудряются преодолеть даже 15—20 м. Но через неделю после выхода из гнезда они могут уже перепархивать такое же расстояние. К середине июня, когда на крыльях отрастают маховые и рулевые перья, слетки перелетают с дерева на дерево без всяких затруднений.

На день весь выводок собирается на одной ветке. Соята прижимаются друг к

¹ Ильичев В. Д. Локация птиц. М., 1975.

другу и греются на солнышке, нередко подзывая взрослых протяжным писком. Первое время еле слышный, он обретает силу — птенцам не надо бояться, что их обнаружат, они могут постоять за себя сильным клювом и острыми когтями. В августе до позднего утра они перекликаются переливчатым «плииу».

С начала самостоятельных перелетов весь выводок начинает перемещаться по пути, которым родители следуют на охоту. Так они приближают место кормления и облегчают родителям жизнь. Уже к середине июля птенцы, преодолев несколько сотен метров, обычно достигают цели — окраины леса, за которой начинаются охотничьи угодья семьи. В августе они самостоятельно охотятся в просторных дубяках, березняках, но продолжают выпрашивать корм у родителей. На день повзрослевшие птенцы нередко устраиваются на вершинах высоких деревьев.

В сентябре—октябре выводки распадаются и совы незаметно откочевывают к югу: молчаливые днем, они просто исчезают из леса. Только часть птиц остается на зимовку, на смену одним кочевникам с севера прилетают другие: мохноногий сыч (*Aegolius fulpegeus*), ястребиная и полярная, или белая, совы (*Surnia ulula* и *Nyctea scandiaca*). Много бедствий терпит ушастая сова во время миграции: становится жертвой браконьерства, гибнет от бескормицы. Да и в гнездовой период она уносит до 40 % птенцов, весной от недостатка корма гибнет около 30 % кладок, так как самка в неурожайный мышами и полевками год вынуждена надолго отлучаться, чтобы добыть себе пищу, а яйца за это время остывают. Если учесть, что еще 12 % гнезд разоряют врановые, станет понятно, что высокая смертность препятствует переуплотнению популяций ушастой совы. Правда, благодаря способности совершать быстрые перелеты она нередко избегает массовой гибели из-за бескормицы.

Ушастая сова самый распространенный в мире вид совиных, ее ареал очень широк. Но есть среди настоящих сов и чрезвычайно редкие. Мне несколько лет довелось работать на Дальнем Востоке, где я «свел знакомство» с местными совами. Самая редкая из них — рыбный филин (*Ketupa blakistoni*), вид из «Красной книги СССР». Этой оседлой крупной хищной птицы, поглощающей водную живность (лягушек, рыб, раков и др.), в Приморье,

где она заселяет пойменные леса с крупными дуплистыми деревьями, по подсчетам, осталось всего около 200 пар.

На Дальнем Востоке встречается и иглоногая сова (*Ninox scutulata*), тоже довольно редкая. Живет она в пойменных лесах, по склонам сопок, гнездится, как и рыбный филин, в дуплах старых деревьев, а охотится в основном на крупных ночных бабочек. Но длиннохвостая неясыть (*S. uralensis*) обычна на Дальнем Востоке. Обнаружить эту крупную птицу в лесах речных долин не составляет особого труда. Чаще всего ее заметишь возле дуплистых деревьев, где она устраивает гнезда. В марте — апреле с наступлением сумерек из разных мест слышатся брачные крики неясыти. Она охотно откликается на голос человека, имитирующего ее крик. Как-то раз мне удалось «привести» за собой к избушке двух самцов и самку, пролетевших следом почти километр. В дневное время неясыть скрывается обычно в гуще деревьев и дуплах, нередко греется на солнце. Мелких сов из рода *Otus* — ошейниковую и уссурийскую, или восточную, совку (*O. bakkamoena* и *O. sspia*) — заметить днем в густой чаще трудно. Лишь с наступлением сумерек они выдают себя: устроившись на дереве по соседству с ручьем, на скале или вершине кряжа, они время от времени повторяют мелодичные крики.

Весной, когда совы устраивают гнезда, удается подсчитать число брачных пар. В Сихотэ-Алинском заповеднике на 1000 га пойменных лесов из тополей, берез, кедров и пихт мы насчитывали две-четыре пары длиннохвостой неясыти и примерно столько же совку.

Совы, как и дневные хищники, где бы они ни обитали, не бывают настолько многочисленны, чтобы приносить ощутимый вред, даже если питаются какими-либо нужными человеку животными. А вот польза несомненна: для собственного пропитания и кормежки птенцов они добывают главным образом вредителей полей и лесов. Словом, нет не только никакой нужды отстреливать сов или уничтожать гнезда, наоборот, им нужно обеспечить нормальную жизнь, главное — не тревожить во время гнездования и выкармливания птенцов.

Мне ближе поверья тех народов, которые считают, что перо филина приносит счастье, нежели тех, которые принимали его за лешего. Совиное «пение», конечно, не песня соловья, но что ночной лес без глухих криков этих «чудных лицом» птиц?

Глобальные изменения природы в «зеркале» ледяного керна

В. М. Котляков



Владимир Михайлович Котляков, академик, директор Института географии РАН. Географ и гляциолог, занимается проблемами взаимоотношения общества и природы, вопросами современного и будущего состояния снежного покрова ледников в условиях изменяющегося климата. Участник многочисленных экспедиций. Автор ряда научных монографий и научно-популярных книг. Неоднократно печатался в «Природе».

МНОГОЧИСЛЕННЫ следы изменений природы Земли (обычно циклических) в ее долгой истории. Они остались в горных породах и почвах, донных осадках и на коралловых постройках, в спорах и пыльце, запечатанных в древних отложениях, на спилах деревьев. Сравнительно недавно к свидетелям прошлого добавился ледяной керн, извлеченный из глубоких скважин полярных ледниковых покровов. Его комплексный анализ позволяет определить температуру и состав атмосферы на протяжении сотен тысяч лет.

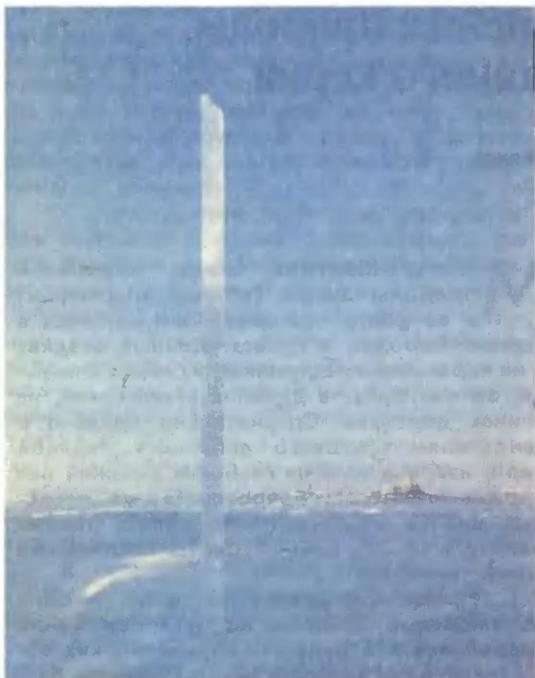
Прошлое окружающей среды — одна из ключевых проблем на пути понимания современных и будущих климатических изменений и последствий антропогенного воздействия на климат. А такое воздействие все более ощутимо. К естественным источникам загрязнения, существующим сотни миллионов лет, теперь добавились связанные с деятельностью человека. И те, и другие оставляют следы в ледниковой толще и хорошо заметны в ледниковом керне.

ГЛУБОКИЕ СКВАЖИНЫ НА ЛЕДНИКАХ

Первую скважину во льду пробурили в Альпах (на Нижнеаарском леднике) еще в 1841 г., а в 1899—1901 гг. на другом альпийском леднике — Хинтерайсфернер несколько скважин уже достигли ледникового ложа.

Массовое бурение ледников относится ко времени проведения Международного геофизического года — 1957—1959 гг. В 1957 г. мне пришлось участвовать в бурении первой глубокой скважины недалеко от станции Мирный в Антарктиде, которая достигла глубины 370 м. Но тогда мы еще не умели отбирать из скважины керн, и лишь спустя 10 лет это стало обычным делом.

Бурить лед очень нелегко из-за его пластичности, стоит вынуть буровой снаряд, как стенки скважины быстро смыкаются. Поэтому скважину приходится заполнять незамерзающей жидкостью, которая имеет ту же плотность, что и лед. Обычно для бурения применяют либо электромеханиче-



Ледяной керн, поднятый на станции Мирный.
Здесь и далее фото М. Б. Дюргерова

ский, либо электротермический способ, когда лед плавят нагреваемой коронкой. В обоих случаях извлекается ледяной керн диаметром около 10 см, причем за один «рейс» бурового снаряда получается колонка льда длиной 2—3 м.

Первой глубокой скважиной на полярном ледниковом покрове стала пробуренная гляциологами США скважина на станции Кемп-Сенчури в северо-западной Гренландии. Здесь в 1960—1966 гг. была пройдена вся ледниковая толща (1370,5 м), и бур углубился еще на 3,5 м в вечную мерзлоту. При этом самый холодный лед (с температурой $-24,6^{\circ}\text{C}$) залегал на глубине 154 м, а у ледникового ложа температура льда составила -13°C .

В 1966—1968 гг. таким же электро-механическим буром была пройдена скважина на станции Бэрд в Западной Антарктиде, достигшая ложа на глубине 2164 м. Здесь самая низкая температура льда ($-28,8^{\circ}\text{C}$) была отмечена на глубине 800 м, а у ложа лед имел температуру плавления ($-1,6^{\circ}\text{C}$). Доказательства существования жидкой воды подо льдом не заставили себя ждать: она появилась, как только скважина достиг-



Автоматическая метеостанция в Центральной Антарктиде. Непрерывная регистрация метеорологических характеристик позволяет более точно интерпретировать данные ледяного керна.

ла ложа, и ее уровень быстро поднялся на 60 м над дном скважины.

В 70-х и 80-х годах выполнялась обширная программа глубокого бурения Гренландского ледникового покрова. В южной части Гренландии, на станции Дай-3 в 1981 г. скважина достигла ложа на глубине 2083 м. Самая низкая температура (-21°C) измерена на глубине 300 м, а у ложа она оказалась такой же, как и на Кемп-Сенчури (-13°C). Из этой скважины было отобрано 67 тыс. образцов для изотопно-кислородных исследований.

Ныне в программе глубокого бурения в Гренландии участвуют и американские, и европейские ученые. Работы ведутся на вершине главного ледникового купола, возвышающегося на 3235 м. По данным радиозондирования, толщина льда здесь составляет 3100—3200 м; такая толща могла отложиться за 200—500 тыс. лет.

Летом 1990 г. я побывал в центре Гренландии и посетил оба буровых лагеря — и европейский, и американский. Они отстоят друг от друга на 20 км, бурение уже подходит к концу. Параллельная проходка двух скважин имеет большое научное значение:



Купол «С» — место работы французских специалистов, изучающих ледяные керны. Красный домик — гляциологическая лаборатория.

повышается достоверность получаемых данных, появляется возможность исключить случайные, местные факторы и сосредоточиться на глобальных. Наконец, будет получено больше керна, что позволит выполнить, а при необходимости повторить многочисленные анализы.

Но самые значительные результаты пока принесло бурение глубокой скважины на станции Восток, начатое Советской антарктической экспедицией еще в начале 70-х годов. Станция Восток расположена в центральной части Восточной Антарктиды на высоте 3490 м. Средняя годовая температура здесь — $55,5^{\circ}\text{C}$, осадков за год накапливается 23 мм. Толщина льда близка к 3500 м, таким образом, вся толща содержит лед, отложенный на протяжении сотен тысяч лет, что крайне важно для палеогеографических реконструкций.

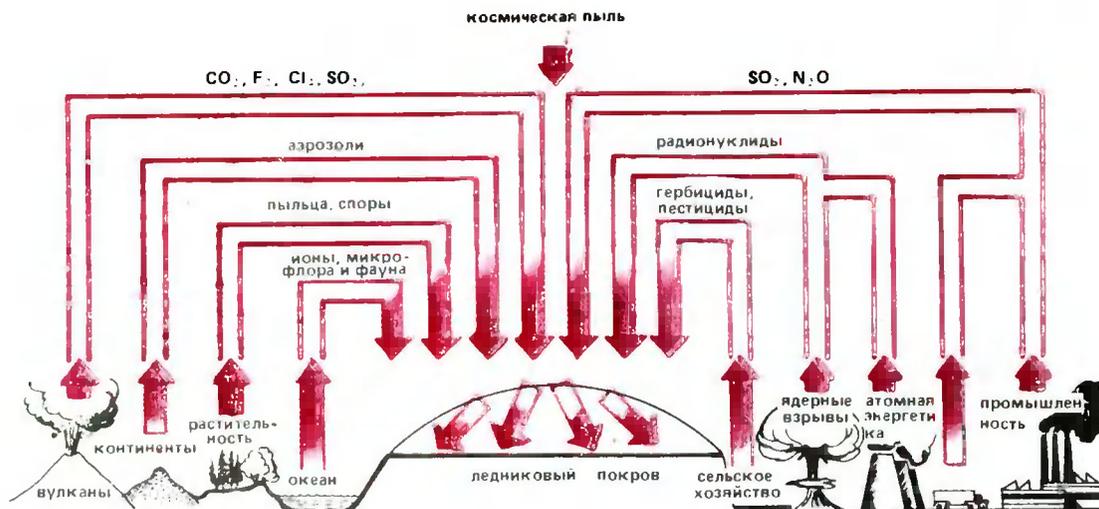
В районе станции пробурено пять глубоких скважин, две из них достигли глубины 2500 м. В этих работах принимали участие ученые из нашей страны и Франции: Института географии РАН, Арктического и Антарктического института и Лаборатории гляциологии и геофизики Гренобльского университета. К настоящему времени в лабораториях Москвы, Санкт-Петербурга и Гренобля всесторонне обработан керн до глубины 2200 м.



Кусок ледяного керна из ледникового покрова в 10 км от побережья. Крупные кристаллы льда свидетельствуют о его молодости. Кромка керна оплавлена при бурении.

ВОЗРАСТ И ТЕМПЕРАТУРА ГЛУБИННОГО ЛЬДА

С увеличением глубины все труднее определить абсолютный возраст льда. В верхней части толщи, отложившейся за последние несколько тысяч лет, это делают без особого труда, подсчитывая годовые слои, каждый из которых состоит из зимних и летних отложений, различающихся по структуре, плотности, запыленности. Такие различия я подметил еще в 1957 г. в снежной толще на станции Комсомольская, лежащей в глубине Антарктического континента. Воз-



Источники примесей, попадающих в ледниковые покровы через атмосферу.

раст льда в верхней части толщи помогают определить и маркирующие горизонты, хранящие следы глобальных событий крупных вулканических извержений, ядерных взрывов в атмосфере (последний такой слой в льдах Арктики образовался в результате Чернобыльской аварии).

Однако с глубиной эти различия сглаживаются, и для датирования более древнего льда приходится использовать численное моделирование его растекания. Исходными данными при расчетах служат скорость накопления снега, температура и вязкость льда, скорость его движения и рельеф ложа. В моделях течение льда считают стационарным.

Для подобной динамической модели хорошо подходят условия в районе станции Восток. Довольно правильное соотношение глубины и возраста здесь связано с тем, что дно скважины еще далеко от придонных слоев льда, где возможны осложнения, вызываемые движениями и деформациями льда. Точность определения возраста льда на глубине 2200 м составляет 10—15 тыс. лет. Согласно нашим расчетам, возраст этого льда более 160 тыс. лет. Для изотопных исследований использовалась сплошная колонка образцов льда, для других анализов образцы длиной 1,5—2 м отбирались через каждые 25 м.

Таким образом, керн из района станции Восток охватывает голоцен (последние 10 тыс. лет), последнюю — валдайскую, или вюрмскую — ледниковую эпоху (10—

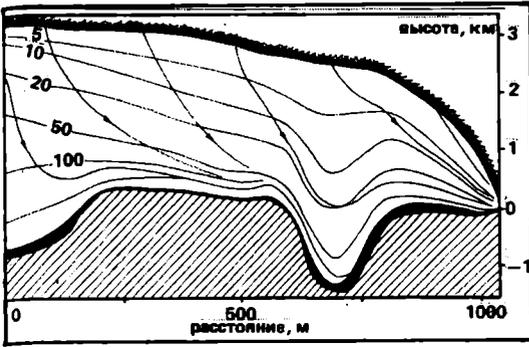
120 тыс. лет назад), микулинское, или рисс-вюрмское, межледниковье (120—130 тыс. лет назад) и заключительные этапы предпоследнего — днепровского, или рисского — оледенения. На сегодня это единственная в мире колонка льда, покрывающая весь последний ледниково-межледниковый цикл.

Основа для определения палеотемператур — анализ соотношения стабильных изотопов во льду. Дело в том, что в природе оба химических компонента воды — кислород и водород — содержат не только обычные изотопы ^{16}O и H , но и немного тяжелых ^{18}O и 2H , или дейтерий (D). Содержание тяжелых изотопов в воде или льду зависит от испарения и конденсации, которые, в свою очередь, определяются температурой и различием физических свойств молекул H_2O , $H_2^{18}O$ и H_2^2O .

В результате изотопный состав отложенного снега зависит от температуры его формирования. В Восточной Антарктиде понижение относительного содержания изотопа $\delta^{18}O$ — отклонение от концентрации в стандартной «средней» морской воде на $1^0/00$ — соответствует похолоданию на $1,5^\circ C$, а уменьшение содержания D на $6^0/00$ — понижению температуры на $1^\circ C$. Используя эти соотношения, изотопную кривую легко преобразовать в температурную.

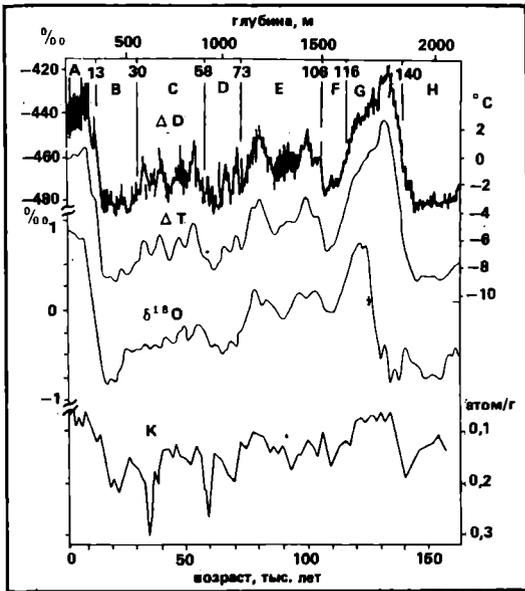
Изотопные данные свидетельствуют, что колебания температуры за последнее тысячелетие достигали $1,5$ — $2^\circ C$. Теплыми были XII, XVI и XX вв., холодными — XIII—XV и XVII—XIX вв.; последний холодный интервал получил название малого ледникового периода.

На всех изотопных кривых для кернов



Разрез ледникового покрова Антарктиды от станции Восток до берега моря.

- Линии тока льда
- Ледниковые отложения
- 5- Возраст льда, тыс. лет
- ▨ Коренные породы



Характеристиче керна со станции Восток: ΔD — содержание дейтерия во льду; ΔT — отклонение температуры на поверхности ледника от современного значения; $\delta^{18}O$ — отклонение содержания изотопа ^{18}O по данным глубоководных отложений; К — концентрация изотопа ^{10}Be во льду. Латинскими буквами обозначены климатические стадии, характеризующие теплые и холодные периоды: А и G — голоцен и мисулинское межледниковье, В—F — валдайская ледниковая эпоха, в которой С и Е — относительно теплые стадии, Н — последняя часть днепровской ледниковой эпохи.

из глубоких скважин выделяется резкий изотопный сдвиг на границе плейстоцена и голоцена. Так, для кернов Кемп-Сенчури он равен 12‰ , а для кернов Дай-3 — 7‰ ;

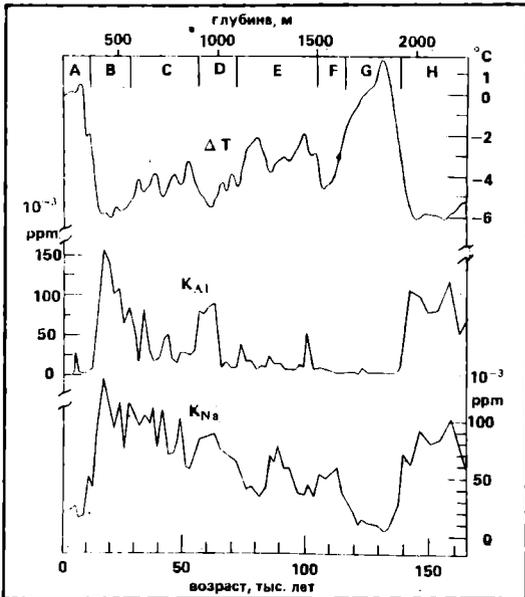
разница объясняется тем, что в плейстоцене высота купола в районе Кемп-Сенчури менялась больше, чем на юге Гренландии. Если в изотопные данные для всех глубоких скважин ввести поправку на изменение высоты ледника в голоцене, окажется, что повсюду в полярных областях температура 10—11 тыс. лет назад повысилась примерно на $10^\circ C$.

Изотопный профиль с Востока, почти не искаженный течением льда, детально характеризует температурные условия в полярных областях за 160 тыс. лет: во-первых, пик последнего межледниковья был примерно на $2^\circ C$ теплее голоцена; во-вторых, заключительные этапы днепровского оледенения были такими же холодными, как и максимум валдайского оледенения; в-третьих, переход от днепровского оледенения к мисулинскому межледниковью сопровождался потеплением на $12^\circ C$, но межледниковье было коротким и резко сменилось новым оледенением; в-четвертых, в последнюю ледниковую эпоху хорошо заметны три температурных минимума, разделяемые двумя периодами, когда температура была на 4 и $6^\circ C$ выше, чем в позднем плейстоцене.

К этому следует добавить, что изотопная кривая со станции Восток вплоть до 110 тыс. лет назад прекрасно соответствует изотопно-кислородному профилю глубоководных отложений, отражающему изменения глобальных объемов льда. В ледниковые эпохи накопление «легкого» (по изотопному составу) льда на континентах ведет к обогащению океана тяжелыми изотопами кислорода и водорода, так что результаты со станции Восток согласуются с данными об изменении объема всего континентального льда на Земле.

АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ И АЭРОЗОЛИ

Второй после температуры важнейший климатический параметр — количество атмосферных осадков — также менялся во времени, поскольку связан с температурным фоном планеты. Современная интенсивность накопления снега на больших ледниковых щитах зависит от количества водяного пара, циркулирующего над слоем инверсии, т. е. выше охлажденной льдом воздушной толщи. При этом количество водяного пара пропорционально температуре снежно-ледяной поверхности, т. е. с понижением температуры содержание влаги в атмосфере уменьшается. Простой расчет показывает,



Концентрации континентальных и морских аэрозолей в керне со станции Восток: ΔT — отклонение температуры на поверхности льда от современного значения; K_{Al} содержание алюминия; K_{Na} содержание натрия.

что в ледниковые эпохи осадков выпадало меньше и снега на поверхности льда накапливалось на 50 % меньше по сравнению с настоящим временем.

Другой способ оценки накопления осадков базируется на изменении содержания во льду долгоживущего радиоактивного изотопа бериллия (^{10}Be), имеющего «космическое» происхождение. Его концентрация одинакова в обоих межледниковьях, но возрастает в ледниковые эпохи (примерно вдвое в кульминации оледенения). Исходя из того, что поток отлагающегося на Земле ^{10}Be постоянен, мы приходим к выводу, что его концентрация в ледяном керне обратно пропорциональна количеству накопленного снега.

Результаты расчета накопления снега обоими методами согласуются между собой. Значит, в ледниковые эпохи в полярных областях снега отлагалось вдвое меньше, чем ныне.

Это заключение нельзя признать неожиданным, ибо еще Р. Скотт и другие ученые в начале века утверждали, что при глобальном потеплении увеличивается испарение с поверхности океана и количество выпадающих осадков, а при похолодании — количество осадков уменьшается. К тому же в ледниковые эпохи массивы льда в океане

разрастались, удаляя источники водяного пара от ледниковых щитов.

С другой стороны, для ледниковых эпох характерно не только общее похолодание, но и резкое усиление контрастов между разными широтами, между сушей и океаном и, следовательно, рост энергии океанских и атмосферных процессов. В периоды глобальных похолоданий усиливались океанские и атмосферные течения, активизировались циклонические процессы на границе ледниковых покровов.

Доказательства более сильной атмосферной циркуляции в ледниковые эпохи принесли результаты измерений концентраций континентальных и морских аэрозолей в ледяном керне из скважин (типичный представитель первых — аэрозоли алюминия, вторых — аэрозоли натрия). Концентрации и тех, и других возрастают в ледниковые эпохи.

Во льду, отложенном в периоды похолоданий, увеличивается и общее количество нерастворимых микрочастиц. В плейстоценовом керне со станции Бэрд, например, концентрация континентальной пыли в восемь раз больше, чем в голоценовом, на станции Восток это различие достигает 30 раз. Соответствующее превышение концентрации морских аэрозолей на станции Бэрд составило два-три, а на станции Восток — пять раз.

Подобные различия можно объяснить замедлением накопления снега в холодные эпохи, но это не главная причина. Пожалуй, главное — усиление ветров из-за роста межширотных контрастов. Важную роль играло и общее опустынивание предледниковых областей, и их расширение из-за осушения шельфов при эвстатическом снижении уровня моря, так как часть воды шла на формирование ледниковых покровов.

Таким образом, все химические индикаторы, исследованные в ледяном керне, приводят нас к выводу о резком росте «запыленности» атмосферы и усилении меридиональной циркуляции в ледниковые эпохи, что связано с увеличением разницы температур между экваториальной и полярными областями. Но запыленность атмосферы сама служит мощным климатообразующим фактором: увеличение количества пыли и аэрозолей при похолоданиях способствует их усилению.

ДРЕВНЯЯ АТМОСФЕРА ВО ЛЬДУ

Когда фирн превращается в лед, атмосферный воздух замыкается в пузырьках. Поэтому, выделяя его из керна, можно узнать

о прошлом составе атмосферы, и в частности о содержании парниковых газов. Но когда таяние почти отсутствует, поры закрываются довольно медленно: в Центральной Антарктиде этот процесс длится до 4 тыс. лет. Так что, исследуя воздух из образцов древнего льда, мы определяем состав атмосферы, более молодой, чем при отложении на поверхности снега, образовавшего этот лед. Современная техника анализов позволяет извлекать из льда и измерять с большой точностью ряд газовых примесей, прежде всего углекислый газ и метан.

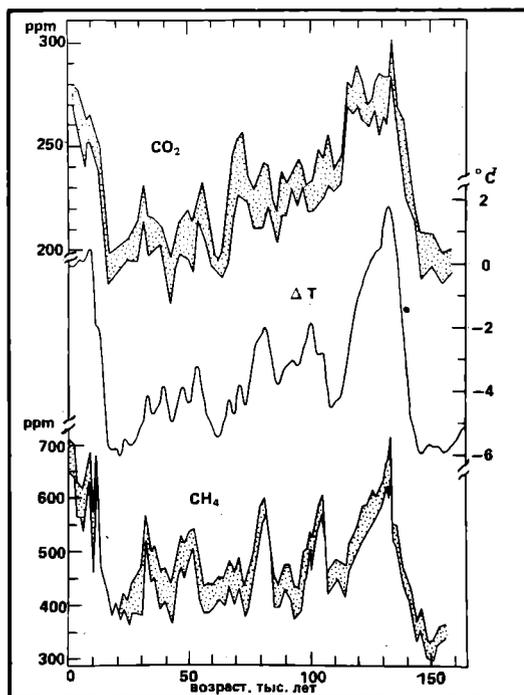
Эти газы называют парниковыми (они пропускают коротковолновое излучение Земли, но задерживают значительную часть ее теплового излучения, что ведет, как и в парнике, к повышению температуры).

Анализ кернов из глубоких скважин показал, что в максимуме валдайского оледенения концентрация CO_2 была на 25 % ниже, чем в голоцене (190—200 и 260—280 ppm). Очевидно, первый уровень типичен для эпох оледенения, а второй — для теплых интервалов.

По кернам со станции Восток выявлено соответствие изменений концентрации CO_2 и температур, вычисленных по изотопным данным. Это первое прямое доказательство тесной связи содержания углекислого газа в атмосфере и изменений климата на протяжении всего климатического цикла. Однако спад концентрации CO_2 около 110 тыс. лет назад был не таким резким, как снижение температуры. Любопытно также, что если при переходе от ледниковой эпохи к межледниковью содержание CO_2 и температура меняются синхронно, то при обратном переходе (например, 115 и 75 тыс. лет назад) концентрация углекислого газа уменьшается позднее, чем снижается температура.

Подобная корреляция изменений температуры и содержания CO_2 на протяжении всего ледниково-межледникового цикла, очевидно, свидетельствует о наличии причинно-следственной связи. Однако где здесь причина, а где следствие, из этих данных не вытекает. Многие специалисты считают причиной изменение концентрации углекислого газа, но отмеченное запаздывание ее изменений как будто свидетельствует о первичности изменений температуры, за которыми следуют изменения CO_2 , в свою очередь усиливающие температурные колебания.

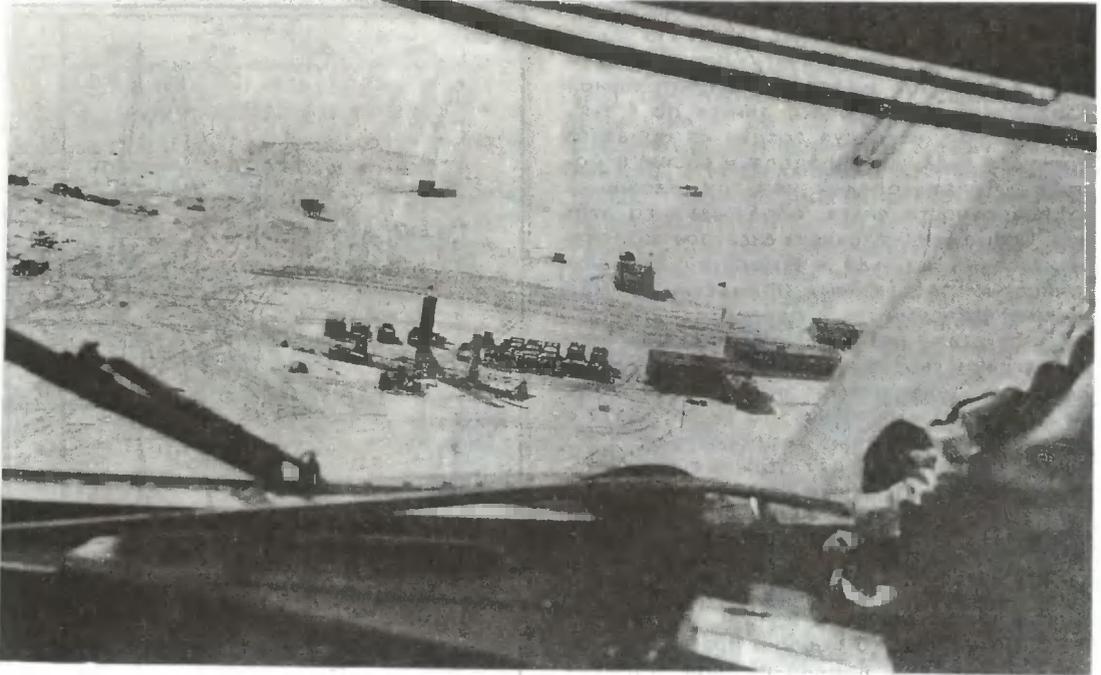
Реальным фактором такого усиления может быть влияние океана с его меняющимися циркуляцией, распространением льдов и биопродуктивностью. В частности,



Содержание парниковых газов в керне со станции Восток. Измерения выполнены на 66 глубинах, что соответствует возрастному различию между двумя соседними уровнями в 2—4,5 тыс. лет. Концентрация CO_2 и CH_4 показана с разбросом данных, шкала возраста сдвинута с учетом периода замыкания пузырьков воздуха в процессе превращения фирна в лед.

значительная часть атмосферного CO_2 при похолоданиях могла поглощаться фитопланктоном, масса которого резко возрастала в результате активизации апвеллинга и улучшения условий питания морской микрофлоры. Анализ кернов со станции Восток позволяет также предполагать, что на разных этапах главную роль могли играть разные механизмы взаимодействия температуры и углеродного цикла.

Содержание другого углеродного соединения — метана — в древней атмосфере также тесно связано с ходом палеотемператур. Резкие изменения концентрации метана приходятся на оба ледниково-межледниковых перехода: 150—135 тыс. и 18—9 тыс. лет назад. В эти периоды она резко возрастала (от 0,35 ppm в разгар оледенений до 0,6—0,7 ppm в межледниковые оптимумы). Для валдайской ледниковой эпохи характерны четыре максимума содержания CH_4 во время относительно теплых интервалов, что не так заметно в ходе изменений CO_2 .

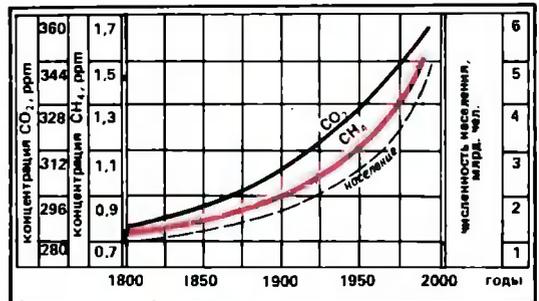


Станция Восток с буровыми установками. Фотография сделана из кабины самолета в январе 1982 г., за три месяца до пожара на станции.

Различия, скорее всего, обусловлены происхождением CO_2 и CH_4 . Если содержание CO_2 в атмосфере в основном зависит от процессов в океане, то источники CH_4 находятся на суше: это сильноувлажненные территории, залежи углеводородов, включая газогидраты, колонии термитов и т. п. В частности, резкий рост количества атмосферного CH_4 после окончания ледниковых эпох мог вызываться тем, что газ из гигантских газогидратных месторождений, закупоренный на полярных континентальных шельфах мощными ледниковыми покровами, после их стаявания вырывался наружу.

АНТРОПОГЕННЫЙ ВКЛАД В ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АТМОСФЕРЫ

В XX в. на естественный ход природных процессов накладывается воздействие человека, что стало заметно в ледниковых отложениях. Повышается антропогенная концентрация атмосферных нитратов и сульфатов: за 100 лет содержание во льду анионов SO_4^{2-} выросло в три-четыре раза, а с 1950-х годов начала расти концентрация NO^{-3} , к



Концентрация парниковых газов в атмосфере и рост населения Земли за последние 200 лет.

настоящему времени уже успевшая удвоиться из-за выбросов автотранспорта.

Однако главное влияние на климат человечество оказывает увеличением не столько выбросов аэрозолей, сколько парниковых газов: CO_2 , CH_4 , NO_2 и фреонов. Детальные наблюдения за концентрацией CO_2 в атмосфере ведутся уже многие годы на обсерватории Мауна-Лоа (Гавайские о-ва) и на Южном полюсе. По этим данным, с начала XIX в. по 80-е годы XX в. она выросла с 285 ppm, что типично для межледниковых условий, до 335—338 ppm, чему нет аналогов в данных из скважины со станции Восток. Современная концентра-

ция метана в атмосфере равна 1,7 ppm — в 2,5 раза больше максимума, выявленного по керну из района станции Восток.

Если сравнить нынешние концентрации парниковых газов с определенными по ледниковому керну для доиндустриальной эпохи, оказывается, что за последние 200 лет их рост составил: 25 % для CO_2 , 100 % для CH_4 , 8—10 % для NO_2 .

Последние значения согласуются с данными о масштабах сжигания минерального топлива, а общий рост содержания парниковых газов в атмосфере — с увеличением населения Земли, которое за те же 200 лет увеличилось с 1 до 5 млрд. чел. Значит, именно рост народонаселения приближает человечество к экологической катастрофе.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ КЛИМАТА К ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

Еще один важный вывод из анализа кернов со станции Восток — хорошо выраженные волны температурных изменений с периодами 100 тыс. и около 40 тыс. лет и менее заметные — с периодом 20—21 тыс. лет. Они сопоставимы с колебаниями за 160 тыс. лет летней инсоляции в высоких широтах Южного и умеренных широтах Северного полушария. Последнее особенно важно, так как подтверждает известную гипотезу Миланковича, согласно которой рост и разрушение ледниковых щитов Северного полушария контролируются сезонными контрастами интенсивности солнечной радиации на 65° с. ш.

Очевидно, выявленные по керну со станции Восток «волны» представляют собой климатическое отражение астрономических факторов, проанализированных в свое время Миланковичем. Изменения с периодом 20 тыс. лет вызваны эффектом предварения равноденствий, 40 тыс. лет — колебаниями оси вращения планеты, а 100 тыс. лет — отклонениями эксцентриситета земной орбиты, обусловленными каким-то фактором.

Собственно ледниково-межледниковые колебания испытывают на себе влияние быстрых обратных связей, обусловленных наличием водяного пара в атмосфере, облачностью, снежным покровом и морским льдом, а также более длительных, обусловленных медленным изменением структуры и состава атмосферы, что переносит холодные условия ледниковой эпохи в какой-то мере на межледниковье. Чтобы понять механизм этих процессов, нужно исследовать чувствительность глобального климата к изменениям концентрации парниковых газов.



Буровой снаряд опускают в скважину на глубину 2000 м. Станция Восток, январь 1982 г.

Данные глубинного ледяного керна как раз и позволяют это сделать.

Для этого сопоставим амплитуды сдвигов в температурах и концентрациях парниковых газов при сменах оледенений межледниковьями с действительными изменениями планетарного теплового баланса. Известно, что разогрев земной поверхности под влиянием антропогенных факторов за последнее столетие составил 2 Вт/м^2 , а в будущем, из-за ожидаемого удвоения концентрации CO_2 в атмосфере (от 300 до 600 ppm), он может достигнуть 4 Вт . Кажется, что это немного по сравнению со средним потоком поглощенной солнечной радиации, равным 240 Вт/м^2 , но и эта величина приводит к повышению приземной температуры в среднем на $1,2^\circ\text{C}$. А с учетом упомянутых эффектов обратных связей, усиливающих такой нагрев, общее потепление может оказаться значительнее. Современные оценки дают $2,8\text{—}5,2^\circ\text{C}$ (в среднем около 4°C). Это втрое больше, чем без учета обратных связей. И именно эта величина определяет чувствительность климата к росту концентрации парниковых газов.

Чтобы оценить вклад отдельных составляющих в комбинированном радиационном воздействии на климат Земли, по материалам ледяного керна из района станции Восток был выполнен многофакторный анализ для пяти факторов: парниковых газов, содержания пыли и сульфатов неморского происхождения, объема материкового льда и местной

инсоляции. Выяснилось, что вклад парниковых газов не ниже 40 % (в пределах надежного датирования, т. е. до 110 тыс. лет назад, он не превышает 65 %), а суммарный вклад парниковых газов и природных процессов в Северном полушарии составляет около 80 %.

Таким образом, вклад парниковых газов в изменение температуры в Центральной Антарктиде за последний климатический цикл может колебаться в пределах 40—65 %, или примерно 50 ± 10 %. Это означает, что приблизительно 3° из 6°C — амплитуды ледниково-межледниковых изменений — могут быть обязаны парниковому эффекту.

ЧТО ВПЕРЕДИ?

Хотя полного понимания причин и следствий климатических и атмосферных флуктуаций пока нет, надо отдавать себе отчет в том, что процессы, формирующие атмосферные обратные связи протекают независимо от исходных причин климатических изменений, причем ныне мало отличаются от тех, что имели место в ледниковую эпоху. Поэтому наши данные, полученные для прошлого, можно использовать для прогнозирования будущих изменений природной среды.

Правда, надо помнить, что земной климат способен быстро реагировать на краткосрочные изменения состава и состояния атмосферы. Природные примеры такого рода дают извержения вулканов, когда в атмосферу выбрасывается огромное количество пепла и других загрязнителей. Так, вулкан Кракатау на о. Ява в 1883 г. выбросил 18 км^3 распыленных продуктов. Еще сильнее было извержение вулкана Тамбора на о. Субава (восточнее Явы) в 1815 г. Газ и пепел создали в верхних слоях атмосферы настоящую завесу, ставшую экраном для солнечного излучения. Началось охлаждение атмо-

сферы: почти всюду в Северном полушарии снег лежал до середины июня, а в августе в Западной Европе уже были отмечены заморозки. В том году в Англии вообще не было лета, и страна осталась без урожая.

Такой же горький «эксперимент» поставлен недавней войной в Персидском заливе, где пожары на нефтяных скважинах и нефтехранилищах ежедневно уничтожали свыше 3 млн. баррелей нефти и до 70 млн. км^3 газа, в результате чего в атмосферу выбрасывалось более 40 тыс. т двуокиси серы, 3 тыс. т окиси азота, 500 тыс. т углекислого газа, огромные массы сажи, пепла и других загрязнителей. На наших глазах развертывался сценарий подлинного экологического бедствия.

К счастью для человечества, эта война быстро кончилась и масштабы бедствия не разрослись, а угроза глобальной экологической катастрофы из-за ядерной войны сейчас, кажется, сошла на нет. Однако грядет «парниковое» потепление, в результате чего могут растаять некоторые ледниковые покровы и уровень океана повысится на 5—7 м всего за десятки лет. Это будет поистине глобальная катастрофа: целые страны (например, Голландия), крупнейшие города мира — Нью-Йорк, Токио, Санкт-Петербург и др. — окажутся под водой.

А в умеренных и субтропических широтах горные ледники начнут быстро стаять и почти целиком исчезнут уже в первой четверти следующего столетия. Растает «вечная» мерзлота, и многие места Сибири превратятся в непроходимые болота, метан еще интенсивнее станет высвобождаться из грунтов, что усилит парниковое потепление атмосферы.

Такова цепочка рассуждений, которая протягивается от древнего ледяного керна, извлеченного с глубины более 2 км, к будущему окружающей среды, в значительной степени зависящему от разумности действий человечества.

О сохранности законов сохранения

Г. Е. Горелик



Геннадий Ефимович Горелик, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института истории естествознания и техники РАН. Область научных интересов — история теоретической физики и социальная история советской науки. Автор книг: *Размерность пространства: историко-методологический анализ* (М., 1983); *Почему пространство трехмерной?* (М., 1982); *Матвей Петрович Бронштейн (1906—1938)* (совм. с В. Я. Френкелем; М., 1990). Неоднократно печатался в «Природе».

«ЭНЕРГИИ сохранения закон — один из наиболее фундаментальных законов природы... строгий закон природы, справедливый для всех известных взаимодействий», — гласит энциклопедия¹. И диктаторское положение этого закона кажется сейчас не вызывающим сомнений. Трудно представить себе физика, не использующего понятий энергии, импульса и момента импульса — родственных по своим законам сохранения.

Однако биографию строгого закона не назовешь энциклопедически спокойной. Имеются в виду не события трехвековой давности, когда великий Лейбниц открывал великий закон для механики, и даже не полутрагедий, когда обнаружилось, что это закон очень общий. Настолько общий, что его наряду с открытием клетки и теорией Дарвина автор «Диалектики природы» положил в основу единственно верного мировоззрения.

Не будем трогать прошлые века, а посмотрим на век нынешний, точнее, на последние его 74 года. Нет, нет, никакого антисоветизма. Во-первых, за начало отсчета возьмем не 1917 год, а 1918. Во-вторых, хотя в биографии закона есть и «советские страницы», все же главные события происходили за пределами нашей Родины. И малоизвестность этих событий лишь отчасти объяснима положением диамата в СССР. Не меньше значило положение великого физика Н. Бора и распространенная склонность отличать поражения от побед. В результате, о трудных годах великого закона вспоминают сейчас незаслуженно мало. А ведь чтобы учиться у истории, надо ее знать.

1918 ГОД В ИСТОРИИ ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ

Этим годом датированы две статьи. Их авторы — Э. Нетер, быть может, самая выдающаяся женщина в истории математики, и А. Эйнштейн, о месте которого в физике можно не говорить.

¹ Физический энциклопедический словарь. М., 1983. С. 902.

Так называемая первая теорема Нетер занимает весьма скромное место в ее математическом творчестве², но имеет огромную ценность для теоретической физики. Эта теорема завершила и увенчала целый ряд исследований, анализирующих законы сохранения в механике, электродинамике и специальной теории относительности (СТО). Теорема Нетер дает наиболее глубокий — можно сказать, исчерпывающе глубокий — подход к законам сохранения, согласно которому каждая из сохраняющихся величин соответствует некоторой симметрии физической теории. В частности, закон сохранения энергии следует из однородности времени.

По теореме Нетер, сохраняющиеся величины порождаются симметриями пространства-времени — его однородностью и изотропией. Кроме энергии, это импульс, момент импульса и скорость центра масс. Эти 10 законов известны уже из классической механики, но их «семейственность» была тайной до теории относительности, поскольку не удавалось усмотреть родство пространственного поворота и перехода к движущейся системе отсчета. Число 10 определяется попросту числом измерений пространства-времени $n=3+1$:

$$10 = n(n+1)/2,$$

столько независимых преобразований возможно в инерциальной системе отсчета.

Помимо пространственно-временных законов сохранения теорема Нетер объясняет и другие — соответствующие «невидимым» симметриям (например, закон сохранения заряда), но о них мы говорить не будем.

Казалось бы, если в 1918 г. выяснилась сама природа законов сохранения, их прямая связь со свойствами пространства-времени, с самой общей количественной характеристикой окружающего мира — его четырехмерностью, то о каких сомнениях может идти речь? Ведь еще основатели физики были убеждены, что Книга Природы написана языком математики. И если на этом языке о законах сохранения все сказано еще в 1918 г., то в чем же дело?

Быть может, в том, что Книга Природы существует лишь в одном экземпляре, которого нет на полках у физиков? Они имеют дело лишь с различными рукописными ее

вариантами, написанными к тому же на физических диалектах математического языка.

Во всяком случае, нетеровский подход вошел в арсенал физики лишь четыре десятилетия спустя. Даже в авторитетном «Курсе теоретической физики» Ландау и Лифшица, где законы сохранения связываются с симметриями пространства-времени, теорема Нетер не используется.

Гораздо понятней, почему ничего нетеровского нет в статье Эйнштейна 1918 г. «Закон сохранения энергии в общей теории относительности»: она на два месяца старше статьи Нетер. Но тогда почему же историк нарушает хронологический порядок? Потому что хронологика — скажем так — и логика истории отнюдь не совпадают. И такое несоответствие нередко усугубляется иронией истории, как в нашем случае. Если работа Нетер, датированная июлем 1918 г., очень подходит на роль финального, торжественного аккорда в биографии законов сохранения, то в статье Эйнштейна, датированной маем, явственно слышится диссонанс, требующий разрешения (и это лишь первый диссонанс!).

Вот как начинается статья Эйнштейна: «Хотя общая теория относительности и нашла признание у большинства физиков-теоретиков и математиков, почти все коллеги возражают против моей формулировки закона сохранения импульса-энергии».

Ирония истории проявилась еще и в том, что закон сохранения энергии-импульса (в форме, позаимствованной из СТО) играл важную роль в попытках Эйнштейна построить теорию гравитации, названную им общей теорией относительности (ОТО). Но когда он ее построил (в 1915 г.), формулировка закона сохранения не удовлетворила «почти всех коллег», и в частности Э. Шредингера. Формулировку Эйнштейна вполне характеризует то, что ему пришлось использовать приставку «псевдо». Коллеги обнаружили, что если с эйнштейновской энергией обращаться без особых предосторожностей, ее можно получить из вакуума и, наоборот, обратить в нуль, когда гравитация явно действует.

Ответом на эти парадоксы и стала работа Эйнштейна 1918 г., в которой он указал, какие именно предосторожности необходимо соблюдать. Но это превращало энергию из общего, фундаментального понятия во вспомогательное, пригодное лишь в частном (хотя и важном) случае «островной» системы — распределения масс, окруженного пустым пространством. А значит, этому понятию не было места

² Для нее даже не нашлось места в обстоятельной научной биографии Э. Нетер, написанной знаменитым физико-математическим ученым Г. Вейлем.

в космологии! Такая «ограниченная дееспособность» настолько не соответствовала общему характеру эйнштейновской теории гравитации, что сейчас трудно понять, почему обсуждение проблемы энергии в ОТО затухло тогда в 1918 г., но вспыхнуло вновь четыре десятилетия спустя. С позиции «чистой науки» этого не объяснить.

Можно предположить, что тему «законы сохранения в ОТО» прикрыло триумфальное подтверждение ОТО А. Эддингтоном в 1919 г.: раз теория верна, неясность с энергией теряет остроту. А тут еще большинство физиков переключилось на изучение мира квантовых явлений.

ФИЗИКА МИКРОМИРА И ТРИ ПОПЫТКИ ПОШАТНУТЬ ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ

Из первых шагов в глубь микромира особенно крупный сделал в 1913 г. Н. Бор своей квантовой теорией атома. Недаром Эйнштейн назвал ее «одним из величайших открытий», чудом и «наивысшей музыкальностью в области мысли».

В новой квантовой «музыке» заметная партия принадлежала закону сохранения энергии — достаточно вспомнить соотношение $E' - E = h\nu$. Тем не менее именно Бор совершил самые серьезные покушения на строгий фундаментальный закон.

Первая попытка. 1922 г. В законе сохранения Бор впервые усомнился, размышляя о несовместимости волновых свойств света, с несомненностью доказанных, и представления о квантах света. Выдвинутая Эйнштейном в 1905 г. «эвристическая точка зрения» на свет как на поток отдельных частиц, успешно объяснившая фотоэффект, опиралась на закон сохранения энергии. Антипатия к идее кванта света вела к сомнениям в абсолютности закона сохранения. Эта мысль посещала не только Бора, но лишь его смелость и авторитет сделали эти сомнения достоянием сообщества физиков.

Способствовало этому и тогдашнее состояние квантовой теории, которой, собственно, еще не было. Что это за теория, если она объясняет по существу только один объект — атом водорода?!

Бор яснее других видел пропасть, зиявшую между квантовым (дискретным) и классическим (непрерывным) описаниями, и за мост через нее готов был отдать даже закон сохранения. По собственному опыту он знал, что иногда цели не достичь, двигаясь только маленькими шажками. Для такого мыслителя, как Бор, внутреннее несовершенство картины значило не меньше,

«Дарвин... подчеркнул общую несостоятельность закона сохранения энергии в процессах, происходящих в атомах...»

...нельзя провести общего описания явлений, для которых законы сохранения энергии и импульса... остаются справедливыми. Поэтому надо быть готовым к тому, что выводы из этих законов будут обладать лишь ограниченной справедливостью».

Н. Бор. Ноябрь 1922 г.

чем внешнее оправдание, каким располагала идея квантов света к 1922 г.

«Внешне» идея окрепла после открытия в 1923 г. эффекта Комптона и его фотонного объяснения на основе законов сохранения, что, однако, не уменьшило разрыва между корпускулярным и волновым представлениями. Поэтому Бор продолжал бороться с квантами света, и в 1924 г. он (с Х. Крамерсом и Дж. Слэтером) предложил подход, согласно которому закон сохранения выполняется лишь в среднем. Но в 1925 г. эксперимент ясно подтвердил фотонное описание, сокрушив тем самым подход Бора — Крамерса — Слэтера.

Для Бора, впрочем, первый натиск на закон сохранения завершился не столько подтверждением классического закона в атомной физике, сколько созданием последовательной квантовой теории. Ее увенчал в 1927 г. принцип дополнительности: долгожданный теоретический мост, связывающий корпускулярное и волновое описания, был построен.

Однако великий закон жил спокойно лишь два года. Новая опасность возникла, когда сделали еще один шаг в глубь структуры вещества — в область атомного ядра.

«...мы отказываемся... от прямого применения законов сохранения энергии и импульса...»

Н. Бор, Х. Крамерс, Дж. Слэтер.
Февраль 1924 г.

Читая нынешние книги, невозможно догадаться, что эта опасность считалась смертельной. Так, нобелевский лауреат С. Вайнберг в своей книге о субатомных открытиях ограничился всего одной фразой: «И не кто другой, как сам Нильс Бор, усомнился, соблюдается ли в процессе β -распада закон сохранения энергии. Правильное решение этой проблемы было куда менее радикальным»³. А согласно одному историку, «гипотеза Бора сразу же после появления встретила дружные возражения физиков»⁴.

Великий физик смахивает на легкомысленного хулигана, к тому же рецидивиста, всего через несколько лет вновь нарушившего общественный порядок.

Положение воспринимается по-другому, если хорошенько погрузиться в года, не так уж давно минувшие. Оказывается, для «рецидива» были веские основания — и экспериментальные, и теоретические.

В экспериментах 1927 г. обнаружилось, что электроны, вылетающие при β -распаде ядер, распределены по энергии в некотором диапазоне и не сопровождаются γ -излучением, которое помогло бы восстанавливать баланс энергии в каждом отдельном акте распада.

Имелось и благословение теории на то, что в физике ядра действуют новые законы. Ведь тогда считалось, что вещество построено всего из двух элементарных частиц — протонов и электронов. До открытия нейтрона (1932) не было сомнений, что электроны входят и в состав ядра — иначе его масса была бы пропорциональна заряду. Кроме того, о наличии электронов внутри ядра, казалось, прямо свидетельствовали сами β -лучи. После создания квантовой механики сразу стало ясно, что, будучи нерелятивистской теорией, она неприменима к внутриядерным электронам. Действительно, если в соотношении неопределенностей $\Delta p \Delta r \geq \hbar$ подставить массу электрона и размер ядра, получим, что скорости внутриядерных электронов близки к скорости света c . Значит, их поведение должно управляться релятивистской теорией.

Первые же попытки теоретиков проникнуть в область, где одинаково важны константы c и \hbar , привели к вопиющим проблемам. Достаточно сказать, что в их

названиях звучали слова «парадокс», «катастрофа».

Таким парадоксально-катастрофическим было состояние фундаментальной физики на рубеже 20—30-х годов. Все тогда жили ожиданием релятивистской квантовой теории, в которой действовали бы на равных две мировые константы c и \hbar . Казалось, что синтез релятивистских и квантовых идей в подлинной sh -теории станет чуть ли не последним важным событием в истории теоретической физики. От sh -теории ждали решения всех парадоксов и катастроф.

Физики, не успевшие еще привыкнуть к квантовой механике, были уверены, что грядущая sh -теория принесет с собой еще более глубокие перемены. Действовала инерция революционности.

Вторая попытка. 1929 г. В июле 1929 г. Бор решил узнать мнение Паули о рукописи подготовленной им заметки. Там, в связи с проблемой β -распада, Бор предположил, что в ядерной физике закон сохранения энергии может нарушаться, а в качестве возможного приложения этой гипотезы назвал загадку источников звездной энергии.

Паули, однако, не поддался на провокацию и посоветовал Бору отложить эту заметку и оставить звезды в покое. В противовес он выдвинул собственную гипотезу.

В декабре 1930 г. в письме «собранию радиоактивных дам и господ» Паули, по его словам, «предпринял отчаянную попытку спасти... закон сохранения энергии»⁵. Он предположил, что в ядрах существуют нейтральные частицы, которые при β -распаде вылетают из ядер вместе с электронами и, обладая большой проникающей способностью, уносят с собой «несохраняющуюся» часть энергии.

Только через несколько лет стало ясно, что Паули предсказал и нейтрон, и нейтрино, совместив их, однако, в одной частице!

И Бор, и Паули воздерживались от публикаций, ограничиваясь устными обсуждениями с коллегами. Среди теоретиков, в особенности молодых, идеи Бора нашли гораздо большую поддержку. Гипотеза Бора о несохранении энергии впервые была опубликована — очень сочувственно — в статье Г. Гамова 1930 г. Напомним, что своей работой по α -распаду Гамов положил начало теоретической ядерной физике.

³ Вайнберг С. Открытие субатомных частиц. М., 1986. С. 215.

⁴ Гельфер Я. М. Законы сохранения. М., 1967. С. 224.

⁵ Паули В. К старой и новой истории нейтрино // Теоретическая физика XX века. М., 1962. С. 390.

И ему злополучные электроны мешали больше, чем другим. В своей книге 1931 г. упоминания ядерных электронов Гамов отмечал черепом с костями, в роли которых выступали буквы « β ».



Противостоящие гипотезы встретились в октябре 1931 г. на I Международном конгрессе по ядерной физике в Риме, и Бор опубликовал свою точку зрения именно в трудах конгресса. Реферируя эту книгу, М. П. Бронштейн (информированности которого можно вполне доверять) писал: «Согласно взглядам Бора, которые теперь уже, кажется, стали почти общепринятыми среди теоретиков, законы сохранения энергии и количества движения, представляющие одну из наиболее характерных черт современной физической теории, должны перестать соблюдаться в области релятивистской теории квантов»⁶.

Осенью 1933 г., накануне перелома в физическом общественном мнении, тот же Бронштейн засвидетельствовал: «До последнего времени допущение «нейтрино» казалось признаком столь дурного вкуса, что теоретики, почти не колеблясь, принимали альтернативу, предложенную Бором»⁷.

Почему же произошел перелом во вкусах? Во-первых, после экспериментального открытия двух новых частиц — нейтрона и позитрона — предположение еще об одной частице уже теряло свою беспрецедентность. Во-вторых, на нейтринной основе Ферми построил теорию β -распада.

Но эти обстоятельства были решающими только для теоретиков прагматического склада (хотя прямое открытие нейтрино произошло, напомним, лишь в 1956 г.) Для иных же понадобились более теоретические аргументы. Особенно веский, как ни странно, предоставила теория гравитации. И появился он в России.

Для большинства тогдашних физиков слабость гравитационного взаимодействия и его очевидное неучастие в атомной физике были достаточной причиной, чтобы забывать о гравитационной константе G . Однако были и понимавшие, что за с G -тео-

«Следуя красивой идее проф. Нильса Бора, можно думать, что излучение звезд обязано просто нарушению закона сохранения энергии, который, как впервые указал Бор, несправедлив в релятивистской квантовой теории, когда отказывают законы обычной квантовой механики (что доказывается экспериментами по непрерывному спектру электронов бета-распада и стало вероятным благодаря теоретическому рассмотрению)».

Л. Ландау. 1932 г.

рией должна последовать с G -теория, органически объединившая гравитацию и кванты, и что подлинную космологию следует строить на с G -фундаменте. Особенно ясно это видел Бронштейн, который и ввел с G -точку зрения на теоретическую физику⁸. Свободно чувствуя себя и в квантовой физике, и в астрофизике, и в космологии, он попытался реализовать гипотезу Бора в космологии, где особенно загадочной считал проблему асимметрии времени: почему осуществляется именно расширение Вселенной? Нарушение закона сохранения энергии, по мысли Бора, могло происходить в квантово-релятивистских недрах звезд. Бронштейн усреднил это нарушение по всей Вселенной, предложив новую космологическую модель. Тем самым связывались бы все масштабы: ядро, звезда и Вселенная.

Сейчас подобный замах может вызвать улыбку, но это говорит лишь о том, как трудно представить себе тогдашнюю ситуацию в физике. Бронштейн был не каким-то вольным мечтателем, а серьезным теоретиком, успешно работавшим и в более земных областях.

Свою новую работу он, естественно, решил обсудить с товарищами, тоже приверженцами гипотезы Бора — с Ландау и Гамовым. Тогда-то Ландау и заметил, что гипотеза несохранения энергии несовместима с общей теорией относительности. В какую бы микроскопическую область ни запрягать несохранение энергии, на достаточном удалении от этой области применима

⁶ Бронштейн М. П. *Convegno di Fisica Nucleare // Сорена. 1933. № 1. С. 176.*

⁷ Бронштейн М. П. *Всероссийская ядерная конференция // Сорена. 1933. № 9. С. 155.*

⁸ Горелик Г. Е. *Субъядерная физика, М. П. Бронштейн и Э. Майорана // Природа. 1992. № 2. С. 126—128.*

классическая ОТО, согласно которой масса-энергия источника поля не зависит от времени.

Казалось бы, такой эфемерно-теоретический, можно сказать схоластический, довод не мог сравниться с эмпирическими нейтронно-нейтринными данными. Но хотя опыт и называют часто верховным судьей теории, фактически надо говорить о суде присяжных, где помимо опыта участвуют и другие вершители правосудия.

Как только довод Ландау явился на свет, Гамов сразу же сообщил о нем отцу гипотезы. И Бор — отдадим должное его «родительским чувствам» — отчаянно предположил, что теория гравитации неприменима к атомным частицам. А Гамов по этому же поводу писал: ...«отказ от закона сохранения энергии должен необходимо повести к изменению общих уравнений гравитации для пустого пространства. Это, конечно, возможно, но весьма неудобно»⁹.

Бронштейн, знаток ОТО, яснее видя всю меру этого «неудобства», согласился, что указанный Ландау довод «по-видимому, исключает возможность нарушения закона сохранения энергии». И даже Паули говорил об этом аргументе как о значительном достижении.

Итак, несмотря на смехотворную малость гравитационных эффектов в микрофизике, ОТО сумела сказать веское слово в защиту закона сохранения. Теоретики были готовы менять понятия, двигаясь вперед, но вовсе не готовы были жертвовать классическим наследием, в которое тогда уже входила ОТО. Характерное для науки сочетание революционности и консерватизма.

Попытка третья и последняя. 1936 г. К 1935 г. все «присяжные», каждый по своим причинам, сказали «нет» гипотезе Бора о несохранении энергии. Тем удивительнее третье покушение на фундаментальный закон в начале 1936 г. Тогда Р. Шэнкланд опубликовал результаты своих опытов по комптоновскому рассеянию в области высоких энергий, и эти результаты противоречили закону сохранения. Опыты вызвали сильное волнение, вновь вспыхнули дискуссии о законах сохранения. Проще всего это объяснить верой в сказочное правило, согласно которому третья попытка всегда успешна. Но для прагматичных современников важнее было, что опыты Шэнкланда проводились в лаборатории самого Комптона, а для чистых теоретиков —

отсутствие решающих успехов в построении последовательной $с\hbar$ -теории.

«Сейчас физика стоит перед той перспективной, что ей придется произвести решительное изменение в своих основах, включающее в себя отказ от некоторых ее принципов, в которых она была до сих пор больше всего уверена (сохранение энергии и импульса), и замену их теорией Бора, Крамерса, Слэтера или чем-то подобным... Единственная важная вещь, от которой мы отказываемся, — это квантовая электродинамика». Нелегко поверить, что эти слова написал в феврале 1936 г. Поль Дирак — один из создателей квантовой электродинамики¹⁰.

Опыты Шэнкланда были очень скоро опровергнуты. Точку в этой истории поставил сам Бор: «Основания для серьезных сомнений в строгой справедливости законов сохранения энергии при испускании β -лучей атомным ядром сейчас в основном устранены». Слова «серьезных» и «в основном» в этом некрологе, так же как опрометчивое заявление Дирака, свидетельствуют, что 13-летняя жизнь гипотезы несохранения — это не второстепенный эпизод, а яркое проявление той драмы идей, которую переживала физика в первой трети XX в. А хэппи-энд в истории несохранения не мешает теоретикам до сих пор мечтать о последовательной «релятивистской теории квантов» — полной $с\hbar$ -теории.

Впрочем, если посмотреть на историю законов сохранения через широкоугольный объектив, станет ясно, что «хэппи-энд» не очень-то удался. А в драме, как и в жизни, с трагизмом соседствует комизм.

Было в этой драме и отчетливое социальное звучание. Особенно громким оно оказалось в СССР, где на стороне гипотезы несохранения выступали молодые теоретики Гамов, Ландау, Бронштейн, а среди противников особенно активны были воинствующие марксисты-публицисты (точнее их было бы назвать энгельсстами — по главным их аргументам). В СССР гипотеза несохранения попала между философским молотом и физической наковальней. На драматический ход развития физических идей накладывалась возмраставшая идеологизация естествознания. Хотя по существу смерть гипотезы несохранения была чисто физической, внешне дело выглядело так, что правы в результате оказались те, кто был удручающе не прав в аргументах.

Идеологизированное восприятие физи-

⁹ Гамов Г. А. Очерк развития учения о строении атомного ядра. V. Проблема бета-распада // Успехи физ. наук. 1934. Т. 14. С. 389.

¹⁰ Dirac P. Does conservation of energy hold in atomic processes? // Nature. 1936. V. 137. P. 298.

«...мы... уже можем сделать вывод, что никаких оснований для отрицания закона сохранения энергии нет. Отдельные крупнейшие физики Запада придерживаются в этом вопросе осторожной точки зрения (Дирак, Паули и др.) в противоположность некоторым ретивым гонителям закона сохранения энергии в стране диалектического материализма (Гамов, Ландау, Бронштейн и др.). Разумеется, в среде советских физиков есть и такие (например, акад. Иоффе), которые не стоят на подобной позиции. Но возражения многих из них робки, и решительной отповеди идеализму до сих пор еще не дано».

Д. Блохинцев, Ф. Гальперин. Борьба вокруг закона сохранения и превращения энергии в современной физике // Под знаменем марксизма. 1934. № 2.

«Никакой опытный закон не может претендовать, чтобы быть обязательно справедливым для такой области явлений, которая впервые становится доступной опыту. Святых законов в физике не может быть, закон сохранения энергии тоже не есть святой закон, и канонизировать его нет никаких оснований».

А. Ф. Иоффе. 1934 г.

ческой идеи участвовало и в научно-политической жизни. Так, например, в 1949 г. в ходе подготовки (несостоявшегося) Всеююзного совещания физиков прозвучало: «Недостаточно критическое отношение к идеалистическим извращениям в науке имеется также и среди советских физиков, например, поддерживавших боровский, копенгагенский тезис о несохранении энергии (Ландау)...»¹¹. Этим «материализмом» здесь и ограничимся, за подробностями отсылая к литературе¹².

¹¹ Архив РАН. Ф. 596. Оп. 2. Д. 175. Л. 76.

¹² Горелик Г. Е., Франкель В. Я. Матвей Петрович Бронштейн (1906—1938). М., 1990. Гл. 4.

«Физический идеализм хочет упразднить закон сохранения энергии!...

Исчерпывающий теоретико-познавательный анализ закона сохранения энергии — напомним — был произведен Энгельсом, завершен Лениным...

В 1923 г. представители махистской (так называемой «копенгагенской») школы, держащей гегемонию в современной европейской физике, Крамерс, Слэтер и др., делают первую официальную попытку подрыва закона сохранения энергии по линии превращения его в «статистический закон»...

Вторая линия якобы «марксистская», против окостенелости понятий...

К чему после этого все наши советские заботы об энергетических ресурсах во второй и последующих пятилетних планах!...

В частности, весьма нетрудно угадать, чьими рабами (или сознательными проводниками?) являются сторонники несохранения энергии...

Господам несохраненцам угодно хотеть, чтобы революционная теория рабочего класса сидела, сложив руки, предоставив им в порядке «домашнего» и «внутреннего» дела тащить физику в поповское болото.

Но они этого не дождутся, эти господа. Суперарбитром здесь, в опыте Вустера — Эллиса, как и всюду, выступает марксистско-ленинское учение».

Львов В. Е. Перпетуум мобиле — последнее слово буржуазной физики // Новый мир. 1934. № 5. С. 224—242.

Тем более, что драматизм дает и чисто научная история.

ДВАДЦАТЬ ЛЕТ СПУСТЯ

Как мы видели, против несохранения энергии в микрофизике выступила ОТО. Но в самой ОТО проблема законов сохранения была по меньшей мере недорешена и отложена из-за обилия других, более насущных.

Отложена она оказалась на целых два десятилетия, если отсчитывать от вмешательства ОТО в ядерную физику. В 50-е годы проблема энергии в ОТО довольно неожиданно вновь стала горячей точкой. Возможно, это было неким откликом на сенсационное экспериментально зафиксированное нарушение закона сохранения четности: если рухнул один закон, то и другой не застрахован. А может быть, изрядно выросшее на военно-технической почве сообщество физиков столкнулось с идеей безработицей — бурный поток экспериментальных открытий с 30-х годов заметно уменьшился. Поэтому внимание физиков переключилось в большей мере на внутренне-теоретические проблемы. И величественная ОТО предоставляла замечательное поле деятельности.

Проблема энергии в ОТО породила больше сотни исследований. Теперь уже применялся нетеровский подход, изощренная математика, было изобретено множество конструкций. А результат этих усилий оказался довольно скромным. Эйнштейновский подход 1918 г. (применимый, напомним, к важному, но частному случаю уединенной системы) получил более тщательное оформление, однако полного, общеприменимого решения так и не было найдено; что такое гравитационная энергия в самой общей ситуации, включающей и космологию, так и неизвестно до сих пор. Впрочем, волнует это, кажется, лишь гравитационистов.

В то же время «негравитационная» фундаментальная физика подтверждала законы сохранения во все более широкой области явлений. Пока микрофизики игнорировали гравитацию, точнее говоря, оставляли ей в удел макроскопические задачи, безразличие к проблеме гравитационной энергии было довольно естественным. Однако по мере продвижения физики в глубь микромира и в ширь мегамира стало крепнуть убеждение, что без объединения квантовой теории и теории гравитации не обойтись, т. е. понадобится предвиденная еще в 30-е годы SGr -теория. Но в таком случае проблема энергии перестает быть внутренним делом «узких» специалистов.

Как же смотрят на эту проблему более «широкие» физики? Преобладает, пожалуй, мнение, что никакой особой проблемы, собственно, и нет. Просто указанный Эйнштейном подход исчерпывает все случаи, когда понятие энергии имеет смысл в ОТО. Ведь закон сохранения в чистом виде означает, что некая характеристика системы не меняется со временем. Это предполагает, что данная величина вдали от системы равна

нулю, что она не уходит от системы и не приходит к ней. Иными словами, вдали от системы нет никаких источников гравитации, и там — плоское пространство-время. А это и есть островная система. В более же общей ситуации понятие энергии просто не имеет смысла. Подобная ограниченная применимость классических понятий — дело обычное при переходе к более общей теории (так, понятие траектории отмирает при переходе от классической механики к квантовой). И кроме того, без понятия энергии в ОТО можно обойтись: ведь законы сохранения — лишь следствие общих уравнений движения, ну а с ними в ОТО все в порядке.

Имеются, впрочем, и две другие позиции.

Небольшая (можно сказать, «островная») группа физиков во главе с А. А. Логуновым считает, что эйнштейновский подход неудовлетворителен даже для островного случая, что закон сохранения энергии не просто не определен в ОТО, но что он нарушается. Исходя из этого и под впечатлением неколебимой сохранности энергии в физике элементарных частиц, они отвергают эйнштейновскую теорию гравитации в целом¹³.

Однако и среди специалистов, которые не ставят под сомнение ОТО и считают ее столь же прочно обоснованной, как ньютоновская механика, существует неудовлетворенность. Например, известный английский ученый Р. Пенроуз, перечисляя нерешенные проблемы классической ОТО, первыми назвал проблемы энергии — импульса и момента¹⁴.

Пояснить эту неудовлетворенность можно с помощью теоремы Нетер.

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В ОТО И ТЕОРЕМА НЕТЕР

Начнем с того, что закон сохранения в чистом виде — предельный, частный случай. В классической электродинамике, где с законами сохранения полная ясность, нетеровский подход дает в общем случае уравнения баланса, согласно которым соответствующая характеристика системы в конечный момент времени равна начальной за вычетом (или с добавлением) того количества, которое прошло через границу систе-

¹³ Логунов А. А. Релятивистская теория гравитации // Природа. 1987. № 1. С. 36—47.

¹⁴ Penrose R. Some unsolved problems in classical general relativity // Ann. Math. Stud. 1982. N. 102. P. 631—668.

мы за данное время. Этот закон описывает, например, работу радиостанции. Таким образом, и в теории гравитации можно не ограничиваться островным случаем.

Особую неудовлетворенность вызывает вопрос о соотношении ОТО и сопредельных физических теорий. О таком соотношении можно говорить с помощью разных понятий. Но на языке законов сохранения имеется некий разрыв. И это порождает вопросы о родстве ОТО как с ее предками (с-теория и G-теория), так и с ее грядущей наследницей — сGh-теорией.

Если в физике, основанной на СТО, т. е. в с-теории и в sh-теории, законы сохранения энергии, импульса и момента фундаментальны и ясны по своей природе, то как понимать их отсутствие в ОТО? Неужели нельзя хотя бы проследить «происхождение» законов сохранения в с-теории, проследить, как и из какой общерелятивистской «пены» рождаются законы, для физиков не менее прекрасные, чем Афродита для древних греков?

За десятилетия накопились и от многократного употребления отшлифовались контраргументы, убедительность которых, однако, основана на некоторых предположениях. Пытались совместить в ОТО различные свойства, совместимые в СТО. Гравитацию хотели сделать похожей на электромагнетизм. Но при этом решение проблемы искало общеквариантное — пригодное для произвольных координат, хотя по существу важна произвольность геометрии, метрики.

Речь идет о проблеме с большим стажем и обширным дискуссионным содержанием. Поэтому обрисуем ее лишь в общих чертах. Для этого вернемся к началу статьи, к нетеровской точке зрения.

В СТО симметричность плоского пространства-времени, его полная однородность не вызывает сомнений. При переходе к произвольно искривленному пространству-времени ОТО все это вроде бы сразу рушится. И, что особенно неприятно, рушится при малейшем же искривлении. В случае произвольной кривизны, казалось бы, нет никакой симметрии, на которую может опереться теорема Нетер.

Однако если вспомнить, что число законов сохранения (10) определяется числом измерений пространства-времени, и учесть, что четырехмерность при переходе к ОТО не меняется, получим симметрию размерности пространства-времени. Чтобы выявить ее, надо вместо декартовых инерциальных координат ввести координаты, «сделанные из метрики» самого пространства-времени. Первые координаты такого рода использовал еще Ри-

ман. На искривленной поверхности это можно сделать так: зафиксировав две точки, назвать координатами произвольной точки ее расстояния до зафиксированных (вдоль поверхности).

Так устанавливается родство между 10 законами сохранения в СТО и 10 уравнениями баланса энергии-импульса-момента в ОТО¹⁵.

Что же касается родственных отношений сG-теории и sh-теории с ожидаемой сGh-теорией, то здесь слишком много неясного¹⁶, чтобы обсуждать роль понятия энергии.

Итак, если смотреть на жизнь науки не сквозь страницы учебников физики, где царит неколебимое спокойствие, а подойти к границам физической ойкумены, то окажется, что закон сохранения энергии пережил в XX в. весьма драматические события.

После того, как во втором десятилетии великий закон нашел самое глубокое и прозрачное — нетеровское — обоснование в с-теории (СТО) и сыграл значительную роль в создании сG-теории (ОТО), завершение последней превратило закон в проблему. Удовлетворившись ее частичным решением под впечатлением триумфального подтверждения ОТО, теоретики перенесли центр своих усилий в область sh-теории. И здесь за 15 лет фундаментальный и строгий закон подвергся трем нападениям. Самое серьезное из них было отражено совместными усилиями физики экспериментальной и сG-теоретической. После 20-летнего перерыва и в связи с некоторым затишьем в sh-физике проблема энергии в ОТО вновь обострилась. Однако, оставаясь уделом узких специалистов и породив большое число работ, она так и не получила общепризнанного полного решения. Эта безуспешность вместе с триумфальным шествием законов сохранения энергии-импульса-момента в глубь микромира привели в 80-е годы к призыву вообще отвергнуть ОТО. И то что большинство физиков не сочли нужным исполнить этот призыв, само по себе проблеме энергии не закрыло.

Так что история закона сохранения энергии еще далеко не завершена.

¹⁵ Горелик Г. Е. Размерность пространства-времени и квазигруппа Пуанкаре в ОТО // Эйнштейновский сборник. 1984—1985. М., 1988. С. 271—300.

¹⁶ Киржиц Д. А. Элементарная длина // Природа. 1991. № 10. С. 8—18.

Ионные градиенты в жизни клетки

А. А. Болдырев



Александр Александрович Болдырев, профессор Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, доктор биологических наук, специалист в области мембранной регуляции обмена веществ. Научные интересы связаны с изучением действия биологически активных веществ как регуляторов метаболизма на уровне клеточной мембраны. Автор ряда книг и монографий по этой проблеме.

ПРОБЛЕМА жизнеспособности клеток была одной из самых интригующих для естествоиспытателей на всем протяжении развития биологической науки. В разных терминах, но одинаково заинтересованно искали эликсир жизни алхимики, выясняли природу одухотворенности парапсихологи, пытались объяснить сопротивление живого необратимому росту энтропии биофизики и молекулярные биологи.

Уже первая формулировка проблемы — чем живое отличается от неживого — ставит в тупик, ибо физики отвечают: «Ничем, в состав живых клеток входят те же соединения, что и в состав неживой природы». Более того, смерть наступает тогда, когда живое вещество уже не в состоянии функционировать, но оно еще не мертвая субстанция, нарушен только ее порядок.

Таким образом, естествознание XX в. было призвано сформулировать гипотезу о специфической организации белков и нуклеиновых кислот как условия функционирования живого — будь то одноклеточная амeba или культивируемые клетки тканей высших животных и человека, способные расти, размножаться и сохранять свои тканевые особенности.

Изучение клеточного строения органов и тканей приблизило исследователей к пониманию критериев жизнеспособности клеток. Это прежде всего целостность клеточной мембраны, сохраняющей внутреннее содержимое клетки.

Для чего же нужна ненарушимость клеточной структуры, если современный биохимик выделяет из клеток и тканей любой из известных белков-ферментов без изменения их функциональных свойств (ферментативных, сократительных, регуляторных и т. д.)? Даже органеллы, генерирующие энергию (митохондрии) или синтезирующие белки (рибосомы), можно получить в изолированном состоянии и заставить «работать» в пробирке. Но это не будет проявлением жизни. Чем же отличается клетка от совокупности своих разрозненных элементов?

ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ КЛЕТОЧНОЙ МЕМБРАНЫ

Одно из существенных отличий заключается в том неравновесном (несимметричном) распределении ионов Na и K по обе стороны мембраны, которое и делает ее целостность необходимым условием жизнедеятельности клетки. Сравнение ионного состава внутриклеточной и внеклеточной среды некоторых объектов (табл. 1) показывает, что в цитоплазме клетки много ионов калия и мало натрия. В плазме крови, как и в морской воде, это соотношение обратное. Строго говоря, в ряде случаев имеются различия и по другим ионам — магнию и хлору, но они не столь существенны, так как эти ионы свободно перемещаются через клеточную мембрану, уравнивая заряды или осмотическую активность среды. Для натрия и калия клеточная мембрана практически непроницаема¹, что и позволяет клетке поддерживать асимметрию в распределении этих ионов с помощью специальных механизмов.

Три вопроса возникают при рассмотрении этой проблемы: какой смысл в отборе именно этих ионов в ходе эволюции, какова функция ионных градиентов в жизни клетки и как они создаются и поддерживаются?

В настоящей статье мы попытаемся кратко обсудить эти вопросы.

Схожесть ионного состава плазмы крови и морской воды наводит на мысль, что внутри себя мы до сих пор несем частичку среды, в которой возникла когда-то жизнь (если справедливо, что она зародилась в глубинах Мирового океана, и если учесть, что с тех пор его солевой состав несколько изменился). В ходе эволюции, с образованием колоний одноклеточных, а позже и многоклеточных организмов межклеточная жидкость оказалась тем эталоном, который в каждый момент позволял оценить степень жизнеспособности клеток — по отличию ионного состава, по способности поддерживать низкую концентрацию натрия и высокую — калия внутри клетки.

Почему природа выбрала именно натрий и калий в качестве таких индикаторов? Причина проста: их много в неживой природе² и, кроме того, они отличаются важными особенностями; низким потенциалом

Таблица 1
Содержание ионов в тканях и жидкостях, ммоль/л

Объект	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻
Крыса					
плазма крови	145	6,2	3,1	1,6	116
мышца	27	101	1,5	11	16
Лягушка					
плазма крови	104	2,5	2,0	1,2	74
мышца	24	85	2,5	11,3	10
Беззубка					
плазма крови	15	0,4	5,3	0,4	10
Осьминог					
плазма крови	525	12,2	11,6	57,2	480
мышца	81	101	3,7	12,7	93
Голотурия					
тканевая жид-					
кость	460	11,8	19,7	50	523
мышца	191	139	89	39	277
Морская вода	440	9,5	0,4	1,3	535

ионизации внешнего электрона (так называемый первый потенциал ионизации) и сравнительно высоким вторым потенциалом (отрыв следующего электрона).

В биологических жидкостях натрий и калий существуют преимущественно в ионной форме. В водной фазе они бурно ионизируются с восстановлением водорода воды, а образующиеся ионы легко гидратируются и напоминают ионы инертного газа (сферические и слабополяризуемые).

Натрий и калий относятся к I группе элементов таблицы Менделеева вместе с H, Li, Pb, Cs, Fr. Все они (кроме газообразного водорода) входят в группу щелочных металлов, для которых характерен избыток (по отношению к инертным газам) S-электрона.

Несмотря на высокую подвижность Na и K⁺ в водных растворах, в живых системах они распределены неравномерно: между клетками и внеклеточной средой существует определенная избирательность (см. табл. 1).

Внеклеточный натрий регулирует осмотический баланс организма и содержание воды в тканях, участвует в поддержании кислотно-щелочного равновесия в организме, а в возбудимых тканях (нервная и мышечная) — в формировании электрического потенциала. В последнее время установлено, что натрий, связываясь с ионными центрами макромолекул нуклеиновых кислот и белков, меняет их конформацию, делает ее более «напряженной», т. е. активной.

Калий в большинстве случаев обладает противоположным действием. Так, Na⁺ при

¹ Клеточная мембрана непроницаема и для ионов кальция, который также вносит существенный вклад в регуляцию жизнедеятельности. Подробнее см.: Левицкий Д. О. Са и биологические мембраны. М., 1990.

² Введение в биомембранологию / Под ред. А. А. Болдырева. М., 1990.

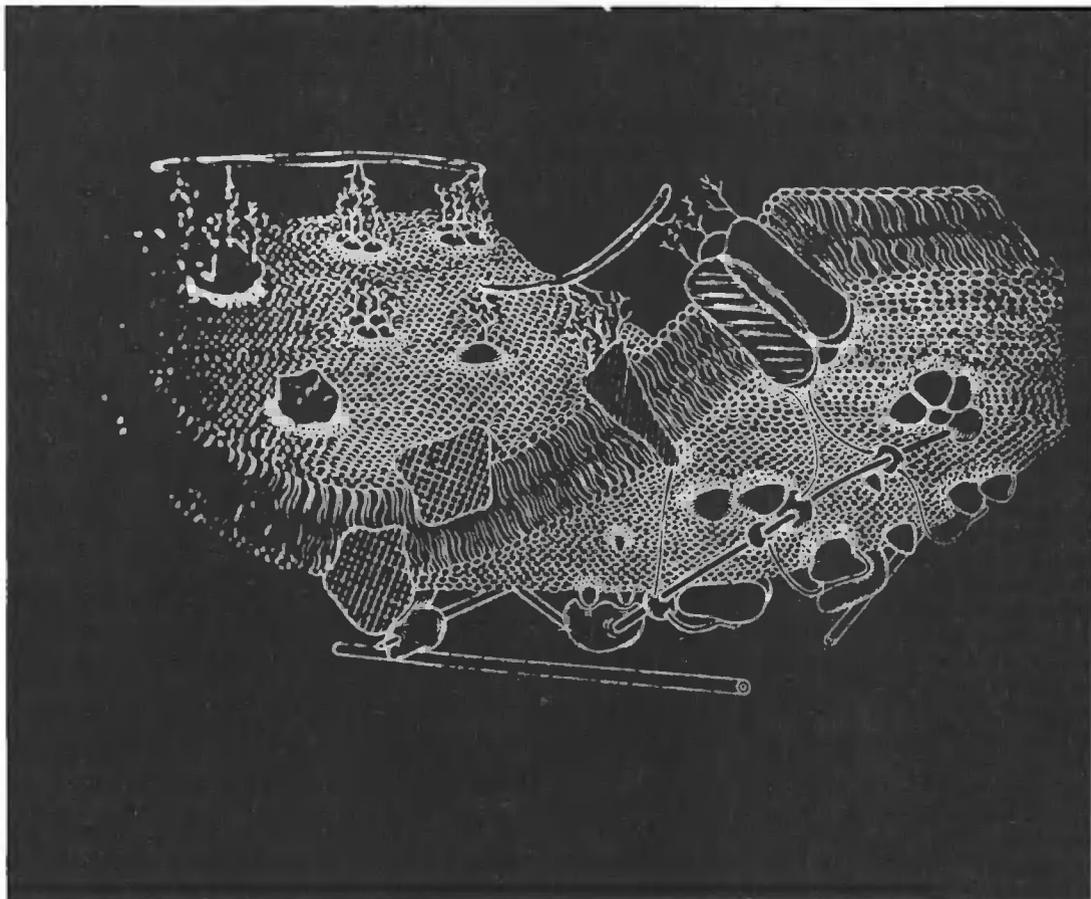


Схема строения клеточной мембраны.

возбуждении деполяризует клетки, а K^+ восстанавливает исходный потенциал на мембране; K^+ активирует ряд ферментов гликолиза, а Na^+ ингибирует их. По-разному влияют эти ионы и на конформационное состояние макромолекул. В основе их действия, видимо, лежит множественное связывание с анионными центрами крупных молекул, так как оптимальные активирующие концентрации одновалентных катионов очень высоки (50—100 ммоль/л).

Результаты многих экспериментов показывают, что молекулы белков и нуклеиновых кислот могут «различать» Na^+ и K^+ , несмотря на большое сходство между ними. Механизм этого явления пока не ясен. Предполагают, что он связан с различной энергией гидратации этих ионов (табл. 2). Везикулы, приготовленные из природных фосфолипидов (например, фосфатидилсерина), создают на своей мембране пяти-семи-

Таблица 2
Физико-химические свойства ионов Na^+ и K^+

Характеристика ионов	Na^+	K^+
Радиус	0,98А	1,33А
Координационное число	6—8	6
Равновесный потенциал	+60 мВ	—94 мВ
Предельная температура	+20 °С	+70 °С

кратное различие в концентрациях K^+ и Na^+ за счет разной проницаемости для этих ионов, определяемой, вероятно, различиями в связывании с переносящими их группами.

ЗАЧЕМ НУЖНА ИОННАЯ АСИММЕТРИЯ?

Но почему асимметрия ионов Na и K обеспечивается таким образом, что натрий выбрасывается из клетки, а калий накапли-

вається внабри? Однозначного ответа на этот вопрос нет, хотя имеется несколько предположений.

Согласно одному из них, Na^+ не потому выводится из клетки, что менее желателен там, и K^+ накапливается не из-за его особых качеств³. Просто в среде обитания первичных существ лишь эти ионы можно было выбрать для характеристики целостности клетки. Однако для создания электрохимического потенциала, при котором натрия внутри клетки было бы больше, чем в окружающей среде, необходимо создавать очень высокие концентрации Na^+ (несколько молей на 1 л). Напротив, калия в морской воде так мало, что даже низкие его концентрации (0,1—0,15 М/л) в клетке достаточны для выведения аналогичных количеств натрия в среду (что несущественно для ее ионного состава) и создания специфического баланса ионов внутри клетки. Таким образом, накопление K^+ и выброс Na^+ оказался наиболее экономным способом для зарядки клеточной мембраны.

Однако есть и другая точка зрения. Известный исследователь Дж. Линг, прошедший путь от клинициста-практика до теоретика, исследующего механизмы регуляции клеточного метаболизма, по-иному подошел к этой проблеме. Он полагает, что асимметричное распределение Na^+ и K^+ по обе стороны мембраны не только и не столько отражает жизнедеятельность (или является ее результатом), сколько регулирует обмен веществ в клетке, особенно в ключевые моменты ее функционирования⁴.

В основе концепции Линга лежит подмеченная им различная способность ионов калия и натрия связываться с макромолекулами. Замена калия (состояние покоя) натрием («возбуждение») меняет физико-химическую обстановку в цитоплазме клетки, что изменяет конформацию белков, нуклеиновых кислот и в итоге регулирует считывание генетической информации, определяет состояние рибосомального аппарата, мембранного потенциала клетки и т. д.

Такая точка зрения согласуется с современными представлениями о механизме распространения возбуждающего потенциала по мембране нейрона, инициации мышечного сокращения и даже регуляции кле-

точного цикла⁵. Действительно, замена калия натрием существенно меняет состояние воды в клетке.

Одно из основных отличий натрия от калия — критическая температура гидратации: при температурах 25—40 °С натрий охотнее связывает воду, а калий отдает, т. е. натрий в клетке гидратирован, а калий находится в свободном состоянии. При этом один ион легко заменяется другим: размеры гидратированного Na^+ и негидратированного K^+ близки.

Таким образом, в цитоплазме клетки существует равновесие между Na^+ , K^+ и молекулами воды, связанной с ионами и макромолекулами. Если содержание калия в клетке будет увеличиваться, а натрия уменьшаться, это приведет к высвобождению молекулы воды, которые начнут «атаковать» макромолекулы. Напротив, снижение уровня K^+ и повышение Na^+ связывают воду и лишают макромолекулы водной шубы. Таким образом, системы транспорта Na^+ и K^+ непосредственно связаны с транспортом воды через клеточную мембрану, а значит, и с регуляцией состояния генетического материала клеток, синтеза белков, роста клетки и тем самым клеточного цикла⁶. По мнению Линга, контроль синтеза белка при злокачественном перерождении утрачивается вследствие дефектов в мембране, нарушающих нормальный транспорт Na^+ и K^+ . Все это указывает на важную роль системы переноса ионов Na и K через клеточную мембрану против градиента их концентрации.

КАК СОЗДАЮТСЯ ИОННЫЕ ГРАДИЕНТЫ?

Необходимость ионного насоса в клеточной мембране еще в 1941 г. предсказал Р. Дин⁷, а строгая концепция активного ионного транспорта была предложена Г. Уссингом в 1942 г. (обычно ссылаются на работу 1949 г.)⁸.

В этот период И. Скоу, исследуя механизм местной анестезии, обнаружил, что влияние pH на эффективность обезболивания коррелирует с влиянием pH на прони-

³ Шноль С. Э. Физико-химические факторы биологической эволюции. М., 1979; Твердислов В. А., Тихонов А. Н., Яковенко Л. В. Физические механизмы функционирования биологических мембран. М., 1987.

⁴ Ling G. In search of the Physical Basis of life. N. Y., 1984.

⁵ Катц Б. Нерв, мышца и синапс. М., 1968; Болдырев А. А. Биохимические аспекты электрохимического сопряжения. М., 1977; Северин Е. С., Кочеткова М. Н. Роль фосфорилирования в регуляции клеточной активности. М., 1985.

⁶ Спириин А. С., Четверин А. Б. // Успехи биол. химии. 1983. Т. 24. С. 3—39.

⁷ Dean R. // Biol. Symp. 1941. V. 3. P. 127—155.

⁸ Ussing H. // Phys. Rev. 1949. V. 29. P. 127—155.

цаемость искусственных мембран для Na^+ . Значило ли это, что анестетики, внедряясь в мембрану, действуют на работу мембранных белков? Ионные каналы тогда еще не были выделены, а изолированные ферменты ацетилхолинэстераза и каталаза, доступные для экспериментов, не были пригодны, так как они утрачивали при выделении чувствительность к изменению поверхностного давления мембраны. В поисках подходящего фермента Скоу, анализируя гидролиз АТФ гомогенатами нервной ткани краба, обнаружил, что часть ферментативной активности, регулируемая ионами Na^+ и K^+ , наиболее активна при определенном соотношении между ними. Так в 1957 г. был найден фермент Na , K -АТФаза, с которого началась новая эра в биоэнергетике клетки⁹.

Впоследствии стало ясно, что этот фермент, гидролизуя АТФ, служит насосом для ионов. В каждом цикле при гидролизе 1 молекулы АТФ из клетки выбрасываются три иона натрия и аккумулируются два иона калия — так поддерживается отрицательный потенциал на внутренней стороне клеточной мембраны. Удалось идентифицировать гены, отвечающие за синтез Na , K -АТФазы, и определить последовательность нуклеотидов в них и, соответственно, первичную структуру фермента. Разработаны подходы, позволяющие получать его в чистом виде из разных тканей (мозг, почки, солевые железы и т. д.). Выполнена реконструкция транспортности фермента в искусственной мембране в составе протеолипосом, определена его молекулярная масса и функциональная единица — димер из двух протомеров.

Проблема Na , K -АТФазы стала основной в работах ее первооткрывателя, одного из лидеров датской школы специалистов по биологическим мембранам. Активно развивалась она и у нас в стране, в том числе на кафедре биохимии животных МГУ. И потому визит Скоу с коллегами на нашу кафедру в 1991 г. был не случайным. Большой интерес вызвали у гостей выполненные отечественными биохимиками работы, вскрывающие механизм аллостерической модификации фермента его субстратом — АТФ. Обычно в ходе ферментативной реакции субстраты превращаются по так называемой кинетике Михаэлиса—Ментен, когда зависимость скорости реакции от концентрации субстрата описывается гиперболой. Однако для ряда ферментов наблюдается отклонение от этой простой схемы. Так в случае Na , K -АТФазы

гидролиз АТФ непропорционально ускоряется при ее повышенной концентрации. Причины этого явления оставались неизвестными.

Теоретически можно было предположить, что отклонение от гиперболической зависимости вызвано присутствием в ферменте центров с низким сродством к АТФ. Субстрат, связываясь с ними, активирует реакцию. Если фермент существует в виде двух популяций молекул с разными свойствами, то отклонение от гиперболы можно объяснить наличием изоформы с низким сродством к субстрату. Возможно, что в ходе ферментативного цикла фермент переходит из одной конформации в другую, отличающуюся сродством к АТФ. Если в исходном (реакционноспособном) состоянии фермент активно взаимодействует с АТФ, а в конечном — вяло, то возврат к первоначальному состоянию будет лимитировать скорость всей реакции. Если АТФ все же взаимодействует с конформацией фермента, обладающей низким сродством к нему, и ускоряет этот переход, тогда понятны кинетические отклонения и механизм аллостерического действия АТФ.

Но есть и противоположные объяснения. Если функциональная единица фермента представляет собой димер, работающий синфазно, то высокое сродство к АТФ одного протомера соответствует низкому сродству к субстрату его соседа. Взаимодействие протомеров, находящихся в разном состоянии, и может приводить к отклонению реакции от классического типа.

В ходе ферментативной реакции Na , K -АТФаза образует короткоживущее фосфорилированное производное, в формировании которого принимает участие фосфорная группа субстрата. Именно Скоу в 1963 г. обнаружил, что другие субстраты (например, ГТФ) также способны фосфорилировать фермент, но не в состоянии ускорять общую реакцию, Скоу сформулировал, что, таким образом, АТФ, кроме того, что является источником энергии, обладает способностью к модификации Na , K -АТФазы.

Обилие объяснений этого феномена было связано с невозможностью их экспериментальной проверки. Без этого невозможно понять и молекулярные механизмы функционирования Na , K -АТФазы. Решить эту сложную проблему нам удалось благодаря получению солюбилизованного фермента, активного в растворе детергента. В полученном препарате связь между отдельными молекулами белка нарушена — они не взаимодействуют друг с другом. Оказалось, что солюбилизованный фермент работает по

⁹ Scou J. Ch. // Biochim. Biophys. Acta. 1957. V. 23. P. 394—401.

стандартной кинетической схеме, а реакция описывается гиперболой. Это говорит о том, что отклонения от кинетики Михаэлиса вызваны взаимодействием между протомерами фермента. Используя метод молекулярной мишени, мы показали, что молекулярная масса солилилизированного детергентом препарата вдвое меньше обычной, что вызвано нарушением взаимодействия между протомерами. Значит, именно утрата олигомерной организации Na, K-АТФазы упрощает кинетику солилилизированного фермента.

Аналогичный результат можно получить при замене АТФ на ГТФ. Как субстраты они мало отличаются, и оба обеспечивают энергией транспортную функцию клетки. Однако особенности строения ГТФ не позволяют протомерам взаимодействовать, и фермент в этом случае работает как набор самостоятельных исполнителей. Только АТФ заставляет Na, K-насос функционировать как согласованный ансамбль, существенно экономит энергию системы и повышает ее эффективность. При такой синфазной работе требующая энергии стадия цикла на одном протомере совпадает с выделяющей энергию стадией на втором. В результате взаимной «подпитки» энергией согласованно работающих молекул фермента увеличивается молекулярная активность олигомерного фермента. Такое объяснение имеет аллостерический эффект АТФ на Na, K-АТФазу в настоящее время¹⁰.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Изучение ионного гомеостаза клеток в культуре ткани и в масштабах целого организма ныне перешло от стадии накопления разрозненных фактов к построению концепций, которые уже могут быть использованы в медицине. Согласно теории Рэкера злокачественное перерождение тканей начинается в результате того, что клетка не в состоянии восстановить нормальное соотношение K^+/Na^+ или вследствие повреждения мембраны и повышенной проницаемости для этих ионов, или в результате дефектов Na, K-АТФазы, утратившей способность сопрягать гидролиз АТФ с транспортом ионов¹¹. Исходя из этого предложены и уже апробированы лекарства против рака, включающие активаторы Na, K-насоса.

В организме патологии возникают как результат снижения активности иммунной системы¹². Оказалось, что при иммунодефиците в первую очередь страдает мембрана, а значит, стабилизаторы мембран, антиоксиданты или тушители свободнорадикальных форм кислорода, повреждающих клетку, могут служить иммуномодуляторами (например, карнозин)¹³. Таким образом, важность хорошей теории очевидна.

Но что же надо, чтобы теория была «хорошей»? Не будем тратить время и бумагу на повторение прописных истин: снабжение реактивами, разработка новых приборов и методов для биологической науки, подбор чистых линий животных и грамотное использование объектов исследования. На самом деле все это — весьма важные компоненты успеха профессиональной науки. Кстати сказать, ученые знают, что в нашей стране почти за каждой составляющей этого перечня стоят проблемы, делающие занятие наукой делом героическим, если не безнадежным.

Но есть одно обстоятельство, без которого даже наличие всех желанных условий научного труда не принесет успеха. Необходимое условие быстрого прогресса науки — научная школа. Датская школа биомембранологов — не единственный, но наглядный пример эффективного сочетания высокопрофессиональных химиков (кинетики) с физиологами и медиками.

Сейчас отечественной науке, всегда ценившей научные школы, наносится непоправимый ущерб, отбрасывающий ее на десятилетия назад. Ущерб этот не только в ухудшившихся условиях научного труда, но и в оттоке научной молодежи. Казалось бы, надо поощрять миграцию ученых за рубеж, чтобы сохранить потенциал для будущего, когда условия научного труда станут более приемлемыми. Однако отъезд научной молодежи за границу — это разрушение школ, закрытие целых направлений, традиционных для нашей страны. И эта утрата невосполнима, даже если эти ученые когда-нибудь возвратятся к своему обществу, к своей стране — это будет уже другая страна и это будут другие ученые. Сохранить научные школы — одна из наших главных задач, поскольку именно в них — залог будущих успехов.

¹⁰ Boldyrev A., Fedosova N., Lopina O. Biomedical Science. 1991. V. 1. N 5. P. 124—132.

¹¹ Racker E. Reconstruction of transporters, receptors and pathological states. N. Y., 1985.

¹² Петров Р., Атаулаханов Р. Клеточные мембраны и иммунитет. М., 1991.

¹³ Болдырев А. А. Карнозин и его биологическое значение // Природа. 1991. № 7. С. 11—16

ПРИРОДА - nature

CONDENSED STATE

First light on fluid carbon

Nicolaas Bloembergen

RESEARCHERS at the University of Texas, Austin, may have caught the first, fleeting glimpse of fluid carbon. D. H. Reitze, H. Ahn and M. C. Downer describe in *Physical Review* (B45, 2677-2693; 1992) how both graphite and diamond can be melted momentarily by

intense laser irradiation before expanding as a hot plasma.

The liquid phase of the element carbon is elusive, as it appears to exist in equilibrium only at temperatures of about 5,000 K and at pressures above several hundred atmospheres. The phase

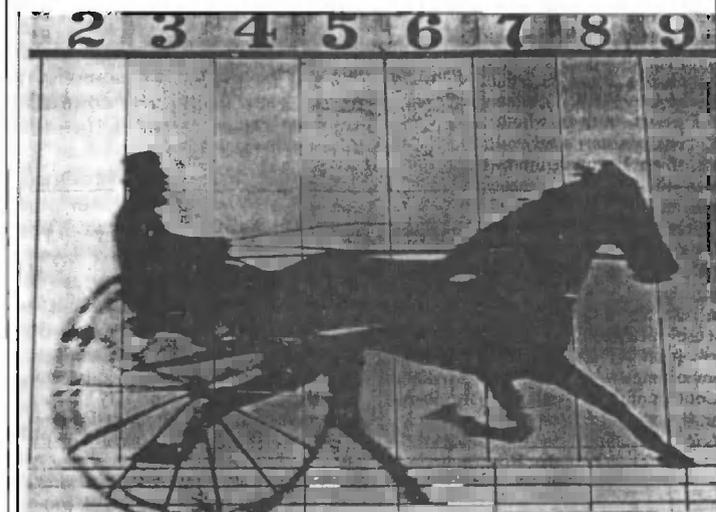
cannot be contained in any vessel, because all other materials melt or chemically react before the temperature required for the liquid state of carbon is reached. Clearly the structure of this state is of interest to those studying condensed matter physics, but because these conditions can be found in planetary interiors, it is also important for geophysics and astrophysics.

The first evidence for this phase came from experiments using pulsed ohmic heating of graphite electrodes. Shock-wave studies and pulsed-laser heating of graphite and diamond have also been tried (see F. B. Bundy's review in *Physica* 156A, 169-178; 1989). Downer and colleagues used laser pulses lasting less than a picosecond (10^{-12} s) in their new experiments, both to create and to probe their fluid carbon.

It is well known that short, intense laser pulses are capable of turning any substance into a high-temperature, high-density plasma. By careful control of the energy fluence in the pump pulse it is possible to determine a threshold for melting as the first stage in the process of plasma formation. A second, probe pulse will be reflected or will generate second-harmonic (or frequency-doubled) light, and the change in either of these can be followed as a function of the pump fluence, the time elapsed, and the wavelength, polarization and angle of incidence of the probe. This parameterization gives detailed information on the changes in electronic structure of the surface layer to a depth equal to the optical absorption depth and permits the determination of the material's dielectric function $\epsilon(\omega)$. Several detailed experiments with pico- and femtosecond pulses have been performed on silicon and gallium arsenide, as well as several metals over the past decade.

The pump-probe experiments of Downer and colleagues with a temporal resolution of about 0.1 ps reveal a sharp transition to a high-reflectivity phase at visible wavelengths, above a threshold, F_m , of the pump fluence. For graphite, $F_m = 0.13 \text{ J cm}^{-2}$; and for diamond, $F_m = 0.63 \text{ J cm}^{-2}$. What happens is that the pump pulse increases the number of

Snap Judgements



THIS remarkable photograph was taken by a remarkable man, Eadweard Muybridge, a pioneer of sequence photography. Muybridge — born Edward Muggerridge (he changed his name), died Eadweard Muybridge (a misspelling on his tombstone) — was English by birth but in 1851, at the age of 21, moved to the United States where he gained a high reputation as a photographer. Among his commissions was one from Leland Stanford, a former governor of California, to photograph a trotting horse and settle the controversy as to whether all four hooves are lifted off the ground at the same time. The answer, revealed by images such as that reproduced here, was that they are. The work of Muybridge and others is celebrated in an exhibition which opened this week at the Museum of the Moving Image in London. Entitled "Catching the Action: Muybridge and the Chronophotographers", it runs until 31 May. T.L.

mobile charge carriers in the graphite and then heats this electron plasma. This is confirmed by detailed analysis of the dielectric function for fluences below F_m .

Because the probe laser sees the electron plasma, not the state of the carbon ions, an indirect argument is needed to suggest that a fluid state of carbon is created. Indeed, for pump pulses above F_m , the phase transition initially is an electronic one, as it seems unlikely that there is enough time in the 0.1-ps pulse duration for the lattice of carbon atoms to be heated to the same temperature as the electron plasma. Instead, possibly a hot electron plasma coexists with relatively cold atoms. Although many of the electronic bonds responsible for graphite's rigid structure will have been broken, the atoms may still have a relatively small kinetic energy and have not yet had enough time to form the liquid phase. But in about 0.5 ps, thermal equilibrium may have been established between the hot electrons and the lattice, at which point the material will have become fluid.

The high reflectivity of the material lasts for a few picoseconds, but then drops. This is because of the expansion of the hot fluid, originally as dense as the graphite, into a rarefaction wave, during which the carbon-vacuum interface moves with a velocity in excess of the speed of sound. After 10 ps, the sharp boundary of the graphite is smeared over a distance comparable to

one quarter of an optical wavelength (about 0.1 μm), and the resulting gradient in refractive index reduces the reflectivity. Such effects have been seen previously with silicon and gallium arsenide heated above their critical points.

In diamond, the electron plasma is created by a three-photon absorption process across the large band gap between valence and conduction bands. This process requires a higher irradiance, which explains the higher threshold value of F_m . The diamond becomes opaque and the electronic structure appears to make a transition to the same fluid phase as observed with graphite. Equilibrium between the hot electrons and the carbon atoms is again established in about 0.5 ps. The initial fluid density now equals the density of diamond rather than of graphite, and the internal pressures are very high — of the order of 100,000 atmospheres.

One of the interesting questions about fluid carbon is its electronic state: is it semiconducting like diamond; metallic like graphite (in the planes) or insulating? The reflectivity data, determined partly by the electron plasma and partly by bonding valence electrons, suggest the d.c. resistivity is 650 $\mu\text{ohm cm}$, so that fluid carbon could be described as a poorly conducting metal.

The data do not permit a more detailed description of the phase's structure. It would be interesting to probe the phase by other techniques, for example

by X-ray diffraction with sub-picosecond time resolution. The dielectric function indicates there is substantial valence bonding, so that perhaps the fluid phase contains molecular fragments such as C_2 or C_3 , which X-rays could reveal.

It is instructive to compare the femtosecond experiments on carbon with those on other materials. These all exhibit a well defined fluence threshold, F_m , for melting, but there exists an interval, typically between F_m and $2F_m$, in which the liquid phase is stable and not susceptible to hydrodynamic expansion. For fluences larger than $2 - 5F_m$, these other materials get heated above their boiling point and their critical point on a timescale shorter than one picosecond. Only then do these materials undergo the expansion that is unavoidable in carbon. In the case of GaAs, whose crystal structure lacks a centre of symmetry, the abrupt disappearance of second-harmonic generation by the probe laser for pump fluences above a sharp threshold proves the sudden transition to a fluid phase before rarefaction or evaporation can take place. But with symmetric graphite or diamond, second-harmonic generation is not an appropriate probe. \square

Nicolaas Bloembergen is in the Department of Physics, Harvard University, Cambridge, Massachusetts 02138, USA.

Fusion on \$2 a day

For the price of a single US researcher, the US Department of Energy (DOE) will support for a year a team of 116 physicists and their fusion experiments. An agreement was worked out last month between DOE, the US fusion contractor General Atomics Corp. of San Diego, and the Russian Kurchatov Institute in Moscow.

The one-year, \$90,000 contract (about \$2 a day for each of the Russian scientists), will maintain a five-year collaboration between General Atomics and the researchers at the Kurchatov Institute. Since establishing working ties in the late 1980s, the researchers have visited each other often and now communicate regularly, says Michael Roberts, director of international programmes in the DoE office of fusion energy. Unlike its military cousin, inertial confinement fusion, magnetic fusion research has been unclassified since the 1950s.

The two teams are already working on complementary projects — both laboratories have tokamak fusion reactors and are concentrating on the problem of confining plasma with magnetic fields. Especially enticing to DOE was the fact that the Russian machine — known as T-10 — also has the world's most powerful plasma heater.

"What they have to offer is a working facility doing what we want done", says Roberts. "It's not a sustainable situation, obviously, but it's a good opportunity now."

Other groups at the Kurchatov institute are also seeking similar subsidies from the West (see *Nature* 351, 683; 1991). But this is thought to be the first time that the US government has agreed to the direct support of research in the former Soviet Union.

Christopher Anderson

BUCKMINSTERFULLERENE

Optics beyond the limits

J. R. Heflin and A. F. Garito

BUCKMINSTERFULLERENE (C_{60}) has a wide variety of remarkable properties — for example, doped with alkali metals it becomes a superconductor second only to the high-temperature oxide superconductors, and under rapid compression it quickly converts into diamond. On page 225 of this issue¹, Tutt and Kost show how its unique optical properties allow C_{60} to be used as an optical limiter, transparent to low-intensity light, but nearly opaque above a critical intensity. Organic optical limiters such as C_{60} have potential uses as thresholding elements in optical digital processors and for protecting optical sensors from intense light.

Fullerene gains this capacity from its nonlinear optical properties: its response to light is not simply linearly dependent on the light's intensity. Over the past 10 years, there has been growing interest in the large, ultrafast nonlinear optical properties of conjugated organic and polymeric materials, associated with their delocalized π -electron orbitals²⁻⁷. Nonlinear optical properties are the basis of newly emerging photonics technologies in which light — streams of photons — works with, or even replaces, electrons in applications traditionally carried out by microelectronics. Organic materials are also advantageous in photonics because organic molecular design and synthesis is flexible, and crystalline and thin-film phases are relatively easy to prepare.

Nonlinear optical responses can in general be classified as resonant or non-resonant depending upon how close the optical frequencies employed are to the natural absorption frequencies of the material. Resonant and nonresonant nonlinear optical processes each have a characteristic set of applications for which they are best suited. Nonresonant responses are generally orders of magnitude faster and avoid attenuation of the optical signal, but they are also in general several orders of magnitude weaker than resonant responses. Therefore, resonant responses are preferred when the slower speed and increased optical loss are not detrimental to the application.

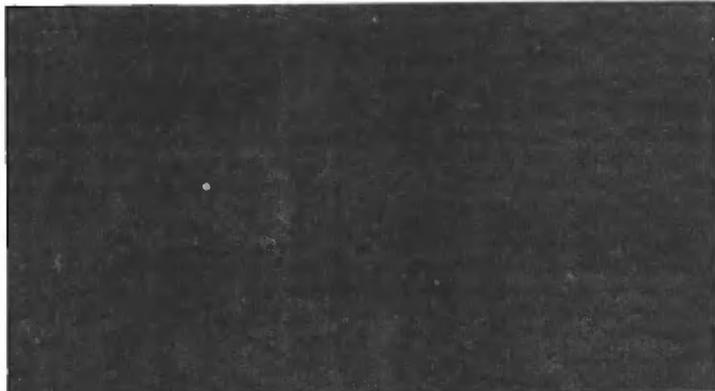
Nonresonant second-order processes, in which the response is proportional to the square of the applied electric fields, arise only in materials that lack a centre of symmetry. Second-harmonic generation, in which the material generates light at twice the frequency of the incident light (see figure), and the electro-optic effect, where an applied electric field changes the refractive index of the material and therefore alters the propagation of incident light, are two principal

examples of second-order processes. Conjugated organic rings and linear chains with diametrically opposed electron-donor and electron-acceptor groups have particularly large second-order responses².

In addition to preparation as single crystals or Langmuir-Blodgett films, great strides are being made³⁻⁷ in condensing these molecules into noncentrosymmetric assemblies as 'poled polymer films'. The active nonlinear optical molecules are dispersed in these glassy poly-

cesses in key organic and polymeric structures⁷. The insight gained from the correlation description is currently being applied to the design of new molecular structures and exploration of new enhancement mechanisms to achieve unusually large third-order optical properties which, in turn, are of keen interest for all-optical switches and modulators, especially in fibre optic networks¹⁻⁷.

Resonant third-order nonlinear optical processes in organic materials have been investigated for quite some time, for example, in studying saturable absorption and in the course of developing Q-switching laser dyes which produce short optical pulses by reducing the loss in a laser cavity at high intensity⁸. Satur-



Visible improvement: demonstration of the second-harmonic generation possible with the organic crystal 2-methyl-4-nitroaniline. The crystal is irradiated from the left by invisible infrared light (wavelength, 1.064 nm) from a laser and produces green light (532 nm).

mers and aligned by an electric field while at a high temperature. The ordering is retained after cooling, thus producing materials with large second-harmonic-generation and electro-optic coefficients in a relatively easy manner. These materials have been used in electro-optical modulators that can operate at frequencies of tens of gigahertz and require only a few volts for full modulation^{3,4,6,7}.

Nonresonant third-order processes, cubic in applied electric fields, occur naturally in all materials. A comparable understanding of the fundamental origin of the nonresonant third-order nonlinear optical response of conjugated organic materials has been achieved only recently. Theory³⁻⁵ shows that the strength of the effect is strongly affected by electron correlation due to electron-electron repulsion. It arises primarily from a previously undiscovered, strongly correlated, energetically high-lying two-photon state that has a large excited-state absorption cross-section. These calculations have been quantitatively verified through dispersion measurements of several third-order nonlinear optical pro-

cesses. The ordering is retained after cooling, thus producing materials with large second-harmonic-generation and electro-optic coefficients in a relatively easy manner. These materials have been used in electro-optical modulators that can operate at frequencies of tens of gigahertz and require only a few volts for full modulation^{3,4,6,7}.

able absorption is the nonlinear transmission phenomenon complementary to optical limiting in which a decrease in the light absorption of a material is observed as the light intensity is increased. When a material is irradiated by intense light that is resonant with a strong optical transition, a large fraction of molecules will be excited into their upper electronic state. As long as there is not another strong transition at the same frequency starting from the excited state, the material can absorb no more light and so becomes transparent.

Organic structures can also exhibit optical limiting behaviour which requires special conditions that are the reverse of those for saturable absorption. For optical limiting to occur at a particular laser wavelength, the material must possess a weak but nonzero absorption at that wavelength. However, at the given wavelength, there must be a higher-energy transition with a large excited-state absorption cross-section from the state that is populated by the residual ground-state absorption. Thus, a single material can act as a saturable absorber for wavelengths of light within a strong

ARCHAEOLOGY

The making of a mummy

Paul G. Bahn

absorption band and as an optical limiter for wavelengths that are in a relatively transparent region.

Tutt and Kost¹ recognized that the large triplet excited-state absorption of C_{60} (ref. 9) makes it a good candidate for optical limiting. Each carbon atom in C_{60} is bound to its three nearest-neighbour carbon atoms with sp^2 hybrid σ -bonds. The remaining valence electron of each carbon contributes to a π -electron distribution that is delocalized over the entire sphere. The π -electrons are highly mobile and are responsible for both the large oscillator strengths of electronic transitions in conjugated structures and their large nonlinear optical responses. The relatively large size of the C_{60} sphere implies that the optical transitions both from the ground state and from the excited states should be quite strong. The threshold for optical limiting is dependent on the difference between the excited-state and ground-state absorption cross-sections. Indeed, Tutt and Kost find that, for green light with a wavelength of 532 nm where the excited-state absorption cross-section is significantly larger than the ground-state cross-section, C_{60} has an exceptionally low optical limiting threshold compared with many other materials known to be optically limiting at 532 nm.

The optical limiting threshold, loosely defined as the intensity at which the material becomes opaque, is lowest for large excited-state absorption cross-sections and long excited-state lifetimes. Presumably, the optical limiting threshold of C_{60} is so low because the lifetime of the triplet excited state is relatively long, tens of microseconds⁹ (10^{-6} s), as compared to singlet-state lifetimes on the scale of nanoseconds (10^{-9} s) and picoseconds (10^{-12} s). Furthermore, the excited-state absorption of C_{60} is more than three times larger at 400 nm than at 532 nm (ref. 9). One would therefore expect C_{60} to serve as an even more effective optical limiter at this wavelength. □

J. R. Heflin and A. F. Garito are in the Department of Physics, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania 19104, USA.

- Tutt, L. W. & Kost, A. *Nature* **356**, 225–226 (1992).
- Williams, D. J. (ed.) *Nonlinear Optical Properties of Organic and Polymeric Materials* (American Chemical Society, Washington DC, 1983).
- Messier, J. et al. (eds) *Nonlinear Optical Effects in Organic Polymers* (Kluwer Academic, Boston, 1989).
- Hann, R. A. & Bloor, D. (eds) *Organic Materials for Nonlinear Optics* (Royal Society of Chemistry, 1989).
- Bowden, C. M. & Haus, J. W. (eds) *Nonlinear Optical Properties of Materials J. Opt. Soc. Am. B6*, 562–553 (1989).
- Chiang, L. Y., Chalkin, P. M. & Cowan, D. (eds) *Advanced Organic Solid State Materials* (Materials Research Society, Pittsburgh, 1990).
- Singer, K. D. (ed.) *Nonlinear Optical Properties of Organic Materials IV Proc. SPIE 1540* (1991).
- Sorokin, P. P., Luzzi, J. J., Lanark, J. R. & Pettit, G. D. *IBM J. Res. Dev.* **8**, 182–184 (1964).
- Arbogast, J. W. et al. *J. phys. Chem.* **95**, 11–12 (1991).

THE lid has, it seems, finally been put on a controversy about whether the ancient Egyptians used bitumen when mummifying the dead. In their latest paper on the topic¹, J. Connan and D. Dessort show unequivocally that bitumen was indeed generally used in mummification, and far earlier than hitherto suspected, and they also pinpoint the most likely sources of the material.

The very word 'mummy' is derived from the Persian 'mumia' meaning bitumen or pitch, and the 'Mummy Mountain' in Persia was famous for the black, bituminous substance that oozed from it and was said to have medicinal properties². From the blackened appearance of many preserved bodies from ancient Egypt (see illustration), it was at first assumed that the corpses had been soaked in bitumen. In more recent times, however, Egyptologists have generally taken it to be the case that the corpses' appearance resulted from their having been coated with resins that eventually turned black³.

In the late 1980s, Connan and Dessort, both of whom are geochemists, analysed parts of an Egyptian mummy in the Musée Guimet, Lyon, and discovered traces of bitumen, the characteristics of which pointed to the Dead Sea as the source⁴. Together with similar results⁵, this indicated the use of bitumen in mummies from Ptolemaic and Roman times (about 400 BC to AD 300).

Connan and Dessort have now⁶ found bitumen in a further dozen mummies dating from the reign of Ramesses II (about 1200 BC) to the Roman period, thus pushing the practice far back in time. Using petroleum geochemistry techniques, they have identified geochemical 'fossils' (steranes and terpanes) in hydrocarbon fractions of the balms which demonstrate that bitumen was generally an important ingredient in the embalming process. Moreover, on the basis of 15 discriminant molecular parameters, the authors have pointed to two principal sources. The first is again the Dead Sea, where asphalt occurs in floating blocks. The other is the region of Hit-Abu Jir in Iraq, from where bitumen

used to be exported to Babylon for use as mortar in brick walls⁶.

The value attached to bitumen, reflected in the great distances from which it was imported, may lie simply in its supposed medicinal, antiseptic and preservative properties. But it is also possible that its use on corpses was linked to a belief in rebirth, which was symbolized by the colour black in ancient Egypt. The task that now remains for Connan



The black is bitumen — an Egyptian mummy of the Ptolemaic period (c. first century BC).

and Dessort is to see whether bitumen was also used on the very earliest mummies, those dating from 2600 BC to 1300 BC. □

Paul G. Bahn, 428 Anlaby Road, Hull HU3 6QP, UK, is a freelance writer on archaeology.

- Connan, J. & Dessort, D. *C. r. heb. Séanc. Acad. Sci., Paris* **312**, 1445–1452 (1991).
- David, R. & Tapp, E. (eds) *Evidence Embalmed: Modern Medicine and the Mummies of Ancient Egypt 3* (Manchester University Press, 1984).
- Lucas, A. & Harris, J. R. *Ancient Egyptian Materials and Industries*, 4th edn, 303–308 (Histories and Mysteries of Man Ltd, London, 1962).
- Connan, J. & Dessort, D. *C. r. heb. Séanc. Acad. Sci., Paris* **308**, 1665–1672 (1989).
- Rullkötter, J. & Nissenbaum, A. *Naturwissenschaften* **76**, 618 (1988).
- Connan, J. & Deschamps, D. *La Recherche* **22**, 152–159 (1991).

The interfacial-force microscope

J. E. Houston and T. A. Michalske

The interfacial-force microscope can measure the mechanical and adhesive properties of a single monolayer of organic molecules.

SCANNING probe techniques such as the scanning tunnelling¹ and atomic force² microscopes (the STM and AMF) have recently become important tools for studying surface structure and chemistry. A new addition to this array of techniques has recently been developed with the express purpose of studying adhesion by observing the interfacial bond as it forms. The key element in this new technique is a force sensor that incorporates an automatic balancing scheme to eliminate the mechanical instability inherent in displacement-type force sensors of the type presently used in AFM³. This sensor permits the measurement of interfacial forces over the entire range of interfacial separation including contact⁴. In addition, constant-force scanning microscopy can be implemented at all levels of interfacial force, both attractive and repulsive.

What's unique

The interfacial-force microscope (IFM) is distinguished from the usual AFM techniques by its unique self-balancing force sensor. In the AFM scheme, forces are detected by the deflection of a cantilever with a very weak spring constant — the deflection being determined, for example, by an optical reflection scheme⁵. Unfortunately, this type of sensor is mechanically unstable when the gradient of the detected force becomes equal to the cantilever spring constant — at which point the tip snaps into the surface^{6,7}. Hence, AFM measurements are usually run in the repulsive mode like a record needle or profilometer. In contrast, the IFM senses the force by the displacement of a differential capacitor and uses a force-feedback scheme to rebalance the displacement, thus eliminating the instability³.

The IFM system is illustrated schematically in Fig. 1. One of the surfaces that gives rise to the interfacial force is mounted on the end of a piezo tube which supplies xyz translation. The other surface is the sharp end of a probe, which is attached to one end of the common plate of a differential capacitance. The common plate is suspended above two independent capacitor pads and rotates about torsion bars under the influence of a tip-sample force. The sensor deflection is detected by a radiofrequency bridge circuit, amplified and fed back as a d.c. voltage in order to counterbalance electrostatically the tip-sample force. The voltage required for this rebalancing is then a direct measure of the interfacial force.

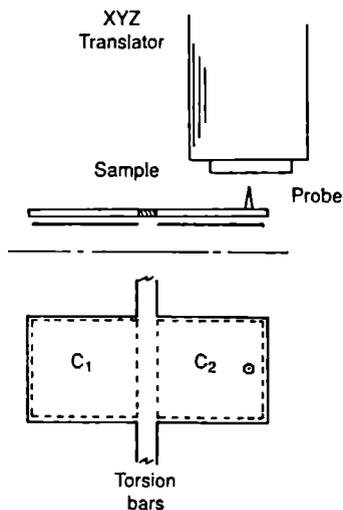


FIG. 1 A schematic of the interfacial force microscope. A piezo tube acts as an xyz translator for the sample. The interfacial-force sensor is a differential capacitor with the common plate suspended on torsion bars and the probe mounted on one end. Attraction between the probe and sample rotates the common plate counter clockwise about the torsion bars and unbalances the RF bridge. This bridge imbalance is amplified and fed back as a d.c. voltage to balance electrostatically the interfacial force.

Prototype sensors fabricated using deposition and printed circuit-board etching technologies presently have force detection sensitivities of about 1 nN and can sense z-axis displacements of about 0.2 nm. Second-generation sensors using porous silicon-etching techniques will reduce these figures by factors of about one hundred.

IFM applications

Initial applications of the IFM have been directed toward studies of the mechanical and adhesive properties of self-assembled monolayers (SAM) of organic molecules⁸. For example, interfacial-force profiles, that is, force versus interfacial separation, have been measured for a W probe interacting with a gold-sample surface covered by a monolayer of *n*-alkanethiol molecules. These molecules consist of an alkane chain terminated on one end by a sulphur-containing 'head group' and on the other by a methyl (CH₃) 'end group'. The molecules tightly bind to the gold surface through the gold-sulphur interac-

tion and assemble due to van der Waals' forces to stand almost erect exposing a methyl-group surface with a head-group coverage of about one-third monolayer. This methyl-terminated layer should be relatively inert to interactions with environmental molecules.

Figure 2 illustrates a force profile taken on this system. Here, interfacial forces are plotted as a function of separation upon both approach and withdrawal. The zero separation value is arbitrarily chosen at the turn-around point. Negative force values indicate attraction, whereas repulsive interactions are shown as positive. In order to detect more sensitively the interfacial forces, the W probe has a rather large tip radius of about 500 nm.

Consistent with the inert methyl-terminated surface, no evidence is seen in Fig. 2 of an appreciable adhesive interaction either on approach or withdrawal. As the probe contacts the molecular surface, a rather soft repulsion is seen extending for about 2 nm. At this point, the repulsion turns hard as the molecules are compressed between the probe tip and the gold substrate. Upon withdrawal, a large degree of hysteresis is seen indicating that the film is not able to recover from this large degree of strain. As the initial film thickness is about 2.5 nm, the data of Fig. 2 indicate that this strain is almost 80 per cent.

Repeating force profiles like that shown in Fig. 2 with a cycle time in excess of about 0.5 s gives rise to reproducible results. Thus, the film does not show a permanent or plastic deformation but fully recovers indicating anelastic behaviour.

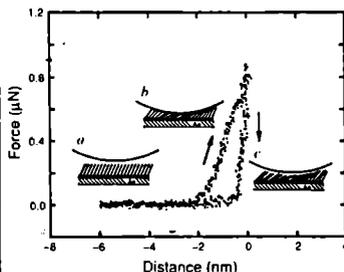


FIG. 2 An interfacial-force profile (that is, force versus separation) for a 500-nm radius W probe interacting with a gold sample surface covered by a self-assembled monolayer (SAM) of *n*-alkanethiol molecules. Negative values indicate attractive forces while repulsive forces are shown as positive.

Subsequent 'creep' experiments using a square-wave sample displacement show that the film is able to support rather large stresses with a time constant near 80 ms followed by a slower relaxation with time constants near 500 ms.

Over and above this interesting mechanical behaviour, is the fact that the SAM completely passivates the normally strong interaction that is seen in similar experiments between a W probe and a bare gold substrate⁸. Not only are strong interfacial interactions measured but they show a high degree of plastic (or permanent) deformation even at very low levels of repulsion. Plastic behaviour of this type can be seen in the present experiments for higher levels of repulsive force, as illustrated by the scanning images shown in Fig. 3. Figure 3a shows a constant repulsive-force image of the original SAM-covered polycrystalline gold surface (R. C. Thomas, J. E. Houston, T. A. Michalske and R. M. Crooks, personal communication). The W probe used here had a tip radius of about 500 nm and produces

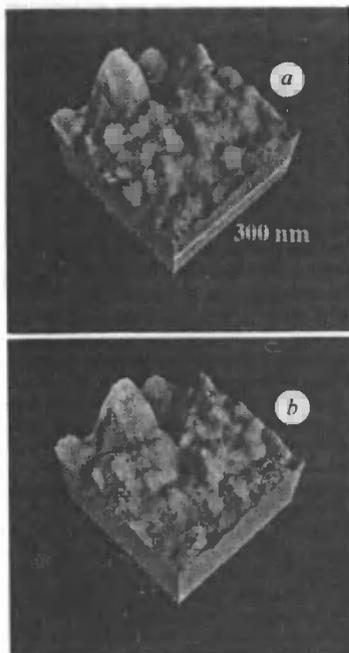


Fig. 3 Constant-force images of the SAM-covered gold surface taken at a repulsive force of 100 nN without force feedback. The probe tip has a 500-nm radius resulting in a spatial resolution of a few tens of nanometres (gold grains are clearly visible). *a*, is an image of the original SAM-covered surface, and *b*, is an image taken immediately after a force profile, similar to Fig. 2, to a maximum repulsive force of 15 μN . The dark area in the centre of the image represents a plastic deformation of the gold surface involving the motion of several near-contact grains.

images with spatial resolutions of several tens of nanometres. In this figure, the granular structure of the polycrystalline gold surface is clearly seen. Figure 3b shows an image of the same surface position after a force profile, similar to that shown in Fig. 2, was taken to a maximum repulsive force of 15 μN with the probe located in the centre of the area shown in Fig. 3a. From Fig. 3b, it is clear that this level of repulsive force on the probe has given rise to a plastic deformation of the gold surface. The dark region in the centre of this image represents a surface depression of about 10 nm. The force profile that gave rise to the image of Fig. 3b showed considerable hysteresis. However, even at this high level of repulsive load, no attractive or adhesive interaction could be detected upon probe removal. Thus, the SAM film is able to maintain its passivating qualities under a considerable level of compressive stress (corresponding to about 8 GPa). A careful investigation of this image compared to that obtained before the load application (see Fig. 3a) reveals that the plastic deformation principally involves a grain-boundary sliding mechanism.

Conclusions

The unprecedented force and displacement-control capabilities of the new IFM force-feedback sensor permits broadened applications of force microscopy to include studies ranging from stress corrosion effects in adhesion to the mechanical and tribological properties of molecules and involving materials ranging from metallurgical to biological. Indeed, a very practical area is already evolving dealing with applications to lithographic metrology. This pioneering work is being carried out at AT & T Bell Laboratories using the IFM concept to study the detailed morphology resulting from lithographic processing⁹. Mask materials are usually insulators, which eliminates the use of the STM for this purpose. And, the normal AFM can cause surface damage because of the repulsive contact. Thus, the non-contact scanning capability of the IFM appears ideal for such an application and promises to revolutionize the analysis of this important area of materials processing. □

J. E. Houston and T. A. Michalske, Surface Science Division (1114), Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico 87185, USA. For more information, fill in reader service number 100.

1. Binnig, G., Rohrer, H., Gerber, C. & Weibel, E. *Phys. Rev. Lett.* **50**, 120–123 (1983).
2. Binnig, G., Quate, C. F. & Gerber, C. *Phys. Rev. Lett.* **52**, 930–933 (1986).
3. Joyce, S. A. & Houston, J. E. *Rev. Sci. Instrum.* **62**, 710–715 (1991).
4. Joyce, S. A., Houston, J. E. & Michalske, T. A. *Appl. Phys. Lett.* (in the press).

RÉSUMÉ

Pedigree whiskers

Not so long ago, synthesizing diamonds was a tough task, requiring heat and high pressure. But in the mid-1980s it turned out that diamond will settle out of the thermally decomposed hydrocarbon gas. To rub in the simplicity of it all, researchers then learned that welders unwittingly make diamond crystallites in the flames of their oxyacetylene torches. P. W. Morrison Jr, J. E. Cosgrove and P. R. Solomon now exploit this process to make synthetic-diamond filaments (*Appl. Phys. Lett.* **60**, 565–567; 1992). Guided by a microscope, Morrison and colleagues drew out of their torch flame tiny filaments up to 1 mm long by 0.25 mm across. In principle, the authors report, there is no limit to the length of the filaments, which could outclass normal carbon fibres. But the growth rate of under 200 $\mu\text{m h}^{-1}$ may discourage entrepreneurs.

Sociable beetles

BEETLES can now join the ants, termites and mammals (the African mole rat) on the list of taxa with eusocial members (D. S. Kent & J. A. Simpson *Naturwissenschaften* **79**, 86–87; 1992). The weevil *Austroplatypus incompertus* lives in galleries in the heartwood of *Eucalyptus* trees. Colonies are initiated by solitary fertilized females and, when mature, manifest the three phenomena which characterize eusociality: overlapping generations, cooperative brood care and division into reproductive and sterile (unfertilized) castes. Each colony contains one fertilized and five or so unfertilized adult females, the job of the second group being to deal with predators and to extend and maintain the galleries. Two related species of weevil live in the heartwood of other trees: one is not eusocial, but nothing is known about the social life of the other.

NMR PDQ

PROTEIN structure determination by NMR is no easy way to earn a living. But for the many who would be satisfied with less than a high-resolution crystal structure, D. S. Wishart *et al.* (*Biochemistry* **31**, 1647–1651; 1992) show how much can be achieved with remarkably little effort. They have devised a simple routine for assigning α -helical and β -structure to the sequence of any protein small enough to give a sharp proton NMR spectrum. Their method rests on the observation that the α -CH signal of each amino acid shifts upfield when it enters the α -helical state and downfield when it is in the β form. The α -CH shifts in the two-dimensional spectrum of the protein are then marked as +1, 0 or -1, and three or more successive resonances shifted in the same direction denote a segment of the ordered structure. All the indications are that the method is foolproof; Wishart *et al.* aim next to add criteria for turns.

Light at the end of the tunnel?

SIR — Although the facts in a recent article on the situation in the former Soviet Union (*Nature* 354, 339; 1991) are correct, I cannot agree that Russian science is close to death. Rather, I believe that the collapse of the Communist regime and its consequences suggest that the present situation in Russian science is not just a dark tunnel. Now there is the prospect of a light at the end of the tunnel.

The huge centralized militarily oriented bureaucratic machine that has been Soviet science for the past 70 years allowed no innovation. It allowed only members of the Communist party to make a career in science and valued the labour of a scientist as only a fraction of that of a blue-collar worker. This machine insulated national from international science and separated research (institutes of the Academy of Sciences) from education (universities). It has to be destroyed.

The destruction of the machine means not the death of Russian science, but rather its recovery. I do not believe that Russian scientists who were able to contribute significantly to human knowledge even under the Communist regime will be less able to make similar contributions in a system based on internationally accepted principles.

Another part of the story concerns the personal fate of Soviet scientists. While a large number may lose their jobs and will therefore have to find other social roles, it is also true that the present situation demands a drastic reduction in the number of unproductive scientific institutes as well as of the many unproductive scientists working in them. To increase efficiency, Soviet science must dismiss literally thousands of able-bodied people who have hitherto spent years in their institutes playing chess, drinking tea, solving crossword puzzles and participating in party and trade union activities, and whose expertise (assuming they possessed any) was lost many years ago.

Much the same will happen in other fields, but nobody expects that the discharge of thousands of people from the huge and ineffective *kolkhozes* (collective farms) will mean the death of Russian agriculture.

It is unlikely that really competent scientists will fail to find a place in a new system. No nation sacrifices education even in the hardest of times, so that universities in the future may become institutions at which more scientists will find themselves doing both research and teaching. It must also be hoped that the best research institutes will not be closed. The development of private business should also eventually lead to the

employment of a large number of researchers. And, last but not least, the new political changes allow young Russian scientists to train in leading foreign laboratories (as I am now).

The present difficult situation in Russia (including that in science) requires careful consideration as well as international goodwill. But the difficulties connected with the destruction of the old system are only one side of the coin. The other side is the hope for improvements stemming from the development of science in a free country.

ANDREJ A. ROMANOVSKY*

Department of Physiology and Biophysics,
University of Tennessee,
Memphis, Tennessee 38163, USA

*Usual address: Institute of Physiology, Byelorussian Academy of Sciences, Minsk 220725, Byelorussian Republic.

Estonia's plight

SIR — The sympathy that *Nature* demonstrates for ex-Soviet science deserves appreciation, but I am concerned that the ex-Soviet science that needs help always, in your pages, turns out to be Russian science. A recent letter from Moscow draws attention to the poor state of science "in our country (by which we mean the whole territory of the former Soviet Union, including the now independent republics)" (*Nature* 355, 384; 1992).

As an Estonian scientist I feel obliged to broaden the frame. I sincerely respect the best in Russian science, and it is a pity indeed that it is not compatible with the Russian economy. Nevertheless, for us, who have been living and working under Soviet Russian-speaking occupation, it is intolerable that our respected colleagues from Moscow still claim to speak on behalf of "the now independent republics". My home university in Tartu was founded by Swedes as the second Swedish university after Uppsala. As Universität zu Dorpat it was a well-known European centre of science run by the Baltic Germans, and after the First World War it became the Estonian national university. The politics of the Russian/Soviet Empire ruined it four times. (To be honest, it has provided help to rebuild it too, twice.) Since 1944, there have been a greater number of prominent ethnic Estonian scientists abroad than in Estonia. Nevertheless, Estonians formed less than 1/250 of the population of the Soviet Union, but 1/25 of the 100 most cited Soviet scientists.

The economic chaos left by socialism is even worse for the smaller cultures, where educational traditions have been based on strong regional universities. The brain-drain is already devastating in the Baltics, because of the narrower culture gap with the West. We do not have huge well-equipped armies to feed, but we too are short of resources. But we have to hold out, since the fate of science in Estonia, Latvia and Lithuania (as elsewhere) determines, after all, the fate of these European nations.

JAANUS HARRO

Department of Medical Pharmacology,
Uppsala University Biomedical Center,
S-75124 Uppsala, Sweden

Russians look to India for jobs

At the same time the Russian government is pulling back from its scientific collaboration with India, individual scientists are eager to improve those ties.

Four scientists from the former Soviet Union have applied for jobs in Indian laboratories. Their applications were sent to the Council of Scientific and Industrial Research and forwarded to the Department of Science and Technology.

Rama Rao, secretary of the department, says that he welcomes the enquiries as an opportunity for his country to acquire knowledge that could readily translate into scientific progress. "I hope that they do not have to leave", says Rao, "because their country needs them. But if they want to come to India, we will surely welcome them."

The Indian government has not acted on the requests because it has no policy on hiring foreigners to work in Indian laboratories. But Rao says that India is a natural choice for such emigrants because of their long-standing ties to the Indian research community.

K.S.J.

Это уже третья подборка «ПРИРОДА» — «NATURE», предлагаемая вниманию читателей. Публикуемые в этом номере материалы нашего английского тезки как всегда подбирались таким образом, чтобы, с одной стороны, по возможности продемонстрировать разнообразие тем, рубрик, стилей изложения, свойственных нашим коллегам, а с другой — не упустить те, пусть краткие и порой не слишком информационно емкие материалы, которые касаются отечественной науки и ее нынешних или бывших представителей. Именно этим диктуется наш выбор — всегда трудный и, очевидно, не всегда оптимальный.

Начиная в апрельском номере нынешнюю серию публикаций «из «Nature», мы прежде всего стремились сохранить для наших читателей возможность быть в курсе важнейших событий научной жизни и тем самым противостоять угрозе информационного вакуума. Другой на-

шей целью было установить более тесные, нежели в прошлые годы, контакты между обоими журналами. Однако тщательно продуманная акция скоро стала давать непредусмотренные и порой неожиданные результаты — пока, впрочем, исключительно положительного свойства. Вот всего один из примеров.

Когда главный редактор «Nature» Джон Мэддокс в январе этого года был в Москве, мы посоветовали ему посетить знаменитый ИМБ — Институт молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта, по нашему мнению, один из самых интересных в Российской академии наук. Во время бесед в институте родилась идея создать канал оперативной связи между нашими редакциями, используя электронную почту, налаженную в институте, и вашингтонский офис «Nature», также ею оборудованный («Природа», как, впрочем, и лондонская штаб-квартира «Nature», этим современным средством связи не обладает, увы). План

немедленно был претворен в жизнь, и мы благодарны институту за помощь. Но этот чисто технический вопрос перерос в настоящее сотрудничество между редакцией и институтом, когда заместитель директора ИМБ доктор биологических наук Александр Владимирович Зеленин подготовил для передачи по успешно действующему каналу связи небольшой материал для «Nature», который в самое ближайшее время, хочется верить, ляжет в основу обстоятельной статьи для «Природы». Не исключено, что она будет названа «Бомбардировка, которая ничем не грозит».

Надеюсь, что нам удалось заинтриговать читателей до такой степени, чтобы они ждали очередного номера нашего журнала, затаив дыхание от нетерпения и предвкушения научной сенсации. Если так, то постараемся не разочаровывать их.

Ю. Елдышев
К. Левитин

Впрочем, у нас есть возможность еще больше заинтриговать своих читателей, обратив их внимание на тот факт, что число журнальных страниц, отданных разделу «Природа» — «Nature», увеличивается от номера к номеру, и предложим им угадать, к чему это приведет в октябрьском выпуске нашего журнала. Всякому, кто пришлет правильный ответ в редакцию до конца сентября, мы обязуемся выслать этот номер «Природы» бесплатно. Но и тех, кто ошибется в своем предсказании, тоже ждет сюрприз — надеемся, приятный, но во всяком случае неожиданный.

ПРИРОДА - nature

Легендарный «Красин»

З. М. Каневский,
почетный полярик
Москва

В 1991 г. знаменитый ледокол «Красин», долгие годы пребывавший в забвении, внезапно привлек внимание сначала петербургской, затем центральной печати, а вскоре и широкой научной общественности. Стало известно, что Международный фонд истории науки, последний владелец судна, будучи не в состоянии содержать и использовать ледокол как музей и плавучий научный центр [именно с этой целью он был передан Фонду бывшим правительством], продал его фирме «Техимпекс», специализирующейся на перепродаже за рубежом устаревших и списанных судов.

При Российском географическом обществе был создан Комитет по спасению «Красина» под руководством его вице-президента С. Б. Лаврова. К этому времени новый владелец ледокола, чтобы как-то скрыть от общественности неблагоприятную сделку, успел заменить на борту ледокола историческое название «Красин» на малознакомое первоначальное имя «Святогор». Учитывая уникальность корпуса судна, паровой машины тройного расширения и котлов шарового типа, не имеющих аналогов в стране, ледокол уже сам по себе представляет музейную ценность, а его беспрецедентная роль в международных спасательных операциях и освоении Северного морского пути делает его памятником мировой культуры. Именно эту задачу — перевести ледокол в разряд памятников — и поставил перед собой комитет. Его усилия увенчались успехом. 20 февраля, по представлению Министерства культуры России, Всероссийского общества охраны памятников истории и культуры и мэрии Санкт-Петербурга, правительство России издало постановление, согласно которому «в список исторических памятников, подлежащих охране, как памятники государственного значения, включен ледокол «Красин». Опираясь на это постановление, Верховный суд России отклонил иск фирмы «Техимпекс» к мэрии Петербурга, запретившей выход судна из города.

Сегодня ледокол стоит у одного из причалов Кронштадтского порта, где ему обеспечены надежная охрана и снабжение. Впереди — возвращение на историческое место на Неве и организация на судне плавучего музея отечественного ледоколостроения. Начинается новая эпоха в истории прославленного ледокола.*

Н. А. Волков,
председатель Полярной комиссии
Географического общества, член
Комитета по спасению «Красина»

Ледокол появился на свет в 1916 г. По заданию российского министерства торговли и промышленности его построили на фирме «Армстронг» в английском городе Ньюкасле. И нарекли «Святогором» в память о русском былинном богатыре. Судьба «Святогора» складывалась драматично с момента рождения. Мир был охвачен войной, а Россия еще и революциями. Когда разразилась гражданская война, ледокол принял участие в обороне Архангельска от войск Антанты. И оказался... на дне: чтобы не позволить кораблям противника войти в устье Северной Двины, власти Архангельска приказали в конце 1918 г. затопить «Святогора» и его собрата «Микулу Селяниновича!» Интервенты все-таки захватили город, командира «Святогора» Н. Дрейера и моряков, участвовавших в затоплении, расстреляли.

Вскоре захватчикам удалось поднять ледокол, а в феврале 1920 г. они увели его с собой в Англию. Однако через несколько месяцев «Святогор» вновь оказался в советских водах, на сей раз в качестве специально арендованного корабля. Во льдах Карского моря погибал ле-

докольный пароход «Соловей Будимирович», на борту которого находились 85 человек, в том числе женщины и дети. «Соловей» направлялся на восток Баренцева моря, к устью р. Индиги, где для белогвардейских войск были заготовлены мясо и рыба. Судно попало в ледовый плен, его стало уносить дрейфующими полями, и в итоге оно оказалось в Карском море, а течения и льды неутомимо увлекли пароход на север, где он наверняка был бы раздавлен. Рейс «Соловья» начался в январе 1920 г., в феврале Красная Армия вошла в Архангельск, и новой власти пришлось взять на себя заботу о чужом, в сущности, судне.

В борьбу за его спасение включились наиболее авторитетные люди в России и за рубежом. Нарком иностранных дел Г. В. Чичерин, писатель М. Горький, полпред в Англии Л. Б. Красин, президент Российской академии наук А. П. Карпинский, прославленный полярик и гуманист Ф. Нансен — все они приложили огромные усилия для того, чтобы на помощь к бедствующим вышли спасательные суда и среди них самый мощный в мире ледокол «Святогор». Корабль шел в наши арктические воды под норвежским флагом, на его борту находился знаменитый ледовый лоцман О. Свердруп, капитан нансеновского «Фрама», совершившего в 1893—1896 гг. дрейф через всю

* В июне 1992 г. «Техимпекс» вновь обратилась в суд. Борьба за «Красин» продолжается.— Прим. ред.

Центральную Арктику. Руководил спасательной экспедицией наш известный полярный исследователь Л. Л. Брейтфус.

В архиве РАН хранится телеграмма, отправленная 27 марта 1920 г. из Архангельска одновременно по нескольким «высоким» адресам: норвежскому стортингу, норвежскому Географическому обществу, Ф. Нансену, О. Свердрупу и др. В ней говорится, что необходима срочная помощь. «В Англии находится русский ледекол «Святогор» большой мощности, вполне пригодный для спасательной цели. Российская академия наук своим авторитетным обращением по радио в Норвегию, Швецию, Англию поможет ускорению отправки спасательной экспедиции, все расходы по которой и щедрую награду участникам берет на себя правительство».

Текст телеграммы подписал Р. Л. Самойлович — начальник только что созданной в стране Северной научно-промышленной экспедиции, ставшей со временем Институтом по изучению Севера, Всесоюзным Арктическим институтом¹.

Спасатели уверенно справились со своей задачей. 19 июня 1920 г. «Святогор» и ледекол «III Интернационал» (будущий «Федор Литке») пробились к «Соловью Будимировичу» и через несколько суток вывели его из льдов. Спасенный пароход снова стал советским и получил имя «Малыгин». Вместе с «III Интернационалом» он возвратился в Архангельск, а вот «Святогору» пришлось идти в Англию. Потребовалась серьезная борьба Красина и всемирно известного кораблестроителя академика А. Н. Крылова, чтобы в 1921 г. после выплаты полной стоимости «Святогор» был передан России. После кончины в 1926 г. Леонида Борисовича в память о нем ледекол назвали «Красиним».

Так феерически началась жизнь флагмана советского арктического флота. Правда, сперва его «придерживали», не отпуская в высокие широты и используя на Балтике, но в конце 20-х годов он вышел в Ледовитый океан, где почти каждую навигацию принимал участие в самых сложных и ответственных заданиях.

ВО ВСЕХ МОРЯХ ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

Не счастье грузовых судов, которые провел корабль сквозь дрейфующие льды, не сосчитать мили, какие пришлось ему преодолеть во всех морях Ледовитого океана.

«Красин» работает на трассе, и в западных морях Ледовитого океана, и в восточных, и в самой сердцевине Северного морского пути, в наиболее узком и сложном месте, в проливе Вилькицкого. Он водит караваны, «протаскивает» суда сквозь плавучие льды, крушит мощные ледовые перемычки между пространствами желанной чистой воды, искусно маневрирует в опасных проливах среди островов. А надежных навигационных приборов, и арктические моря, словно назло, мелководны, так что «Красину» с его девятиметровой осадкой временами приходится туго.

Отчаянно лавируя среди льдов, он может в любое мгновение напороться на не обозначенную на карте мель, что и случилось неоднократно.

В середине 30-х годов на «Красине» сформировался молодежный экипаж во главе с 30-летним капитаном М. П. Белоусовым (в 1940 г. за участие в выводе изо льдов ледекольного парохода «Г. Седов» Белоусов стал Героем Советского Союза). Только за период с 1935 по 1938 г. «Красин» совершил пять рейсов к труднодоступному острову Врангеля, провел через льды Чукотского и Восточно-Сибирского морей свыше 200 грузовых судов. А сколько перебивало на борту ледекола научных экспедиций, сколько разнообразных наблюдений — океанографических, метеорологических, геофизических — провели они в тяжелых ледовых условиях, и продолжалось это на протяжении всей активной арктической жизни «Красина»!

1933 год был для экипажа ледекола насыщен неординарными событиями. В марте красинцы совершили небывалый поход к берегам Новой Земли, архипелага, разделяющего Баренцево и Карское моря. Это был первый в истории высокоширотный зимний рейс, который провел капитан Я. П. Легздин. А руководил операцией 28-летний начинающий полярник М. И. Шевелев, скончавшийся в 1991 г. патриарх Арктики, Герой Советского Союза, генерал-лейтенант, один из организаторов и многолетний руководитель нашей полярной авиации.

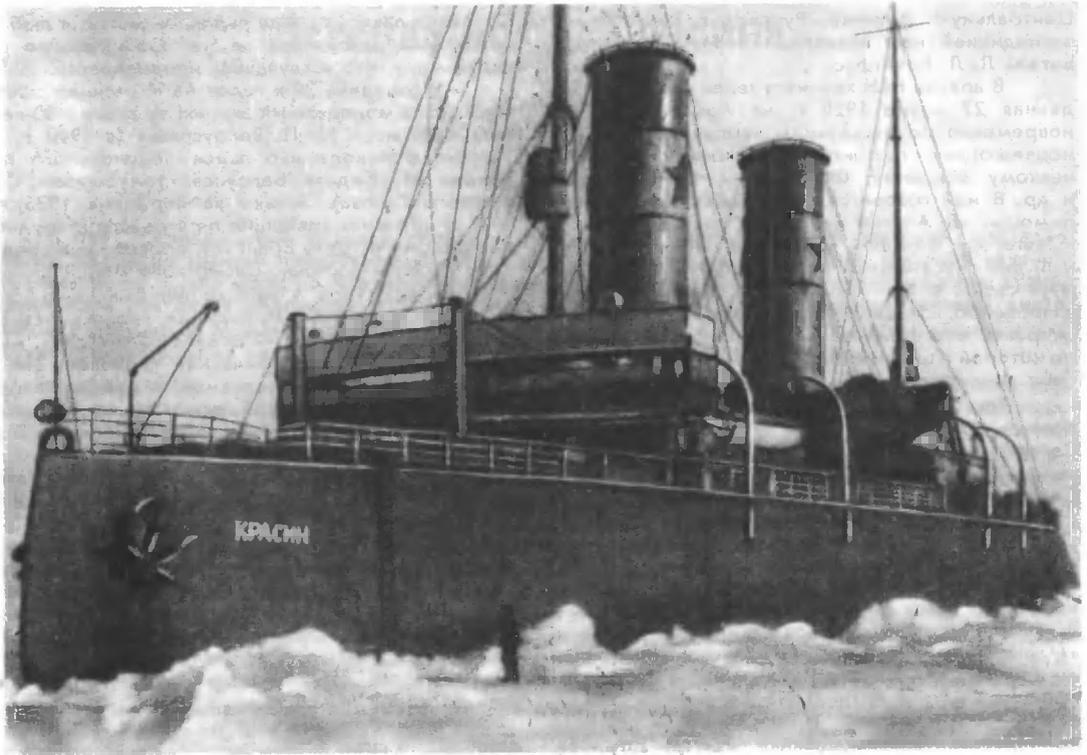
Зимний поход на Новую Землю был вынужденным, по сути, чрезвычайным: на архипелаг не доставили продовольствие для промысловиков-охотников, и несколько десятков семей, русских и ненцев, оказались обречены на голодную зиму. Нужно было любой ценой выручать попавших в смертельную ситуацию людей. Красинцы сумели пробиться сквозь льды к западному побережью Новой Земли и снабдить продуктами голодавших. По тем временам «Красин» совершил невозможное: никогда прежде в таких широтах зимой не плавал ни один корабль.

В это время как раз начался рейс «Челюскина» по трассе Северного морского пути². Строго говоря, именно «Красин» мог бы тогда осуществить безаварийный сквозной поход от Мурманска либо Архангельска до Берингова пролива, а уж никак не «Челюскин», слабосильный маломаневренный пароход, только что с большими дефектами построенный на датской верфи.

Он был абсолютно не приспособлен к плаванию в арктических льдах. Еще до выхода судна в море его будущий капитан В. И. Воронин (долг противившийся назначению) писал руководителю экспедиции О. Ю. Шмидту о том, что берется «сделать рейс в одну навигацию в оба конца, пройти из Белого моря в Берингов пролив и обратно на сильном ледеколе». Однако такового в распоряжении экспедиции не оказалось, все ледеколы были заняты на трассе, и пришлось довольствоваться обычным пароходом, что обрекло благородный замысел на почти неминуемую

¹ Каневский З. М. Северянин по призванию // Природа. 1976. № 10. С. 124—135.

² Каневский З. М. От «Челюскина» до «Сомова» // Природа. 1986. № 1. С. 72—85.



«Красин» в тяжелом паковом льду.

неудачу. Во всяком случае, такой авторитет в кораблестроении, как А. Н. Крылов, заявил, что «Челюскин» для сквозного плавания не пригоден. Но так или иначе, в июле 1933 г. судно вышло в далекий путь из Ленинграда, в обход Скандинавии, и уже через месяц застряло во льдах Карского моря (о чем предпочитают обычно не вспоминать те, кто всегда громко заявлял о «самостоятельном» плавании «Челюскина»)...

На помощь подоспел вездесущий «Красин». Сперва его экипаж вместе с командой парохода перегрузил на борт ледокола несколько сот тонн угля, чтобы «Челюскин» приподнялся и можно было заделать повреждения (этот метод широко применяется на морях, но каково заниматься подобным среди сжимающихся льдов!). Затем «Красин» повел «Челюскина» за собой, но тут же выяснилось — вот она, плохая маневренность! — что широкий корпус парохода едва умещается в канале, проложенном ледоколом в дрейфующих льдах. И все же через несколько суток «Красин» вывел бедолагу на чистую воду, и весь дальнейший путь до Берингова пролива «Челюскин» прошел в одиночку.

Создавалось впечатление, что «нытики и маловеры» потерпели поражение: судно, хоть и застряло под конец в обширном ледяном поле, все-таки было уже в проливе вместе с этим самым полем, до свободной от льда воды оставались какие-нибудь одна-две мили, но тут внезапно возникло мощное встречное течение. Очень ско-

ро беспомощный пароход оказался в центре Чукотского моря, где после многомесячного зигзагообразного дрейфа пошел ко дну под натиском льдов. Это случилось 13 февраля 1934 г. примерно в 150 километрах от чукотского берега. Один человек погиб при катастрофе, 104 челюскинца, включая десять женщин и двух маленьких девочек, обосновались в ледовом «Лагере Шмидта», в надежде на помощь с Большой земли.

На их спасение ринулись многие, и «Красин», естественно, был среди первых. Рабочие Балтийского завода в Ленинграде всего за месяц выполнили нелегкие ремонтные работы (в навигацию предыдущего 1933 г. ледокола досталось крепко). На ледоколе установили самое совершенное по тем временам оборудование: гирокомпас, электрический лаг (прибор, измеряющий скорость движения корабля), эхолот, лишь годом раньше впервые появившийся на арктических судах. По бортам приварили кили, своеобразные «успокоители качки» — в расчете на штормы, которые предстояло испытать по дороге, ибо дорога пролегалла через Северную Атлантику и чуть ли не весь «остальной» Мировой океан!

«Красиным» командовал П. А. Пономарев, будущий капитан первого атомного ледокола «Ленин». Зимняя Атлантика свирепствовала, крен ледокола достигал 43 градусов. Без единой остановки по дороге корабль преодолел 5 тыс. миль от берегов Англии до входа в Панамский канал, и на весь испанский маршрут протяженностью почти 13 тыс. миль было затрачено менее семи



Р. Л. Сеимович — начальник спасательной экспедиции 1928 г. на «Красине».

недель. Специалисты тогда же отметили, что это своеобразный мировой рекорд для судов подобного типа (средняя скорость составила 10,7 узла). К сожалению (а вернее, к счастью), «Красин» опоздал. К моменту его прихода в бухту Провидения челюскинцев спасли летчики.

А в августе 1937 г. пропал в Центральной Арктике самолет С. А. Леваневского с экипажем из шести человек, совершавший вслед за В. П. Чкаловым и М. М. Грозовым перелет по маршруту Москва — Северный полюс — США. На поиски были брошены практически все имевшиеся на Крайнем Севере самолеты (что способствовало срыву ледовой авиаразведки и привело впоследствии к непоправимым бедам), многие суда. «Красин», только-только приступивший к проводке караванов в Восточной Арктике, также был снят с трассы и высочайшим распоряжением направлен к побережью Аляски, к мысу Барроу, где два самолета, пилотируемых А. Н. Грацианским и В. Н. Задковым, повели поиск со стороны Американского континента. Сам «Красин» сделал неудавшуюся попытку войти в тяжелые льды к северу от м. Барроу и полтора месяца простоял у берегов Аляски фактически без дела. Наконец последовал приказ прекратить поиски и считать машину Леваневского погибшей... «Красину» надлежало помочь транспортным судам, отчаянно пробиравшимся из моря Лаптевых к Берингову проливу. Стоял октябрь, вызволить застрявший караван в столь позднее время «Красин» не мог. Мало того, он сам остался на вынужденную зимовку в Хатангском заливе (к востоку от п-ва Таймыр), в бухте Кожевникова. На первую в своей жизни зимовку...

Она протекла драматично. Корабль был, как говорят моряки, обезуглен, требовалось загрузить трюмы топливом. К счастью, на ближай-

шем берегу имелись угольные шахты, и красинцы, превратившись в заправских горняков, бок о бок с рабочими «Нордвикстроя» спускались в глубины арктических недр. Они рубили уголь, выдавали его на-гора, везли на тракторах по проложенной во льду дороге к своему ледоколу (а это почти 80 километров), заполняя таким образом корабельные трюмы. «Дорогу жизни» замечали метели, приходилось восстанавливать и поддерживать ее, моряки испытывали немалые лишения, валились с ног от перенапряжения, но к апрелю 1938 г. подняли на борт «Красина» около 3 тыс. тонн угля, поистине «золотого». Ледокол-зимовщик был теперь готов к навигации. Он тотчас включился в работу в восточных морях Ледовитого океана. В конце сентября 1938 г., выполнив намеченную программу, корабль двинулся во Владивосток. И тут поступило приказание срочно возвращаться в Арктику: маленькое деревянное судно «Ост» безнадежно вмерзло в лед неподалеку от чукотского побережья. Стихия оказалась и на сей раз сильнее «Красина», все попытки проташить «Ост» по проложенному каналу во льдах были тщетны: у судна не действовал руль, и активно следовать за поводырем оно не могло. Восемь человек из его команды остались на зимовку, двадцать с лишним перешли на борт «Красина», усугубив и без того острую «жилищную проблему». Как подсчитали позже дотошные береговые экономисты, поход ледокола на выручку «Оста» обошелся в несколько сот тысяч рублей.

Вот так жил и работал, бедствовал и отчаянно спасал коллег «Красин». Началась война. По завершении навигации 1941 г. кораблю пришлось совершить второе в его биографии кругосветное плавание: к началу следующей полярной страды «Красина» ждали в Мурманске, он



«Красин» во льдах к северу от Шпицбергена.

ЗВЕЗДНЫЙ ЧАС ЛЕДОКОЛА

был нужен в западном районе Арктики. Союзники-американцы собирались вооружить ледокол артиллерией, что и было сделано при его заходах в американские порты.

В ноябре 1941 г. корабль вышел из бухты Провидения, к Новому году подошел к Панамскому каналу и только в марте 1942 г. добрался до берегов Англии, откуда в составе союзного конвоя из 20 судов двинулся к Исландии. Во время своего диковинного маршрута «Красин» не раз попадал в жесточайшие штормы, волны снесли фальшборт в средней части мостика, повредили рулевую рубку, смыли несколько спасательных шлюпок, палубные надстройки... Ко всем напастям стихии отныне добавлялись атаки врага. На караван, взявший в апреле 1942 г. курс к советским берегам, налетали гитлеровские самолеты, по нему били торпедами подводные лодки, на пути конвоя вставали немецкие минные поля. Лишь 5 мая, преодолев за полгода более 15 тыс. миль, «Красин» вошел в Кольский залив и встал на мурманском рейде.

В течение всех навигаций военного времени, проходивших на западе и востоке Арктики, ледоколом командовал М. Г. Марков, бывший штурман-челюскинец. За годы войны свыше 300 красинцев получили награды.

Кончилась война — и снова навигации, сверхдальние океанские походы, сотни тысяч морских и ледовых миль за кормой, десятки вырванных из ледовых объятий судов, сотни спасенных человеческих душ. Такова была повседневная жизнь «Красина», и можно ли утверждать, что, дескать, эта экспедиция была наиболее героической, а тот случай, к примеру, и вовсе уникальный? И однако вряд ли я погрешу против истины, если скажу: был все-таки в судьбе «Красина» такой год, был арктический спасательный рейс, возымевший такие в полном смысле слова исторические последствия, о которых необходимо говорить отдельно и подробно.

В мае 1928 г. итальянский авиаконструктор генерал У. Нобиле вместе с 15 спутниками совершил полет на дирижабле «Италия» к Северному полюсу. Достигнув заветной точки, экспедиция не вернулась в назначенное время на Шпицберген, откуда стартовала, и радиосвязь с дирижаблем прервалась. Возникло всеобщее ощущение тревоги, и одним из первых забил во все колокола Р. Л. Самойлович, предчувствовавший возможное несчастье еще до... вылета «Италии» из Милана. За несколько месяцев до того, находясь в командировке в Берлине, ученый познакомился с Нобиле и скоро убедился в том, что задуманная молодым и честолюбивым генералом воздушная экспедиция может завершиться трагедией (Нобиле предполагал высадить в точке полюса группу исследователей и через какое-то время забрать их на борт, но Самойлович знал, что люди могут затеряться посреди дрейфующих льдов и дирижабль никогда не найдет их; эта часть проекта в итоге не была осуществлена).

Уже тогда Самойлович поделился своими опасениями с некоторыми знатоками Крайнего Севера, рассказал об этом и президенту АН СССР Карпинскому. Из Ленинграда на Таймыр и Новосибирские о-ва отправились две группы полярников: им поручалось в дополнение к повседневным обязанностям исследователей-зимовщиков, внимательно следить за начинающимся полетом итальянцев и, если потребуется, немедленно выйти к ним на помощь во льды. 25 мая дирижабль исчез где-то между Северным полюсом и Шпицбергом. Нужно было организовать поиск поистине глобального масштаба.

Как только прервалась радиосвязь с «Италией», Самойлович обратился в Совнарком с предложением немедленно направить в район к северу от Шпицбергена несколько поисковых судов и непременно — «Красин». Сложность, однако, заключалась в том, что корабль уже больше года не плавал, а стоял в Ленинградском порту с

погашенными топками, с пустыми трюмами, на его борту была команда лишь из двух десятков человек: «Красина» собирались надолго законсервировать.

Но Самойлович настаивал именно на «Красине», тем более что старший механик М. И. Ершов подтверждал: машины и механизмы находятся в хорошем состоянии. А тут произошло событие исключительное: 3 июня 1928 г. молодой радиолюбитель Н. Р. Шмидт из глухого костромского села внезапно услышал слабенькие, сбивчивые сигналы из итальянского лагеря бедствия. Оказалось, что дирижабль обледенел и упал на лед севернее Шпицбергена. Один человек при этом погиб, шестерых унесло ветром вместе с остатками оболочки, шестеро пребывали сейчас в Красной палатке на дрейфующем льду, а трое ушли за помощью к ближайшей земле. Еще через сутки удалось засечь координаты лагеря Нобиле, и созданный за несколько дней до того Комитет помощи при Осоавиахиме вскоре отдал «Красину» приказ идти на спасение итальянцев.

Руководство операцией поручили Самойловичу, за плечами у которого было около 15 полярных плаваний и походов. Капитаном назначили опытного судоводителя К. П. Эгги. В состав руководства на «Красине» вошли также коммиссар П. Ю. Орас и 30-летний северный пилот Б. Г. Чухновский — на борт был погружен трехмоторный «юнкерс», сразу получивший название «Красный медведь».

16 июня 1928 г., через 4 суток 7 часов и 47 минут после приказа собираться в дорогу ледокол с командой почти в 140 человек (ее набрали — по конкурсу! — с других судов, стоявших тогда в порту), с забытыми до отказа трюмами и закрепленным на верхней палубе самолетом вышел в спасательный рейс.

Ситуация усугублялась тем, что экспедиция Нобиле значилась предприятием итальянским — из 16 ее участников «инородцами» были только чешский физик Ф. Бегоунек и шведский геофизик Ф. Мальмгрен. А Италия в те времена уже приобрела сомнительную славу фашистского государства, и премьер-министром стал Б. Муссолини.

И тем не менее иначе наши люди поступить не могли. Погибали в Арктике их собратья, представители славного клана полярников, и требовалось отбросить все соображения — идеологические, национальные, классовые, а заодно любые амбиции и гордыню — во имя главного и единственного — спасти обреченных. Да, без всякой натяжки — обреченных, потому что шел 1928 год, эпоха отнюдь не атомоходов, вертолетов, искусственных спутников и прочих чудес наших дней. Еще оставалось почти шесть лет до челюскинской спасательной эпопеи, и никто в мире не обладал опытом проведения операций подобного масштаба (нелишне заметить, что и в 1934 г. мало кто верил, особенно за рубежом, в спасение обитателей «Лагеря Шмидта»).

«Красин» был главным, но вовсе не единственным спасателем. Примерно в те же дни отправился к берегам Шпицбергена ледокольный пароход «Мальгин» (бывший «Соловей Будимирович») с крупной экспедицией во главе с



Радиолюбитель Н. Р. Шмидт, услышавший сигналы бедствия из лагеря У. Нобиле в июне 1928 г.

выдающимся арктическим исследователем В. Ю. Визе. Другой ледокольный пароход, «Г. Седов», а также первенец отечественного научного флота «Персей» тоже приняли участие в операции. В общей сложности в ней участвовало не менее 1500 представителей разных стран (по каким-то причинам США и Великобритания, две мощные державы, обладавшие и флотом, и авиацией, уклонились от помощи Нобиле). Шестнадцать самолетов, более 20 судов различного «калибра» (от ледокола до маленькой парусно-моторной шхуны) устремились к бедствующим во льдах, и нужно сказать сразу: лишь одного из них, генерала Нобиле, эвакуировал со льдины иностранный спасатель, всех остальных, кому посчастливилось уцелеть при катастрофе и выжить после нее, спасли красинцы, летчики и моряки. Причем среди наших спасателей не было ни единой жертвы, тогда как в ходе поисков и по их завершении трагически погибли экипажи нескольких самолетов — итальянцы, французы, норвежцы, возглавляемые знаменитым Р. Амундсенем.

Миновав Балтику, ледокол пошел норвежскими шхерами. Чтобы иметь на борту максимальное количество угля, пришлось зайти в порт Берген. Здесь на «Красин» поднялись два иностранца, ученый из Осло А. Хуль и корреспондент итальянской газеты «Коррьере делла сера» Д. Джудичи, который впоследствии оказал большую помощь в общении красинцев с его соплеменниками из Красной палатки. Затем корабль двинулся дальше на север и в конце июня встретил первые льды, а 1 июля толщина отдельных ледяных полей достигала уже метра.

Радио принесло ошеломляющую новость: шведский пилот Лундборг сумел сесть на лед рядом с Красной палаткой и вывез на Шпицберген одного пассажира (такова была вместимость машины), командира дирижабля «Италия» (при второй попытке Лундборг попал в аварию, и его самого эвакуировал со льда другой швед-

ский летчик, после чего никто уже не рисковал садиться в лагере итальянцев)... Капитан, первым покинувший тонущее судно — это красинцы отказывались верить, и праваньло делал!

Позднее выяснилось, что тогдашние правители Италии вели вокруг экспедиции Нобиле (и особенно в связи с его спасением) недостойную игру, стремясь подставить генерала под удар, убрать с политической арены как противника режима. И надо сказать, в годы второй мировой войны Нобиле наглядно проявил свою антифашистскую настроенность. На послевоенных выборах в Национальное собрание генерал шел по списку Итальянской коммунистической партии, хотя коммунистом, конечно, никогда не был.

«Красин» постоянно окутывали туманы, столь характерные для летней Арктики с ее многочисленными разводьями среди льдов, которые часто дымятся паром. Никак не удавалось начать разведывательные полеты, разведывательные одновременно в двух значениях этого слова — на разведку льдов и на поиск затерявшихся в океане людей. Впрочем, координаты Красной палатки были теперь довольно хорошо известны: стоявшее у берегов Шпицбергена итальянское вспомогательное судно «Читта ди Милано» установило надежную связь с Бьяджи, радистом лагеря Нобиле, и на «Красин» регулярно поступала соответствующая информация. Не было ничего известно лишь о троих ушедших из лагеря и о шестерых «унесенных ветром». Необходимо все время помнить, какова была степень изученности Арктики, какими техническими возможностями располагали ее исследователи, сколь высока была цена, которую приходилось платить за право и счастье называться первопроходцами Северного морского пути, «покорителями» Центральной Арктики и Северного полюса. На борту «Красина», как и в любом арктическом рейсе, проводились океанографические, метеорологические, геофизические наблюдения. Исследователи пользовались каждой остановкой, каждой вынужденной задержкой во льдах, чтобы «окунуть» в океан свои приборы, провести географическую и геологическую рекогносцировку на берегу какого-нибудь полярного острова.

Переждав туманы, пробив, ценой жестоких травм, ледовые перемычки, корабль вошел в район непосредственных поисков. На лед был спущен «Красный медведь» с лыжным шасси, и экипаж Чухновского приступил к полетам (вторым пилотом был любимец всех красинцев Г. А. Страубе, умерший во время ленинградской блокады в 1942 г.; штурманом и радистом — А. Д. Алексеев, который в 1937 г. стал Героем Советского Союза за участие в высадке на полюс папанинской четверки).

В первую очередь они хотели найти и спасти группу из трех человек, шедших пешком по льдам, шведа Ф. Мальмгрена и итальянцев Ф. Цалпи и А. Мариано — об их судьбе вот уже почти полтора месяца никто ничего не знал. 10 июля «юнкерс» вылетел на поиск людей и одновременно на ледовую разведку по направлению к о. Карла XII. Закончив осмотр льдов и никого не обнаружив, летчики взяли курс на ледокол, и вдруг бортмеханик А. Шелагин вор-

вался в пилотскую кабину с криком: «Люди! Люди!» Так нашли группу Мальмгрена.

Вскоре, правда, выяснилось, что самого Мальмгрена в ней, увы, нет. По словам обоих итальянцев, он совершенно обессилел во время тяжелейшего перехода пешком по дрейфующим льдам и еще в июне упросил товарищей оставить его умирать в вырубленной во льду нише... Сейчас вряд ли стоит подробно разбирать ту трагическую историю, но сказать основное следует. Хотя Самойлович и утверждал в книге о походе «Красина», будто ни о каком каннибализме в случае в Мальмгреном не могло идти речи, у мировой общественности все-таки сложилось мнение, что подобное подозрение, к сожалению, не лишено оснований.

Увидев с воздуха людей на льдине и не имея никакой возможности «прилечь» поблизости, пилоты направили «Красного медведя» к ледоколу, но из-за внезапно сгустившегося тумана найти его им не удалось, и они совершили вынужденную посадку на лед, сильно повредив при этом шасси. Однако сумели дать на борт корабля подробную радиограмму с указанием координат льдины, на которой они видели «группу Мальмгрена». Сообщение заканчивалось словами, ставшими историческими: «Считаю необходимым «Красину» срочно идти спасать Мальмгрена. Чухновский».

Теперь на борту «Красина» никто не смыкал глаз. Все свободные от вахты толпились на верхней палубе, то и дело раздалась чей-нибудь громкий выкрик — это далеко вперед появлялось какой-то темный предмет, и всякий раз следовало разочарование. Но в 5 час. 20 мин. утра 12 июля вахтенный штурман А. Д. Брейнкопф усмотрел все-таки адали человеческую фигуру. Через час с небольшим «Красин» уже подходил к льдине, на которой находились Цалпи и Мариано. Последний пребывал в тяжелом состоянии, и позже на борту «Читта ди Милано» у него была ампутирована отмороженная нога (в операции принял участие красинский врач Средневский).

Вот что написал о тех мгновениях Самойлович: «Я погладил его (Мариано.— З. К.) и, если бы не постеснялся окружающих, наклонился бы и поцеловал этого счастливого человека. Я был глубоко взволнован, к горлу подступал какой-то комок, мешавший говорить. Да и все мы пережили незабываемые минуты высшей человеческой радости, ибо (теперь я уже это знаю) спасти человека от смерти — это действительно величайшее счастье. Ко мне подошел один из коцегаров, потный, весь в угле, но только что вылез из коцегарки. «А ведь спасли все-таки,— сказал он, улыбаясь, и не удивился, когда заметил, что катившиеся слезы проложили две светлые полоски на его щеках, запачканных угольной пылью». Помощь подоспела как нельзя вовремя: льдина, где нашли пристанище Цалпи и Мариано, «съезжилась» буквально не по часам, а по минутам, и опоздай «Красин» хотя бы немного...

К вечеру того же дня, 12 июля, полным ходом преодолел поля толстого льда и большие пространства чистой воды, «Красин» под 82° с. ш. подошел ко льдине, в центре которой высклеса бившая красная, а теперь чудовищно закопчен-



Бегоунек, Бьяджи, Вильери у Красной палатки.



Мартино и Цалпи, спасенные «Красинным».

ная, под стать цвету окружающего, такого же грязного льда, палатка. Рядом копошились пятеро: итальянцы Вильери, Трояни, Чечони, Бьяджи и чех Бегоунек.

«Красин» двинулся к месту вынужденной посадки «Красного медведя», и нужно ли тратить слова на описание встречи итальянских воздухоплатователей с их спасителями и коллегами, советскими пилотами! Поврежденный самолет был водружен на палубу, и корабль направился в шпицбергенскую бухту Кингсбей, где стояла «Читта ди Милано». 19 июля все семеро «заново родившихся» перешли на борт итальянского судна. Там и спасенных, и спасителей встречал Нобиле. В результате катастрофы у него были сломаны рука и нога, травмирована голова, и он оставался как бы пленником своей каюты. Впрочем, генерал и в самом деле находился, по сути, под домашним арестом, итальянские власти распорядились, чтобы Нобиле воздержался от близких контактов с советскими спасателями и как можно быстрее возвратился на родину.

А ледоколу между тем предстояло... продолжать поиск. Мы ведь помним, что шестеро — их стали называть группой Алессандрини — были унесены ветром в восточном направлении и скрылись из глаз вместе с остатками оболочки дирижабля. Но детальный осмотр полученных ледоколом повреждений, в том числе и руля, убедительно показал, что необходим срочный ремонт в сухом доке, а ближайший находился в

Норвегии, в порту Ставангер. «Красин» пошел на юг, однако не успел он отойти на приличное расстояние от берегов архипелага, как радисты приняли сигнал бедствия с судна, названия которого и слухом не слыхивал ни один красинец: тонул пробитый льдиной немецкий пароход «Монте-Сервантес» с 1500 пассажирами-туристами и 318 членами команды на борту!

Перед руководством ледокола встала очередная мучительная дилемма. «Красин», как считал начальник экспедиции, «был тяжело ранен в длительной борьбе со льдом», и сам нуждался в немедленной помощи, тем более, что только он был в силах спасти людей, погибающих где-то во льдах. А тут, извольте видеть, в 80 милях от ледокола терпит аварию какой-то, казалось бы, совершенно лишний субъект, некий немец с взалкавшими полярной экзотики буржуями!

Капитан Эгги отбил на борт парохода лаконичную радиограмму: «Красин» идет оказать вам помощь, прибудет через несколько часов». А после того, как ледокол подошел к пострадавшему собрату, начался совсем другой отсчет времени, уже не в часах, а в сутках. Водолазы Желудев и Дмитриев спустились под воду и тщательно осмотрели корпус «Монте-Сервантеса», определяя масштабы аварии, а она оказалась весьма серьезной: на глубине трех метров в носовой части шла пробойна длиной почти четыре и шириной около полтора метра, причем стальная обшивка корпуса загнута и на добрых четверть метра вошла внутрь трещины. Когда же моряки

под руководством старпома Пономарева и стармеха Ершова приступили к откачке воды, выяснилось, что где-то есть еще пробоины. Вновь ушли в глубину водолазы, и на сей раз обнаружили сразу несколько плохо различимых под водой пробоин ниже ватерлинии.

Восемь дней и ночей красинцы откачивали воду из трюмов, латали борта, накладывали пластырь, заделывали отверстия цементом. Потребовались массивные стальные щиты для ремонта наиболее пострадавшего левого борта, и пришлось пожертвовать... частью палубы машинного отделения «Красина», оторвать от лебоды кусок «живого тела», и можно представить себе, каково было красинским умельцам крушить свое, родное, любимое! Когда же «Красин», эта арктическая «палочка-выручалочка», по окончании всех работ расставался со спасенными туристами, на верхней палубе выстроился судовой оркестр и торжественно исполнил «Интернационал». Шел 1928 год, до прихода Гитлера к власти оставалось еще пять лет...

11 августа «Красин» прибыл в Ставангер, где ему была устроена незабываемая встреча: тысячные толпы в порту, разукрашенные флагами суда, фейерверки и крики «ура». Сам же ремонт ледокола неожиданно затянулся, травмы, полученные во льдах, оказались куда болезненнее, чем предполагалось. Сто пятьдесят рабочих и несколько наиболее опытных инженеров круглосуточно трудились в доке, но только к 24 августа работы были завершены, и «Красин» вновь вышел в море.

В начале сентября, уже на подходе к Шпицбергену, красинцы внезапно слышали по радио, что у берегов Северной Норвегии рыбаки подбирали в океане полплавок с гидросамолета «Латам», на борту которого находились Р. Амундсен и пятеро его спутников из экипажа французского летчика Гильбо. Как ни печально, приходилось смириться с мыслью о том, что вряд ли удастся найти в море хоть когонибудь из экипажа «Латама». Теперь оставалась лишь призрачная надежда на успешные поиски группы Алессандрини. «Красин» причудливыми галсами «утюжил» водно-ледяное пространство, обозначенное на всех морских картах как Земля Джиллиса — теперь окончательно выяснилось, что ее не существует (как, воставим, и мифической Земли Андреева в Восточной Арктике, поисками которой ледокол вынужден был попутно заниматься в навигацию 1934 г.). Туманы чередовались со штормами, все чаще налетали снежные заряды, лютвала настоящая зимняя пурга.

И все же красинцы решили сделать последнюю попытку: пройти к архипелагу Земли Франца-Иосифа, в отличие от Шпицбергена абсолютно в ту пору необитаемому, и на каком-нибудь приметном мысе соорудить хижину из плавника, а в ней оставить запас продовольствия на случай, если люди Алессандрини случайно доберутся до этих мест. На мысе Ниль моряки оставили продуктовый склад и бревна для постройки хижины, поскольку соорудить ее красинцы не успели из-за резко изменившейся ледовой обстановки. Самойлович торжественно под-

нял здесь Государственный флаг СССР, официально объявив Землю Франца-Иосифа советской, и «Красин» взял курс на Большую землю.

Все мы не раз становились свидетелями пышных встреч, какими родная земля одаривала героев. В памяти нынешних тридцатилетних еще живы чествования космонавтов. В 30-е годы так же приветствовали участников нескольких арктических эпопей — челюскинцев, папанинцев, седовцев (которые 812 суток дрейфовали в Центральной Арктике на борту ледокольного парохода «Г. Седов» в 1937—1940 гг.). И все же, судя по всему, самой-самой первой, поистине всенародной встречей такого рода стали торжества в Ленинграде, а затем и в Москве в начале октября 1928 г.

Когда «Красин» подходил к Кронштадту, ему салютовали орудийными залпами стоявшие на рейде корабли Балтийского флота. На украшенных флагами палубах и вдоль пирса выстроились военные моряки. Почетный эскорт ледокола составили три быстроходных эсминца, над его мачтами, приветственно покаявая крыльями, пролетали боевые самолеты. Даже высокие краны в Ленинградском порту медленно склоняли «головы» перед проходящим кораблем, а когда он вошел в Неву и приблизился к стенке Васильевского острова, глазам красинцев представили 200-тысячные толпы ленинградцев, заполнивших набережные и прилегающие проспекты. Гремело несмолкающее «ура», звучали многочисленные оркестры. В течение долгих часов растерявшиеся, растроганные небывалой встречей герои-полярники принимали поздравления соотечественников. Лишь глубокой ночью сумел попасть в собственную квартиру потрясенный происходящим, донельзя усталый и счастливый начальник экспедиции.

ПОСЛЕ ТРИУМФА

Красинская эпопея завершилась, но отголоски ее не стихали еще многие годы. Группы моряков, пилотов, ученых, журналистов, принявших участие в спасательной операции, стали ездить по городам и селениям нашей страны, встречаться с миллионами благодарных слушателей, охваченных горделивым воодушевлением. А вскоре первые красинцы уже выехали за рубеж. Они путешествовали по всей Западной Европе, рассказывали о пережитом, рушили идеологические и расовые барьеры, устанавливали, как сказали бы мы сегодня, дружеские связи с самыми разными общественно-политическими кругами на Западе, беседовали с монархами и рабочими, парламентариями и студентами.

На родине спасенных восторги, естественно, достигли апогея. Красинцы в Милане, красинцы в Риме, красинцы в Сорренто, в гостях у Горького. В одном из писем в Москву он сообщает: «Самойлович получил оригинальный подарок для «Красина» — бронзовую фигуру святого с... белым медведем. Не представляю, как устроится святой на корабле грешников!»

Итальянские газеты готовы были информировать читателя о всякой малости, связанной

с пребыванием советских спасителей на земле спасенных. Мэр Венеции, например, встречаясь с ними, посетовал на небывало суровую зиму, из-за чего замерзли знаменитые венецианские каналы, и с улыбкой попросил гостей «одолжить» его городу ледокол, желательно — «Красин»! И подобные сценки разыгрывались в Италии чуть ли не ежедневно.

А «Красин», если говорить серьезно, именно теперь, по окончании эпопеи 1928 г., в полной мере обрел «права гражданства» в Арктике, утвердил в сознании полярных мореплавателей (и, что еще важнее, в сознании руководителей различных рангов) веру в необходимость использования ледоколов в каждой арктической навигации. Спасательный рейс помог тому же Самойловичу и другим поборникам всемерного освоения Крайнего Севера осмыслить, сколь велики возможности, тающиеся в tandem «ледокол — самолет». Самойлович развил давнюю идею переделки «Красина» под жидкое топливо, что позволило бы резко увеличить радиус автономного действия корабля, и 30 лет спустя после спасательной эпопеи это осуществилось, причем в отношении не только одного ледокола «Красин».

Узнать это Рудольфу Лазаревичу было не суждено. Большой террор конца 30-х годов унес его жизнь, как и жизни других замечательных полярников — исследователей, мореплавателей, зимовщиков, работников северных береговых служб, геологов, учителей, врачей и прочих достойных тружеников Заполярья. На целые десятилетия их имена оказались вычеркнуты из истории Арктики и страны...

Жестокие незаслуженные кары обрушились, в частности, еще на двух участников красинской эпопеи. В 1937 г. сгинул безвозвратно комиссар экспедиции П. Ю. Орас. Арестовали в 1941 г. Н. Р. Шмидта, того, кто, в сущности, положил начало спасению Нобиле, уловив в лесном захолустье сигналы бедствия, долетевшие из Красной палатки. Его обвинили в пособничестве Гитлеру и расстреляли. Лишь 40 с лишним лет спустя, благодаря настойчивости столичных радиоспециалистов и радиолюбителей (своей семье у него никогда не было), удалось добиться полной посмертной реабилитации этого замечательного подвижника и патриота радио.

Автору этого очерка посчастливилось написать две небольшие книги о жизни Самойловича. Именно о жизни, ибо о смерти ни в одной не удалось из-за требований неумолимои цензуры сказать правду. В современных советских энциклопедиях и энциклопедических словарях, например, смерть Самойловича датируется 1940 г. (зарубежные справочные издания не без оснований ставят возле этой даты вопросительный знак, о чем мы поговорим чуть позже). В свидетельстве о посмертной реабилитации учебного, выданной его родным в 1957 г., датой смерти указывается 15 мая 1940 г. Но там, где полагается вписать причину и место смерти, стоят жирные прочерки...

Совсем недавно, в конце 1990 г., Военная коллегия Верховного суда СССР прислала близ-

ким покойного еще один документ, крайне важный, — приговор Военной коллегии, то бишь пресловутой «тройки», мгновенно и неправедно выносившей свои решения (разумеется, без участия адвоката, без предоставления обвиняемому последнего слова). Оказывается, 4 марта 1939 г. бывший выдающийся советский полярник Самойлович Р. Л. был приговорен к расстрелу с конфискацией имущества как германский, а также одновременно французский и польский шпион!..

Имя самого Самойловича ныне полностью восстановлено. В созданном им институте, где он директорствовал более 15 лет, на видном месте висит его портрет. На географической карте Арктики вновь появился в Карском море остров Самойловича (между 1938 и 1965 гг. он носил безликое название «Остров Длинный»). К нему добавились пролив и ледниковый купол, Бухта и гавань Самойловича. Даже в Антарктике, где он так и не успел побывать, его имя носят полуостров, мыс и гора. Летом 1978 г. вышел в первый рейс в северные моря «Рудольф Самойлович», корабль науки, которой ученый посвятил всю свою яркую, красивую и гордую жизнь. А в сентябре 1981 г. широкая общественность торжественно отметила его столетний юбилей.

И уж коль скоро речь зашла о названиях на географической карте, можно добавить: имя ледокола «Красин» значится на ней трижды. Это и мыс на Земле Георга в архипелаге Земли Франца-Иосифа, и остров в архипелаге Норденшельда, у побережья Таймыра, и залив на острове Врангеля. Сама трасса Великого Северного морского пути как бы вобрала в себя многолетние отважные деяния людей и кораблей.

Сегодня этот ледокол самый почтенный в мире. Его предшественник, знаменитый «Ермак», детище адмирала С. О. Макарова, прекратил свое существование в середине 60-х годов, «не дожив» до 70 лет. «Красину» ныне уже под 80. Конечно, многое переменялось в его жизни. К «фамилии» добавилось имя «Леонид» (а на трассе Северного морского пути работает новый мощный «Красин» финской постройки). После капитального ремонта, проведенного в конце 50-х годов в Германии, коренным образом изменился и внешний, и внутренний облик корабля: его перевели на жидкое топливо, заменили угольные бункеры топливными цистернами; дополнительно укрепили корпус; возвели на верхней палубе высокую надстройку с каютами для экипажа, и первоначальный силуэт «Красина» изменился до неузнаваемости. (Уместно привести некоторые цифровые характеристики «Леонида Красина»: длина — 99,8 м, ширина — 21,68 м, водоизмещение — 10 200 т, суммарная мощность на трех гребных валах — 11 400 л. с., до реконструкции было 10 000 л. с., скорость хода по чистой воде — 13,6 узла, осадка — около 9 м.)

Сегодня он стоит на Балтике, где 60 с лишним лет назад его триумфально встречали ленинградцы. Хочется надеяться, что его долгая, трудная, исполненная романтики и героики жизнь будет продолжаться еще долгие годы.

Космические исследования**«Улисс» у Юпитера**

В середине февраля 1992 г. американо-западноевропейская межпланетная станция «Улисс», направленная к Солнцу, прошла вблизи Юпитера. Цель этого гравитационного маневра — перевести станцию на новую орбиту, по которой она в 1994 г. пройдет «под» Южным полюсом нашего светила. От Юпитера «Улисс» прошел всего в 430 тыс. км, ближе к планете, чем 11 из ее 16 естественных спутников; станция вплотную подошла к орбите спутника Ио, на поверхности которого имеются вулканы, образовавшие вокруг Юпитера плазменный тор — мощное кольцо ионизованных газов. Радиосигналы с «Улисса», проходя позади тора, поступали на Землю, позволяя оценить распределение плазмы в пространстве.

Фотокамер на борту «Улисса» нет. Девять имеющихся там приборов предназначены для изучения заряженных частиц космической пыли, а также магнитного поля, которое у Юпитера примерно в 5 тыс. раз интенсивнее, чем в открытом пространстве.

Данные о величине и направлении магнитного поля Юпитера, полученные «Улиссом», специалисты смогли сопоставить с аналогичной информацией «Вояджер-2», прошедшего в этом районе 12 лет назад. Важны также сведения о структуре магнитного поля в полярной области планеты. Все предыдущие космические аппараты («Пионер-10 и -11», «Вояджер-1 и -2») проходили в плоскости экватора Юпитера, и лишь «Улисс» посетил сначала район его Северного полюса, а затем, обогнув планету, проследовал около Южного. Вскоре специа-

листы смогут составить «трехмерное» изображение магнитного поля планеты-гиганта. Руководитель магнитных экспериментов на «Улиссе» — А. Балог (A. Balogh; Имперский колледж, Лондон, Великобритания).

Измерения состава и распределения космических пылевых частиц ведутся группой специалистов из Кентского университета (Кентербери, Великобритания). Наблюдения, выполненные с борта «Вояджера», открыли существование вокруг Юпитера слабого кольца из частиц микронных размеров. Хотя оно и расположено внутри орбиты Ио, теперь есть надежда обнаружить его следы в данных «Улисса».

New Scientist. 1992. V. 133. N 1807. P. 16 (Великобритания).

Астрофизика**Черная дыра в Галактике!**

До сих пор с достаточной достоверностью в нашей Галактике были известны лишь два кандидата в черные дыры: источник X-1 в созвездии Лебедя и A 620-00 в созвездии Единорога. Теперь об открытии еще одного сообщили астрономы Х. Казарес (J. Casares; Институт астрофизики, Тенерифе, Испания), Ф. Чарлз и Т. Нейлор (P. Charles, T. Naylor; Гринвичская обсерватория и Кильский университет, Великобритания).

Обнаруженный ими объект находится в звездной системе V404 Лебедя, расположенной по крайней мере в 5 тыс. св. лет от нас. Еще в 1989 г. японский спутник «Гинга» зарегистрировал приходивший из этой области поток рентгеновского излучения; затем оптические наблюдения показали, что здесь образовалась сверхновая, светя-

щаяся в тысячу раз ярче обычного.

Вероятно, источником рентгеновского излучения является разогретое вещество, «сравненное» с обычной звездой тяготением весьма плотного звездного объекта.

Наблюдения выполнялись на 4,2-метровом телескопе им. В. Гершеля на Канарских о-вах. В спектре излучения V404 в диапазоне 649,5 нм обнаружена линия, позволяющая отнести звезду к числу «желтых», с температурой несколько ниже солнечной. Ее обращение вокруг предполагаемой черной дыры позволило наблюдать доплеровское смещение линий в синюю часть спектра по мере ее приближения к нам и красное — при удалении.

Период обращения звезды вокруг черной дыры составил 6,47 с, скорость обращения около 211 км/с, а масса превысила солнечную примерно в 6,3 раза. Масса черной дыры находится в пределах $8-15,5 M_{\odot}$. Все это убедило специалистов, что перед ними действительно черная дыра.

По мнению авторов, V404 может состоять из трех объектов: «желтая звезда» слишком далека от «черной дыры», чтобы непосредственно передавать ей свое вещество; между ними должен существовать «переходный центр», например в виде красного карлика (звезды, много холоднее Солнца).

New Scientist. 1992. V. 133. N 1807. P. 22 (Великобритания).

Астрофизика**Межзвездные облака похожи на земные!**

Пространство между звездами в Галактике заполнено

облаками, состоящими главным образом из водорода с небольшой примесью молекулярных соединений углерода. Их фотографии астрономы изучали еще в 40-х годах, справедливо полагая, что в наиболее плотных облаках должны рождаться звезды. Чтобы понять, как это происходит, надо знать, как газ движется, нагревается и остывает. Наблюдения в оптическом, инфракрасном и радиодиапазоне дают информацию о динамике газа. Так, радиокарты областей звездообразования похожи на сложные сплетения линий, каждая из которых соответствует определенной температуре газа. Сведения о свойствах газа можно получить, научившись расшифровывать радиокарты.

Этой довольно сложной задачей и занялись французские и американские радиоастрономы Э. Фалгарон, Т. Филлипс и С. Уокер (E. Falgarone, T. G. Phillips, C. Walker; Радиосерватория Калифорнийского технологического института США). На первый взгляд радиокарту расшифровать невозможно, поскольку линиям нельзя однозначно сопоставить конкретный физический процесс, их может быть несколько: нагрев облаков излучением звезд и космическими лучами, взаимодействии ионизованного газа с галактическим магнитным полем, влияние вращения и гравитационного поля Галактики и т. п.

На самом деле, как оказалось, выбор можно сделать, если использовать фрактальную размерность карты. Этот параметр связывает наблюдаемые длину контура и площадь, которую он охватывает. Например, для окружности на плоскости между длиной окружности l и площадью соответствующего круга S существует связь: $l \sim S^{1/2}$. Для фрактальной кривой $l \sim S^{d/2}$, где d — фрактальная размерность. Замечательно, что d можно измерить по данным наблюдений и вычислить для каждого предполагаемого физического процесса.

Исследователи нашли, что $d=1,36$. Такое значение характерно для модели облаков, сжимающихся благодаря собственному тяготению; они нагреваются излучением звезд, затем остывают, излучая тепло, и, наконец, сталкиваются и переме-

шиваются, как при турбулентном движении.

Подобную фрактальную размерность имеют и двумерные изображения земных дождевых облаков, только для них гравитационное сжатие заменяется давлением окружающего более горячего газа. Совпадение тем более удивительно, что формирование земных облаков происходит за время порядка суток, а межзвездные облака образуются и разрушаются за тысячи лет.

Caltech Submillimeter Observatory
Astrophysics Preprint. 1991.

Астрофизика

«Самоубийство» галактик, или Куда деваются «синие карлики»

За последние годы астрономы открыли много слабосветящихся галактик, вероятно, уже существовавших, когда Вселенная была втрое «моложе». Эти карликовые галактики излучают в синей полосе спектра, что типично для высокотемпературных молодых звезд.

Наблюдения сотрудников Астрономического института при Университете штата Гавайи (Гонолулу, США) свидетельствуют, что в отдаленном прошлом подобных галактик было в 10 раз больше. Более того, общая их барионная масса была, вероятно, сравнима с массой современных крупных и ярких галактик, таких как, например, Млечный Путь. Куда же исчезли «синие карлики»?

Как считают А. Бабул и М. Рис. (A. Babul, M. Rees; Астрономический институт, Кембридж, Великобритания), после образования крупных галактик происходит множественное рождение «синих карликов». Их жизненный цикл краток, вскоре они взрываются, порождая сверхновые. Однако тяготение галактики удерживает звездные «обломки» от дальнейшего разлета, так что они могут перерабатываться в новые звезды. Примером подобной звезды следующего поколения служит Солнце.

В малых же галактиках,

по мнению Бабула и Риса, дело обстоит иначе: высока вероятность того, что материя, выброшенная при взрыве сверхновой, покинет галактику. Поэтому, если галактика невелика, в ней возможен лишь один «всплеск» звездообразования. Однако при существующей технике подобные галактики практически не наблюдаемы.

Решающим фактором, определяющим, у какой галактики хватит вещества для образования следующего поколения звезд, а у какой — нет, оказывается, видимо, не сама ее масса, а окружение. Если вне ее достаточно вещества, то выброшенное при взрыве сверхновой вещество не может уйти далеко.

Поэтому в межгалактической среде, где существуют области высоких давлений, карликовые галактики могут сохраняться, тогда как, находясь в области низких давлений, они обречены на исчезновение. Шанс на «выживание» велик главным образом в центре галактического скопления, на его же периферии эти звезды долго не пресуществуют.

Если подобный вывод правилен, между скоплениями ярких галактик может скрываться множество темных «мертвых» галактик, составляющих, вероятно, 80 % первоначальной численности звезд, родившихся во время «всплеска» их образования.

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 1992. V. 133. N 1802.
P. 17 (Великобритания).

Астрономия

Планеты скрываются в пыли!

М. Джура (M. Jura; Университет штата Калифорния, Лос-Анджелес, США) установил, что звезда HR4796, находящаяся в 250 св. годах от нас в созвездии Центавра, окружена плотным облаком космической пыли. В ее ядре, как и на Солнце, происходит «выжигание» водорода. Такие звезды составляют 90 % от общего числа; поскольку они отличаются значительной стабильностью, в их окрестно-

стях возможно образование планет и даже развитие форм жизни.

Изучив данные инфракрасного спутника «ИРАС», Джура обнаружил, что HR4796 излучает в инфракрасном диапазоне больше, чем положено обычной «белой» высокотемпературной звезде, что сближает ее с яркой звездой Вега в созвездии Лиры. Видимо, «излишек» излучения создается пылевым облаком: звезда разогревает пыль, которая затем переизлучает в инфракрасной области спектра. Наличие пылевого облака не доказывает однозначно существование планет рядом со звездой, но повышает вероятность их обнаружения.

Еще в 1984 г. удалось сфотографировать пылевой диск вокруг звезды Бета в созвездии Живописца (50 св. лет от нас). Но облако, открытое Джурой, имеет примерно вдвое большую плотность.

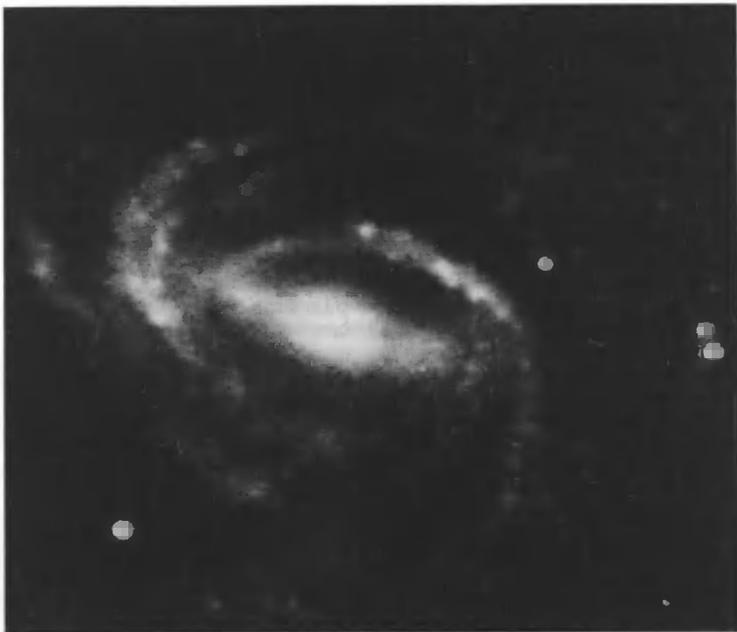
Astrophysical Journal Letters. 1991. V. 133. P. 12 (США).

Астрономия

Новая сверхновая

На фотографии — сверхновая SN1992C в спиральной галактике NGC 3367, открытая астрономом Г. ван Винкелем (G. van Winckel; Европейская южная обсерватория) 28 января 1992 г. Это яркий звездообразный объект 16,5 звездной величины на конце спирального рукава галактики (виден в левой нижней части фотографии). Большинство остальных точечных объектов — межзвездные туманности в этой галактике, расстояние до которой оценивается примерно в 60 Мпк.

Спектр сверхновой позволил отнести ее к сверхновым II типа, а также сделать вывод о том, что взрыв произошел примерно за 10—20 дней до момента ее обнаружения. Это означает, что объект представлял собой относительно молодую массивную звезду, взрыв которой и породил сверхновую. Скорость расширения оболочки составила примерно 7000 км/с.



SN1992C — третья сверхновая, открытая в 1992 г. В той же галактике 4 февраля 1986 г. была обнаружена еще одна (1986A) вблизи сгущения в спиральном рукаве, непосредственно над нынешней сверхновой, слева от центра галактики.

ESO Press Photo. 01/92.

Метеоритика

Почему «небо в алмазах»!

Еще в 1987 г. Э. Андерс (E. Anders; Чикагский университет, штат Иллинойс, США) установил, что в состав метеоритов входят алмазы; правда, они исключительно малы: каждый состоит лишь из нескольких тысяч атомов. Но именно они создают необычное соотношение изотопов, иногда встречаемое в метеоритах. Так, тяжелых изотопов ксенона и криптона в метеоритах больше, чем в Солнечной системе вообще. Присутствуют и легкие изотопы. Однако происхождение метеоритных алмазов оставалось загадкой.

Д. Клейтон (D. Clayton; Клемсонский университет, штат Каролина, США) предположил, что наблюдаемая в метеоритах

смесь изотопов может возникать лишь во время коллапса массивных звезд с образованием нейтронной звезды. Такое случается при взрывах сверхновых II типа, пример — сверхновая 1987A в Большом Магеллановом Облаке.

Когда газ, выброшенный при вспышке сверхновой, достаточно остынет, чтобы образовалась космическая пыль, редкие газы, в том числе ксенон, «захватываются в ловушку» тяжелых и легких изотопов.

В случае сверхновой 1987A это произошло примерно через 600 сут после взрыва. Часть углерода в «обломках» сверхновой образует обычную графитовую «сажу», а часть — алмазную пыль.

Если гипотеза верна, значительная часть космической пыли должна состоять из алмазов. Несмотря на микроскопические размеры, их общая масса должна быть огромной. Согласно подсчетам, только взрыв сверхновой 1987A должен породить алмазную пыль массой, лишь в тысячу раз уступающей массе Солнца. Количество возникших при этом «драгоценных камней» выражается числом с 48 нулями. Так как в истории Вселенной взрывы сверхновых

не редкость, алмазная пыль должна быть рассыпана по всей Галактике.

New Scientist. 1991. V. 133. N. 1807. P. 22 (Великобритания).

Химия атмосферы

Сульфаты против ультрафиолета

Сотрудники Боулдерской лаборатории Национального управления по изучению океана и атмосферы США (штат Колорадо) установили, что в сельских местностях восточной части США частицы серы, поступающие в атмосферу в результате человеческой деятельности, рассеивают ультрафиолетовое излучение Солнца так, что в приземном слое оно ослабляется на 5—18%. Видимо, этим объясняется, почему ультрафиолетовое излучение, несмотря на «озонные дыры», так мало изменилось в средних широтах Северного полушария, т. е. там, где сконцентрировано много промышленных объектов.

На больших высотах сульфатные аэрозоли вызывают похолодание, поскольку отражают солнечную радиацию. Так, аэрозоли, выброшенные при извержении вулкана Пинатубо на Филиппинских о-вах летом 1991 г., по мнению метеорологов, привели к похолоданию примерно на 0,5°C в течение двух-трех лет.

Судя по всему, сокращение выброса сульфатов в атмосферу, к чему так стремятся все промышленные страны, в условиях, когда озонный слой истощается, может привести к повышению уровня ультрафиолетового излучения у поверхности Земли в более быстром темпе, чем ожидалось. Подобный вывод основан на измерениях горизонтальной видимости в атмосфере, уменьшающейся под воздействием сульфатных аэрозолей. Так, в восточной и центральной частях США она должна была составлять в чистом воздухе около 95 км, в действительности же — всего 15—25 км. Зная величину видимости, ученые вычислили концентрацию аэрозолей и интенсивность рассеяния ими ультрафиолетового излучения.

Исследования, выполненные в Нидерландах еще в 1982 г., показали, что средняя видимость может не превышать и 9 км. Очевидно, количество «допускаемого» к Земле ультрафиолета здесь еще меньше, чем в США.

Вообще же, видимость в городах значительно ниже, чем в сельской местности. Следовательно, ультрафиолетовое излучение в крупных промышленных центрах также существенно слабее. По мнению крупных ученых, именно этот фактор способствует распространенному среди горожан заболеванию — недостатку витамина D в организме.

Geophysical Research Letters. 1991. V. 18. P. 2265 (США).

Химия атмосферы

Органический «дождь» над молодой Землей

По мнению многих специалистов, молекулы, из которых затем возникла жизнь на Земле, почти полностью образовались в ее атмосфере. Правда, известно, что в составе метеоритов и комет есть органические молекулы; но, входя в земную атмосферу и столкнувшись с поверхностью планеты, эти небесные тела испытывают воздействие столь гигантских температур, что любая органика должна погибнуть.

Однако К. Чибя и К. Саган (С. Chyba, С. Sagan; Корнеллский университет, Нью-Йорк, США) указывают на иной источник органики — дождь пылевых частиц из космоса. По их мнению, частицы размером до 1 мкм, происходящие от комет и насыщенные органическими веществами, не сгорают в атмосфере, а совершают «мягкую посадку» на планету. Согласно оценкам, сейчас Земля ежегодно получает около 3 тыс. т межпланетной пыли, причем около 300 из них — органика. На ранней стадии развития Солнечной системы в межпланетном пространстве было значительно больше различных «обломков», чем ныне. Расчеты Чибя и Сага-

на показывают, что в «молодости» Земля получала около 60 тыс. т органического вещества в год. Еще в 50-х годах американский химик С. Миллер пропускал электрический разряд через смеси газов, имитировавшие состав ранней земной атмосферы. (Предполагалось, что он совпадал с нынешней атмосферой Юпитера: метан, аммиак, водород.) Разряд выступал в роли молнии. В результате возникла смесь аминокислот и других молекул, которые ныне встречаются в живой клетке. С. Миллер и Г. Юри выдвинули тогда гипотезу, согласно которой возникавшие подобным образом вещества «смывались» в Мировой океан юной Земли, порождая первые живые клетки.

Позже те же авторы предположили, что ультрафиолетовое излучение Солнца играло не менее эффективную, чем молнии, роль в превращении атмосферных газов в органические молекулы. В 1980 г. «Вояджер-1» подтвердил это предположение, установив, что спутник Сатурна Титан окутан мощным слоем оранжевых облаков из органических веществ, сформировавшихся в его атмосфере из простых молекул. Если атмосфера Земли была той же, что и воссозданная Миллером в лаборатории, ультрафиолетовое излучение могло быть в ней главным «производителем» органики (примерно 200 млн. т в год). Еще 20 млн. т могло возникать при падении метеоритов, около 3 млн. т — порождаться молниями.

Однако сейчас стало известно, что земная атмосфера никогда не походила на юпитерианскую: мощное тяготение планеты-гиганта притягивает водород и другие газообразные молекулы из космоса, в то время как ранняя атмосфера Земли в значительной мере состояла из газов (в основном водяных паров и двуокиси углерода), выброшенных извергающимися вулканами. Производство органических молекул в такой атмосфере скромнее по масштабам. По расчетам Чибя и Сагана, для атмосферы, в которой в 10 раз больше двуокиси углерода, чем водорода и образованных им веществ, органики возникает немного: ультрафиолето-

вое излучение дает 300 тыс. т в год, молнии — около 30 тыс. т и метеориты — менее 1 т.

Итак, 60 тыс. т органики, ежегодно выпадающих на Землю из космоса, составляют около 15 % всего «бюджета» органического вещества планеты. *Nature*. 1992. V. 355. N 6356. P. 125 (Великобритания).

Химия атмосферы

«Озонная дыра» над Северным полушарием

С ноября 1991 г. по февраль 1992 г. объединенная группа западноевропейских ученых выполняла проект EASOE (European Arctic stratospheric ozone experiment — эксперимент по изучению стратосферного озона в Европейской части Арктики). Измерениями с борта самолета была охвачена атмосфера над восточной частью Гренландии, Центральной Европой и северными районами, примыкающими к Европейской части России.

Количество озона в воздушном пространстве этого огромного региона значительно ниже, чем ожидалось по данным измерений за предшествующие три года, и к марту 1992 г. его концентрация стала рекордно низкой за все время наблюдений.

Аналогичные работы в Западном полушарии проведены в НАСА США под руководством М. Керило (M. Kurylo) с участием специалистов американских университетов. С октября 1991 г. самолет совершал регулярные исследовательские полеты с аэродрома Бангор в штате Мэн (крайний северо-восток США). Сходные измерения велись и с американских космических аппаратов, оснащенных приборами для изучения высоких слоев атмосферы.

Зарегистрирована рекордно высокая насыщенность воздуха окисью хлора — побочного продукта хлорфторуглеродов, в основном ответственных за разложение нестойких молекул озона.

Согласно прежним исследованиям, за последнее десяти-

летие количество озона в Северном полушарии сократилось на 4—8 %. Теперь же эта величина намного превзойдена. Предполагается, что в некоторых регионах севернее 50° с. ш., включая север США, Канаду, Великобританию, Скандинавию, Голландию, часть Бельгии, Германии и север Европейской части России, временное истощение озоносферы к концу зимы 1992/93 г. составило около 40 %. По данным спутника «UARS» ежесуточное количество озона в этих районах сокращалось на 1—2 %, что приближается к 50 %-ному падению его концентрации, отмечаемому над Антарктикой. Если даже гигантская «озонная дыра» над Северной Европой в 1992 г. и не образуется, она неизбежно возникнет в ближайшие год-два.

Однако явление не ограничивается приполярными районами. Повышение содержания окиси хлора наблюдается над всем Атлантическом побережьем США, вплоть до Карибского моря. Над штатом Мэн, расположенным в средних широтах, обнаружены следы полярной воронки в атмосфере, обычно встречающейся только в Антарктике и Арктике. С этим совпала регистрация рекордно высокой концентрации атмосферного хлора, достигавшей $1,5 \cdot 10^{-9}$ част.⁻¹ Параллельно шло резкое истощение озоносферы.

Основной причиной этих процессов считается выброс в атмосферу хлорфторуглеродов. Однако, по мнению С. Соломон (S. Solomon; Управление по изучению океана и атмосферы, США), большую роль сыграло извержение вулкана Пинатубо на Филиппинских о-вах. Видимо, выброшенные им в атмосферу частицы пепла сыграли роль ледяных кристаллов, которые в Антарктике и Арктике катализируют реакции по высвобождению активного хлора. Вулканические аэрозоли образуют также поверхность, где идет реакция, «подавляющие» окислы азота, которые активно замедляли бы процессы разложения озона.

Обработка полученных данных продолжается, но биологи и медики уже выражают опасения по поводу возможных последствий для живой приро-

ды, включая человека: руководство Программы ООН по охране природной среды опубликовало прогноз, согласно которому при сокращении общей массы атмосферного озона на 10 % количество заболеваний раком кожи может возрасти на 25 %. *New Scientist*. 1992. V. 133. N 1807. P. 17 (Великобритания).

Вычислительная техника

Компьютерный вирус становится солдатом

Стало известно, что перед началом боевых действий в Персидском заливе в ЭВМ, закупленную Багдадом во Франции для своих ВВС, был тайно введен компьютерный вирус, разработанный специалистами Национального агентства безопасности США в лаборатории, находящейся в Форт-Миде (штат Мэриленд). Его задачей было «сбить с толку» главный вычислительный центр штабных управлений Ирака.

Официальные лица США подтвердили достоверность информации, добавив, что «вирус поставленной цели достиг», но подробности операции привести отказались.

Многие американские специалисты критикуют Пентагон, считая, что компьютерные вирусы в любом случае следует вытравлять из вычислительных систем, а не искусственно выводить их в военных лабораториях.

New Scientist. 1992. V. 133. N 1804. P. 15 (Великобритания).

Информатика

Первый результат на пути согласования активных знаний

Базы знаний — непрерывный атрибут интеллектуальных систем. Специалисты давно поняли, что для практически интересных областей деятельности нет надежды априорно полностью заполнить эти базы всей необходимой для работы системы информацией. Значи-

тельная часть знаний о проблемной области должна быть накоплена самой системой в процессе ее работы.

Но этот путь таит немалые опасности. И основная из них — порождение в базах знаний утверждений, не имеющих под собой достаточных оснований. Не менее опасно появление информации, противоречащей той, что уже хранится в этой базе. Познание — процесс, объединяющий появление противоречий в знаниях и построение моделей, в которых эти знания согласуются или отбрасываются. Вся человеческая практика познания пронизана этими актами. Если бы в интеллектуальных системах можно было воспроизвести эти процессы в достаточном объеме, интеллект таких систем стал бы гораздо выше.

Но на пути решения этой проблемы стоят по крайней мере две трудности. Открытость и трансформируемость баз знаний вызывает нарушение автономности и замкнутости логической системы, ответственной за манипулирование знаниями, что в свою очередь ведет к так называемым немонотонным рассуждениям. Активность знаний приводит к смене основной парадигмы в программировании: первичными и активными становятся знания и данные, а процедуры (программы) начинают играть вспомогательную роль.

В области немонотонных рассуждений сделано уже немало. А в области поиска согласования в системе активных знаний результатов практически нет. Имеющиеся психологические результаты (теория когнитивного диссонанса Дж. Фестингера или теория структурной напряженности Ф. Хайдера) пока не получили поддержки в компьютерных науках.

Первый прорыв в этом направлении сделан сотрудником Вычислительного центра РАН С. К. Дулиным. В цикле оригинальных работ он ввел понятия консонансного, ассоциансного и диссонансного множества знаний и предложил эффективные процедуры сведения диссонансных множеств знаний (содержащих противоречия) к ассоциансным и в некоторых

случаях — к консонансным (не содержащим противоречий). Проверка его теоретических построений в реальных базах знаний показывает, что найден эффективный путь к решению задачи, не «подавлявшейся» десятилетиями.

Д. А. Поспелов,
доктор технических наук
Москва

Биохимия

Картофель под охраной прыностей

То, что корица, тимьян и мятное масло придают пище специфический вкус и аромат, известно с незапамятных времен. А вот то, что они могут продлить сроки хранения картофеля, обнаружено недавно группой американских ученых, возглавляемой С. Ф. Вогном (S. F. Vaughn; Национальный центр прикладных сельскохозяйственных исследований в Пеории, штат Иллинойс).

Находясь в хранилище долгое время, клубни картофеля прорастают, становятся мягкими, сморщиваются и вскоре портятся, при этом содержащийся в картофеле крахмал превращается в сахар, который при кулинарной обработке образует неаппетитные темные пятна. С этим можно бороться при помощи синтетических веществ, замедляющих прорастание, но все-таки лучше обходиться без химии, если это возможно.

Вогн с коллегами установили, что масла, экстрагированные из перечной мяты, корицы, тимьяна, миндаля и тмина (*Сitipitum*, семейство зонтичных), обладают способностью подавлять образование побегов. Эти растения содержат ароматические альдегиды и спирты, которые разрушают картофельный «глазок» — точку роста, где формируются корни и стебли растения. Остальные же клетки клубня при таком воздействии не меняются, превращение же крахмала в сахар при этом замедляется. Более того, эти естественные ингибиторы способны убивать грибок, кото-

рый вызывает у картофеля болезнь — сухую гниль, действуя даже на устойчивые к фунгицидам штаммы. Мытье и кулинарная обработка полностью устраняют вкус специй.

Агропромышленные фирмы собираются приобрести патенты на открытие группы Вогна.

Science News. 1991. V. 140. N 8. P. 125 (США).

Генетика

Миграция и генетика

Молодые птицы могут мигрировать в одиночку, находя путь без помощи старших и опытных птиц. Этот факт привлек внимание австрийского орнитолога А. Хельбига (A. Helbig; Орнитологическая станция «Радольфцелл»), предположившего, что перекрестное скрещивание может изменить пути миграции птиц. А это значило бы, что направление полета птиц зависит главным образом от генетической информации, полученной ими по наследству.

Хельбиг изучил пути миграции немецких и австрийских славков-черноголовок (*Sylvia atricapilla*) и установил, что немецкие славки осенью летят в юго-западном направлении и проводят зиму в западных областях Средиземноморья, а австрийские — на юго-восток и затем на юг Африки. Разница между направлениями составляет 50°. Потомство, полученное в результате скрещивания австрийских славков с немецкими, выбирало промежуточное направление полета. В своих экспериментах автор использовал феномен, известный в орнитологии как «миграционное беспокойство», который позволил ему изучать направление миграции птиц в условиях лаборатории (когда наступало время миграции, птицы начинали проявлять беспокойство: прыгать и порхать в направлении предполагаемого полета).

Другая группа исследователей с той же орнитологической станции во главе с П. Бертольдом (P. Berthold) изучала популяцию французских славков черноголовок, 3/4 из которых

мигрируют каждый год, а 1/4 — остается зимовать во Франции. Отобрав из первой части птиц, проявляющих миграционное беспокойство, ученым удалось получить в третьем поколении популяцию, состоящую только из мигрирующих особей. Аналогичные результаты достигнуты и в экспериментах с другой частью популяции: через шесть поколений было получено немигрирующее потомство.

На основании этих данных обе группы пришли к выводу: выбор направления миграции, а также способность к ней являются наследуемыми признаками.

Behavioral Ecology and Sociobiology. 1991. V. 29. N 1. P. 9—11. (ФРГ)

Физиология

Золотое сечение и сердце

Золотое сечение с древних времен считается каноном красоты и гармонии, эта пропорция находит широкое применение в произведениях архитектуры, скульптуры, живописи, музыки и т. д. Интерес естествоиспытателей к удивительным свойствам золотой пропорции и чисел Фибоначчи, их проявлению в живой и неживой природе с каждым годом возрастает.

В Институте теоретической и экспериментальной биологии РАН (г. Пушино) на основе анализа экспериментальных данных установлено, что золотое сечение и числа Фибоначчи составляют основу композиции сердечных систем и сердца. Оказалось, что пропорция золотого сечения наблюдается как на клеточном и тканевом уровнях, так и на уровне органа в целом. Однако наибольший интерес представляют фазовые структуры сердечных параметров, соотношение которых обусловлено сменой противоположных состояний сердечной мышцы — систолы (напряжения) и диастолы (расслабления). Ученые проанализировали законы композиции структур сердечного цикла (ССЦ) млекопитающих в зависимости от веса животных и уровня кровоснаб-

жения организма в условиях физической нагрузки. Эти структуры (всего их рассмотрено 17) включают в себя систолическое и диастолическое значения изученных параметров и их сумму.

Закон композиции ССЦ каждого из 17 параметров является частным случаем выражения

$$0,382\sqrt{\delta}^{K_i+1}A_j + 0,618\sqrt{\delta}^{K_i-1}A_j \approx \sqrt{\delta}^{K_i}A_j,$$

где δ — относительное изменение кровоснабжения организма за 1 мин при физической нагрузке по отношению к покою; A_j и K_j — среднее за сердечный цикл значение параметра j в покое и показатель степени, соответствующий этому параметру (давление в аорте, коронарный кровоток и т. д.); 0,382 и 0,618 — числа, представляющие золотое сечение единичного отрезка; δ — соответственно систолическое, диастолическое и суммарное значения параметра.

В покое ($\delta=1$) это выражение совпадает с золотым сечением, с ростом нагрузки ($\delta>1$) все больше отклоняется от него. Однако благодаря использованию «золотых» чисел 0,382 и 0,618 сердце млекопитающих в покое и при любой нагрузке перекачивает кровь с минимальными затратами энергии, которые, конечно, имеют наименьшее значение в покое и возрастают по мере увеличения нагрузки.

Таким образом, золотое сечение оказывается своего рода гарантом оптимальной деятельности здорового сердца.

В. Д. Цветков
Пушино

Медицина

Витамин А против кори

Ежегодно от кори умирают около 2 млн. детей. В результате этого заболевания возможны осложнения — потеря зрения, воспаление легких, поражение гортани (круп), воспаление среднего уха (отит), расстройство деятельности желудочно-кишечного тракта и т. п.

Единственной защитой от кори является вакцинация, специфической же терапии не существует. Однако тяжелое течение заболевания можно облегчить приемом витамина А, о чем свидетельствует исследование, проведенное врачами университетской клиники Кейптауна (Южная Африка).

Коревая инфекция, как правило, сопровождается снижением уровня витамина А в сыворотке крови. Давно известно, что дефицит этого витамина способствует возникновению осложнений многих инфекционных заболеваний. Поэтому было проведено тщательное исследование действия витамина А у больных корью детей, госпитализированных в клинику Кейптауна с такими осложнениями, как воспаление легких, поражение гортани с проявлениями крупа. Из 189 пациентов 92 получали по 120 мг витамина А, остальные — плацебо. Выяснилось, что у детей, получавших витамин А, воспаление легких продолжалось около 6 дней вместо обычных 12, диарея — 6 дней вместо 9, а из 12 погибших детей 10 — из получавших плацебо. Кроме того, вдвое снизилось количество случаев возникновения осложнений у детей до двух лет, а пребывание в клинике в среднем сократилось с 15 до 11 дней. Нежелательного побочного действия при лечении витамином А не наблюдалось.

Учитывая результаты проведенных исследований, ученые Южной Африки рекомендуют лечить всех детей с тяжелыми формами коревой инфекции витамином А.

Zeitschrift für Phytotherapia. 1991. N 4. В. 11 (ФРГ).

Медицина

Пересадка поджелудочной железы — метод лечения сахарного диабета

С 1966 по 1990 г. в мире выполнено около 3 тыс. таких операций. Из 2735 пересадок, произведенных в 141 учреждении 20 стран и заре-

гистрированных в Международном регистре пересадок поджелудочной железы (Университет штата Миннесота, Миннеаполис), примерно 60 % операций сделано в Северной Америке и 40 % — в Европе.

Наибольшее число операций выполнено в Швеции и Норвегии (5,4 и 2,4 на 1 млн. жителей), значительно меньше в ФРГ, США (около 0,6 на 1 млн.), Великобритании (0,2 на 1 млн.). Частично это объясняется различиями в заболеваемости инсулин-зависимым сахарным диабетом (Швеция занимает второе место по уровню заболеваемости в мире), а также недостаточным опытом и квалификацией хирургов разных стран.

С 1986 по 1989 г. сохранение жизнеспособности трансплантата в течение года составляло 70 %. Совершенствование техники операций, меры по предотвращению отторжения трансплантата, более правильный отбор реципиентов, а также одновременная пересадка поджелудочной железы и почки привели к увеличению продолжительности жизни пациентов, и их выживаемость достигла 90 %.

Снижение частоты отторжения пересаженных органов связано с применением иммуносупрессивной терапии (комбинированное использование циклоспорина, азатиоприна и преднизолона), которая, однако, может вызвать ряд осложнений: поражение почек, связанное с токсичностью циклоспорина; диабетогенный эффект (снижение продукции инсулина и чувствительности к нему), инфекционные заболевания, вызванные такими микроорганизмами, как цитомегаловирус, пневмоциста, грибы.

Важной проблемой пересадки поджелудочной железы является раннее выявление отторжения трансплантата, так как при развитии гипергликемии меры борьбы с отторжением редко бывают успешными. Ранним признаком отторжения может быть повышение активности сывороточной амилазы и снижение уровня амилазы в панкреатическом соке.

В будущем с совершенствованием хирургической техники и средств иммуносупрес-

сивной терапии, которые позволят снизить частоту побочных реакций, в частности со стороны почек, показания к пересадке поджелудочной железы, видимо, расширятся. Однако уже сейчас специалисты считают, что потенциальная польза от этой операции превышает риск возникновения осложнений.

Annals of Medicin. 1991. V. 23. N 2. P. 101—107 (Финляндия).

Биология

Роль пчелиной матки в продуктивности семей

Мед, как известно, собирают рабочие пчелы. Поэтому, занимаясь повышением продуктивности пчелиных семей, основное внимание обращали на генотип рабочих, а на генотип матки — лишь постольку, поскольку она передает свои признаки потомству. Б. Олдрод и Р. Гудман из Института исследования растений (Австралия) решили выяснить, не влияет ли на сбор меда матка сама по себе¹.

В экспериментах использовали маток двух линий: А — *Apis mellifera caucasica* и В — *A. m. ligustica*. Линии были инбредными, т. е. в каждой из них матки были похожи, как близнецы. Их искусственно осеменяли спермой трутней одной из трех линий (С, D или E). Однородность мужского генетического материала достигалась следующим образом: каждая линия была потомством одной самки; от нескольких сотен трутней получали около 50 мкл спермы и тщательно перемешивали — на статистическом уровне это нивелировало индивидуальные различия между разными трутнями. В итоге экспериментаторам удалось получить пчелиные семьи с генетически идентичными матками, но разными рабочими.

Результаты оказались неожиданными: количество собранного медом семьи всецело зависело от генотипа матки,

а вовсе не от генотипа рабочих. Семьи с одинаковыми матками не различались по продуктивности, каков бы ни был генотип рабочих. Зато семьи с матками линии А в некоторые дни собирали достоверно больше меда, чем семьи с матками линии В. Так, при цветении эвкалиптов (*Eucalyptus incrassata*) в первых семьях 28 октября 1987 г. средний привес был 11,6 кг на семью, а во вторых — 7,1 кг; 10 ноября — 11,4 и 3,7 кг; 30 ноября при цветении *E. socialis* — 11,7 и 4,1 кг (для сравнения: в Подмосковье пчелиная семья в последние годы редко дает больше 20 кг меда за все лето).

В семьях с матками линии А всегда было больше расплода. Хотя статистически достоверной корреляции между числом личинок и интенсивностью сбора меда экспериментаторы не получили, они полагают, что плодovitость матки все же играет роль в различиях между семьями (известно, что так обстоит дело в условиях Северной Америки). Помимо плодovitости на продуктивность семьи, вероятно, могут влиять и феромонные различия самок — запахи, стимулирующие рабочих собирать корм.

В. М. Карцев,
кандидат биологических наук
Москва

Биология

Зачем паукам муравье-видный облик?

Пауки, по внешнему виду (и даже по поведению) напоминающие муравьев, широко распространены по всему миру. Больше всего их в тропиках Южной Америки. Основная масса муравье-видных форм относится к семейству пауков-скакунок *Salticidae*.

Не так давно была выдвинута гипотеза, что муравьиный облик паука — это способ его агрессивной мимикрии: на таких пауков меньше обращают внимания другие хищники¹. Экспе-

¹ Oldroud B. R., Goodman R. D. // *Apidologie*. 1990. V. 21. N 2. P. 153—159.

¹ См., например: Curtis B. A. // *Cimbebasia*. 1988. V. 10. P. 67—70.

риментальную проверку этого предположения предпринял американский специалист по паукам-скакуничкам из Канзасского университета Б. Катлер². В качестве пищи для пауков (не скакуничков) он предлагал муравьев и два вида скакуничков — муравьевидного и немурьевидного. Оказалось, что сходство с муравьем вовсе не уменьшает опасности нападения: обе формы скакуничков защищены от хищничества примерно одинаково.

Таким образом, до сих пор остается непонятным, чем же выгоден муравьевидный облик для паука. И вообще, вправде ли мы задавать вопрос о причинах формообразования, исследуя лишь его результаты?

К. Г. Михайлов
Москва

Биология

Закисление водоемов губит головастика

Амфибии и рептилии — наиболее подверженные антропогенному воздействию классы позвоночных. Самым опасным для них является закисление водоемов атмосферными осадками, значение рН которых, например, в 1988 г. в западной и центральной областях Европейской части нашей страны составляло 4—5,3. Закисление воды в первую очередь вызывает гибель эмбрионов и личинок этих животных, развивающихся из икры.

Заметив, что некоторые рыбы избегают закисленных нерестилищ, сотрудники Института эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова РАН заинтересовались тем, какую кислотность воды могут воспринимать амфибии и достаточно ли чувствительность этого восприятия, чтобы побудить их избегать закисленных водоемов, опасных для икры и личинок. Кожную чувствительность к кислотности и «реакцию избе-

гания» исследовали у взрослых особой травяной лягушки, смазывая кожу животных и подстилку растворами трех кислот. Оказалось, что эффективность воздействия разных кислот различна: уксусная кислота действует при более высоком рН, чем соляная (разница составляет 1,8). Молярные концентрации растворов всех трех кислот, вызывающие ответную реакцию, близки (пороговые концентрации около 0,01 моль/л, а 100 %-ное «избегание» наблюдалось при концентрации 0,1 моль/л).

Так как диапазон значений рН, вызывающих ответную реакцию (рН < 4), ниже уровней, встречающихся в природе (4—4,5), то в этом, похоже, и заключена причина неспособности лягушек избегать, подобно рыбам, закисленных нерестилищ. Однако для более широких выводов необходимо провести исследования на амфибиях других видов.

Comparative Biochemistry and Physiology. 1991. V. A 98. N 3—4. P. 453—458 (США).

Этология

Способные дельфины

Большинство наших знаний о мире и многие из наших действий основаны на различных отвлеченных понятиях, которые формируются из предшествующего опыта. Последние 20 лет одной из центральных проблем зоопсихологии остается вопрос о способности животных к формированию отвлеченных понятий.

Л. Ферзен (L. Fersen; Нюрнбергский дельфинарий, ФРГ), Г. Ройтблат, К. Манос, Б. Голдовский (H. Roitblat, C. Manos, B. Goldowsky; Университет штата Гавайи, США) поставили эксперимент с дельфином по кличке Мака. Исследователи пытались определить, способны ли дельфины отличать симметричные предметы от несимметричных.

Дельфину, содержащемуся в круглом бассейне диаметром около 12 м, предлагали предметы разной формы,

полупогруженные в воду. Свой выбор дельфин демонстрировал прикосновением к одному из объектов. Особенности эксперимента (периодическое отсутствие вознаграждения или замена предметов и т. п.) позволили выяснить, использует ли животное понятие симметрии или реакции дельфина связаны с обучением и являются ответом на специфические стимулы (поощрение).

Мака выбирал «нужные» симметричные предметы более чем в 80 % случаев. Усложнение опыта, когда предлагалось выбрать несимметричные предметы, привело к аналогичным результатам.

На основании выполненного эксперимента авторы считают, что дельфины способны к формированию отвлеченного понятия симметрии, что в очередной раз подтверждает высокий уровень развития высшей нервной деятельности.

Sensory systems and Behavior of Aquatic Mammals. 1991. P. 35—36 (СНГ)



Экология

Доисторическая трагедия птиц на Гавайях

Принято считать, что вымирание животных на океанических островах приобрело катастрофический характер только после появления на них европейских мореплавателей в эпоху Великих географических открытий. Теперь выясняется, что верно это лишь отчасти, а основной ущерб тамошней фауне нанесло туземное население задолго до европейцев.

Сотрудники Национального музея естественной истории Смитсоновского института (США) С. Олсон и Х. Джеймс около 20 лет собирали и изучали костные остатки птиц на Гавайских о-вах¹. Они раскапывали их в песчаных дюнах, карстовых воронках, застывших лавовых потоках и кратерах вул-

² Culter B. // J. of Insect Behavior. 1991. V. 4. N 3. P. 401—407.

¹ Olson S. L., James H. F. // Ornithological monographs. 1991. N 45—46.

канов, а также в мусорных ку-ках полинезийцев. Результаты оказались ошеломляющими: более 40 видов птиц не менее чем из 10 родов исчезли на Гавайях еще до появления европейцев. Среди вымерших в доисторическое время оказались: тайфунник; два вида тяжелых нелетающих ибисов рода *Apteribis*; один вид гавайской казарки (близкий к почти исчезнувшей 50 лет назад, но затем размноженной П. Скоттом в Англии и возвращенной на острова); новый род нелетающих гусей *Geochen*; чирок; шесть видов пастушков широко распространенного ныне рода *Porzana*; два вида дневных хищных птиц; 14 новых видов гавайских цветочниц из четырех родов; две вороны и др.

Особый интерес представляют крупные нелетающие гусеподобные птицы с мощными короткими клювами и тяжелыми ногами. Произошли они от каких-то благородных или пеганковых уток, но не от гусей, с которыми сходны внешне. Для этих птиц пришлось придумать даже новое название — мов-нало; описано четыре их вида в трех новых родах — *Chelychelnechen*, *Thambetochen* и *Ptaiochen*. Не было известно ранее и об обитавших на Гавайях совах; их найдено четыре вида — от мелких до крупных, объединенных в новом роде *Grallistrix*. Эти совы с длинными ногами и длинными крыльями питались, очевидно, в основном птицами (собрано множество их ископаемых погадок). Среди вымерших гавайских цветочниц также найдены формы неизвестных ранее адаптивных типов с необычными клювами: с высокими и мощными или длинными и тонкими, а также с уплощенными на конце лопаточкой челюстями.

Для некоторых новых птиц точно установить их систематическую принадлежность по разным причинам пока не удалось. Всего авторами описаны 64 вида птиц, вымерших на Гавайях. Сюда надо добавить еще около 30 форм птиц, исчезнувших за последние 200 лет. Таким образом, авифауна Гавайев потеряла «благодеря» человеку более поло-

вины своего эндемичного состава!

Доисторическое вымирание этих многочисленных эндемиков объясняется прямым истреблением полинезийцами, ухудшением среды под их воздействием, уничтожением лесов, завозом свиней. Абсолютный возраст большинства находок 5—7 тыс. лет и менее. С середины XVIII в., когда острова были открыты капитаном Куком, уничтожению фауны способствовали завезенные европейцами козы, собаки, кошки, кролики, крысы, птичьи болезни и дальнейшая деградация экосистем. В последние годы стало известно о заметном вымирании эндемиков авифауны под воздействием туземного населения и на других архипелагах Тихого океана.

Е. Н. Курочкин,
кандидат биологических наук
Москва

Экология

Где спастись от загрязнений!

Поразительно высокий уровень некоторых токсических веществ обнаружен в тех местах арктических районов Канады, которые считались до сих пор самыми чистыми на Земле. Выяснилось, что такие вещества, как РСВ (полихлорированный дифенил) и пестициды приносятся туда потоками воздуха из Юго-Восточной Азии.

Химик Д. Мьюир (D. Muir; Институт проблем пресной воды, Виннипег, провинция Манитоба, Канада) считает, что концентрация РСВ может увеличиться здесь в 3 млрд. раз по мере прохождения его по пищевой цепочке от водорослей до белых медведей.

Особой опасности подвергается туземное население, питающееся мясом и жиром морских животных. Одно из исследований показало, что у 63 % детей на о. Броутон в северо-западной части Канады содержание РСВ в крови намного превышает допустимый уровень.

International Wildlife. 1991. September-October. P. 29 (США).

Генетика. Охрана природы

Квагга: воскрешение из мертвых

В 1883 г. в Амстердамском зоопарке умерла последняя на земном шаре квагга (*Equus quagga*) — степная зебра, отличающаяся от своих многочисленных родичей густой темно-коричневой окраской со слаборазличимыми полосами на крупе. С тех пор никто живую кваггу не видел.

Американский генетик Р. Хигучи (R. Higuchi; Калифорнийский университет, Беркли) установил, что ДНК митохондрий из сохранившихся в лаборатории образцов тканей квагги идентичны ДНК митохондрий ныне живущей равнинной зебры и тем самым опроверг распространенное мнение, согласно которому квагга считалась самостоятельным видом.

В 1987 г. группа южноафриканских зоологов поставила перед собой цель — вывести новых представителей этого исчезнувшего животного путем отбора слабополосатых особей из популяции широко распространенной в ЮАР равнинной зебры. В окрестностях г. Вролийкхеда был создан питомник, куда стали свозить подходящих зебр. В ноябре 1991 г. здесь родился жеребенок, у которого поверх коричневой окраски отчетливые полосы видны лишь в передней части туловища и на морде, как это было присуще настоящим кваггам. Как только он подрастет, станет ясно, унаследовал ли он другие признаки, свойственные исчезнувшему подвиду (например, белый хвост). Пока он очень похож на чучело квагги, хранящееся в Южноафриканском музее Кейптауна.

Исследователи намерены ускорить естественный процесс разведения, используя искусственное осеменение и пересадку эмбрионов ослицам, кобылам и самкам обыкновенной зебры. К сожалению эти методы применимы только для восстановления подвидов, а целые виды, исчезнувшие с лица Земли, уже не вернуть.

New Scientist. 1991. V. 132. N 1797. P. 14 (США).

Охрана природы

Запрет на праздничные шары

В американских штатах Флорида, Коннектикут, Теннесси и Виргиния запрещен массовый запуск воздушных шаров на празднествах, поскольку многие из них заканчивают свой путь в океане. В 1990 г. при очередной очистке океанских пляжей, ежегодно проводимой Центром сохранения морской среды, на тихоокеанском и атлантическом побережьях страны было обнаружено 26 536 оболочек шаров (в 1989 г. собрано 18 251).

Морские животные, прежде всего киты и черепахи, заглатывают обрывки таких оболочек, в результате чего нередко происходит смертельная блокада сфинктера. По данным П. Плоткина (P. Plotkin; Техасский институт морских наук), 5% обнаруженных на пляжах морских черепах содержали в желудках куски оболочек. Кроме того, стропы воздушных шаров часто опутывают клювы морских птиц.

В настоящее время законодательные акты о запрете массовых запусков воздушных шаров рассматриваются также в штатах Калифорния, Нью-Джерси и в г. Делавэр.

Environment. 1991. V. 33. P. 21 (США).



Охрана природы

Антарктика взята под защиту

В октябре 1991 г. государство — участники Договора об Антарктике после длительных переговоров пришли наконец к соглашению об охране природы ледового континента. Парафированный в Мадриде представителями 23 стран (из 26 участниц) Протокол об антарктической экологии предусматривает полный запрет на добычу в Антарктике полезных ископаемых в течение по крайней мере 50 лет. Документ вступит в силу только после

его признания властями каждой страны.

Среди положений Протокола важное место занимают ограничения на любую деятельность, приводящую к загрязнению природной среды, а также правила уничтожения и вывоза бытовых, транспортных и иных отходов. За эталон приняты меры, установленные на американских и британских южнополярных станциях. Каждая страна обязана давать подробный отчет о соответствующих действиях в этой области специально созданному международному комитету.

Предусмотрена предварительная экономическая оценка каждого вида деятельности в том или ином районе Антарктики. В первую очередь это относится к туризму, который рассматривается как наиболее опасная угроза здешней экосистеме.

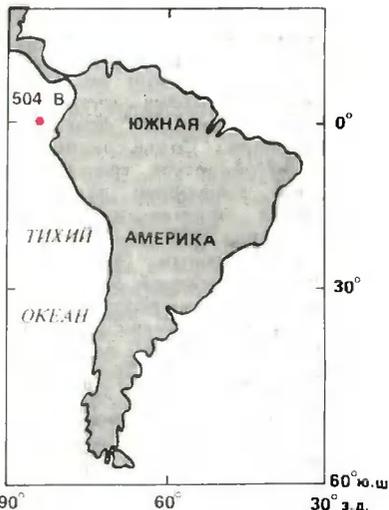
Предстоящее международное совещание в Бонне должно выработать конкретный механизм и подробные правила соблюдения Протокола об антарктической экологии. В частности, рассматриваются вопросы сохранности исторических объектов, связанных с эпохой исследования ледового континента.

New Scientist. 1991. V. 132. N 1790. P. 17 (Великобритания).

Геология

140-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн» — двухкилометровая скважина в океане

Этот рейс был посвящен углублению уникальной скважины (504В) в Коста-Риканской рифтовой зоне (координаты $1^{\circ}13,611' \text{ с. ш.}$ и $83^{\circ}43,818' \text{ з. д.}$), где океанская кора имеет возраст 5,9 млн. лет. Впервые она была забурена в 1979 г. в 69-м рейсе «Гломара Челленджера»¹ и дала важные результаты о гидротермальных про-



Местоположение скважины 504В.

цессах в океанском фундаменте. За прошедшие 12 лет ее углубляли в 70-м, 83-м, 92-м рейсах «Гломара Челленджера», 111-м и 137-м — «ДЖОЙДЕС Резолюшн»².

На скважине 504В отработывались новые методики бурения и исследования, новое оборудование. По ранее полученным геофизическим данным установлено небольшое изменение скорости прохождения и отражения сейсмических волн в районе скважины на глубинах 1660—1860 м, что интерпретировано как переход от второго слоя океанической коры (базальты и диабазы) к третьему (глубинные магматические породы типа габбро). Исследование этой переходной зоны имеет фундаментальное значение для многих отраслей геологии, поэтому в 140-м рейсе намечалось достичь третий слой.

Рейс начался из порта Виктория (о. Ванкувер, Канада) 15 сентября и закончился 12 ноября 1991 г. в Панаме. Он проходил под научным руководством Х. Дика (H. Dick; Вудсхолский океанографический институт, штат Массачусетс, США) и Й. Эрцингера (J. Erginiger).

¹ Подробнее см.: Перцев Н. Н. 68-й и 69-й рейсы «Гломара Челленджера» // Природа. 1980. № 7. С. 109—111.

² См.: Природа. 1981. № 3. С. 100—102; 1983. № 2. С. 116—118; 1984. № 7. С. 116—117; 1984. № 8. С. 114—115; 1992. № 4. С. 117—118.

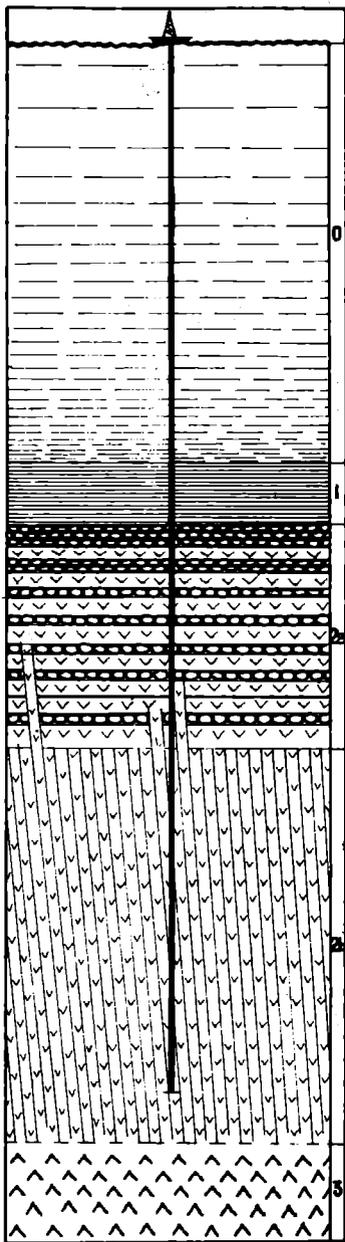


Схема скважины 504B: 0 — океан, глубина 3,5 км; 1 — первый слой океанической коры [осадки, глинистые и известковые илы], мощность — 0,25 км; 2a — верхняя часть фундамента океанической коры, или второго слоя [подушечные базальтовые лавы, базальтовые дайки диабазы], мощность — 0,8 км; 2b — нижняя часть второго слоя океанической коры [дайки диабазового комплекса], пробуренная мощность — 0,95 км; 3 — третий слой океанической коры [габбро].

zinger; Гиссенский университет, Германия) с участием ученых США, Канады, Великобритании, Австралии, Франции, Германии, Италии, Дании, России и Японии (всего 27 человек). Нашу страну представляли авторы этого сообщения.

Бурение представляло технически сложную задачу. Приходилось учитывать аварии в скважине в двух предыдущих рейсах, каверны в стенках, нестойкость и осыпание трещиноватых участков, нежесткость буровой платформы и т. п. Почти две недели потребовались, чтобы ликвидировать аварию, произошедшую в 137-м рейсе: выудить оборвавшуюся часть бурового снаряда и его мелкие обломки, что было на грани возможностей технического оснащения корабля. Последующее бурение позволило углубить скважину на 378 м. Теперь она достигла 2000 м от океанского дна и, пройдя 1750 м в вулканическом фундаменте, стала значительно глубже любой другой скважины в океане.

Хотя скважина проникла намного глубже предполагаемой границы третьего слоя, его она так и не достигла. Возможно, появление сейсмической границы объясняется интенсивным изменением диабазов с уменьшением пористости и интенсивным развитием роговой обманки. Надеяться, что скважина достигла нижней части второго слоя, позволяет присутствие в керне ксенолитов габбро, захваченных магмой из третьего слоя, увеличение размеров зерен минералов в диабазе. Второй слой сложен дайковым комплексом, напоминающим в разрезе пачку тонких (обычно около 1 м) диабазовых пластин. Они появляются в зонах растяжения коры (рифтах) с образованием разрывных трещин, заполняемых выдавливаемой базальтовой магмой. Эти трещины возникают преимущественно внутри появившейся ранее дайки, так что формируется пачка субпараллельных пластинчатых тел типа «дайка в дайке». Трещины образуются последовательно, через десятки и сотни лет. Общая ширина раздвигая океанской коры в рифтах, как и мощность всего комплек-

са, может измеряться десятками, сотнями и даже тысячами километров, причем на флангах дайки более древние, чем в центре. Переход от этого комплекса к третьему слою, т. е. глубинным магматическим породам застывшей магматической камеры, представляет интерес для понимания всего процесса формирования земной коры.

В рейсе много внимания было уделено изучению гидротермальных изменений диабазов. Неоднократные низкотемпературные (ниже 250—300 °С) изменения базальтов отмечаются по всей глубине скважины и проявляются в образовании смектитов (глинистых минералов). Это свидетельствует о проникновении морских вод в океаническую кору на большие глубины, о формировании систем движения растворов через поры и трещины в породах. В нисходящей ветви такой гидротермальной системы холодные растворы постепенно нагреваются, взаимодействуют с базальтами и диабазами, выщелачивая из них многие металлы, затем переходят в восходящую ветвь и выталкиваются под напором в океан, где реагируют с холодной морской водой, осаждают различные руды. Эти выходы горячих растворов, или курильщиков (образующаяся непрозрачная взвесь руд напоминает дым), известны в осевых частях рифтовых зон. Скважина 504B — единственная в океане, открывшая яркое проявление нисходящего потока морских растворов. Обнаруженная еще в 69-м рейсе зона разражения и интенсивного поглощения морской воды через скважину продолжает всасывать ее и сейчас, спустя 12 лет, меняя температурный профиль скважины, которая находится в зоне высокого теплового потока: на глубине 2000 м температура циркулирующего бурового раствора достигла уже 146 °С, что затрудняет использование некоторых электронных приборов.

Интересным оказалось сильное уменьшение концентрации цинка в диабазах нижней части скважины. Цинк — один из существенных металлов черных курильщиков и осаждающихся вокруг него руд. Его

геохимическое поведение в скважине 504В хорошо подтверждает модель гидротермальных рудных систем.

Скважина 504В оставлена в хорошем техническом состоянии и пригодна для дальнейшего бурения. Пожалуй, сегодня лишь здесь можно проследить переход к третьему слою океанической коры. Видимо, бурение будет продолжено в ближайшие годы, и скважина откроет новые тайны строения земной коры под океаном.

Н. Н. Перцев,
доктор

геолого-минералогических наук
П. К. Кележинский,
кандидат
геолого-минералогических наук
Москва

Геохимия

Астероид не «виноват»

Маникуганский кратер диаметром около 100 км в провинции Квебек (Канада) — одна из крупнейших геологических структур на Земле. Многие ученые полагают, что породившее его столкновение планеты с астероидом произошло в триасе (около 202 млн. лет назад) и совпадает с массовым вымиранием многих растительных и животных видов.

Однако большой точностью датировка Маникуганского события не отличалась; с достаточной вероятностью его можно было отнести и к юрскому периоду. Единственным более или менее надежным указателем на триасовый возраст была работа Д. Байса (D. Vice; Карлтонский колледж, Нортфилд, штат Миннесота, США), обнаружившего в 1990 г. в Италии залегающие на границе триаса и юры зерна кварца в породах, некогда претерпевших мощное сотрясение, возможно, связанное с ударом небесного тела.

Недавно Дж. Ходич и Г. Даннинг (J. Hodych, G. Dunning; Мемориальный университет, Сент-Джонс, провинция Ньюфаундленд, Канада) опровергли подобную гипотезу. Они считают, что возникновение Ма-

никуганского кратера по времени не совпадает ни с одной биологической катастрофой на Земле.

К такому выводу их привел анализ взятых в кратере кристаллов циркона, возраст которых составляет 214 млн. лет. Датировка, основанная на сопоставлении концентрации изотопов урана и свинца, — наиболее точная из всех проведенных.

Таким образом, астероид, образовавший гигантскую впадину в Канаде, в гибели животных и растений не «виноват». *New Scientist*. 1992. V. 133. N 1807. P. 23 (Великобритания).

Геофизика

Климат влияет на условия в мантии

Б. Хардарсон и Дж. Фиттон (B. S. Hardarson, J. G. Fitton; Эдинбургский университет, Шотландия) изучали образцы лавы, выброшенной в свое время исландским вулканом Снефьелль.

Известно, что около 15 тыс. лет назад, в конце последнего периода оледенения, мощный ледниковый покров Исландии, достигавший 2 км в толщину, в связи с потеплением растаял. Прогнувшаяся под тяжестью льдов земная кора начала выпрямляться. Одновременно, естественно, уменьшилось давление и на нижележащие слои мантии. Следовательно, слагающие ее геологические породы должны были достигать точки плавления уже при более низких температурах.

Анализ лавы подтвердил, что как раз в этот период ее химический состав заметно изменился, процесс плавления в мантии интенсифицировался вдвое и жидкая лава стала обильнее выделяться через кратер вулкана.

Впервые, таким образом, установлено влияние климатических изменений на поверхности Земли на процессы, происходящие в глубинах планеты. *Nature*. 1991. V. 353. N 6339. P. 62 (Великобритания).

Океанология

Возвращение гренландских китов

В 80-х годах в водах Аляски стали часто замечать гренландских китов (*Balaena mysticetus*), почти истребленных здесь в начале века. Как считает Д. Цех (J. Zeh, Университет штата Вашингтон, США), сейчас их численность достигает 7500 голов, а ежегодная скорость прироста стада составляет 3% (оценка велась на основе материалов «акустической переписи», т. е. записей звуковых сигналов, издаваемых гренландскими китами во время ежегодных миграций в арктические воды).

Гренландские киты достигают почти 20-метровой длины и весят до 100 т. Считается, что до начала активной охоты на них (середина прошлого века) аляскинская популяция была третьей по численности. В настоящее время ее можно считать крупнейшей в Мировом океане.

International Wildlife. 1991. V. 21. N 6. P. 28 (США).

Океанология

«Синкай-6500» — новый подводный обитаемый аппарат

Когда в 1984 г. в Центре морских наук и технологий Японии получили высокую оценку результаты исследований на «Синкае-6000», было решено создать еще более совершенный аппарат, способный погружаться на большие глубины, что необходимо для изучения геологии глубоководных разломов у восточного побережья Японских о-вов.

В 1987 г. начались проектно-конструкторские работы, в январе 1989 г. аппарат был спущен на воду с верфи концерна «Мицубиси», а летом того же года он с помощью специально построенного судна обеспечения «Йокосука» успешно прошел серию испы-

тательных погружений, достигнув глубины 6545 м.

Некоторые технические характеристики «Синкай-6500»: длина 9 м; максимальная ширина 2,7 м; высота 3,2 м; масса 26 т; экипаж три человека; продолжительность автономного пребывания под водой 129 ч; скорость подводного хода 2,5 узла (4,6 км/ч). Аппарат оснащен совершенной навигационной аппаратурой, различными манипуляторами для отбора геологических и биологических проб.

«Синкай-6500» специально построен для изучения зоны субдукции в районе, где тихоокеанская плита пододвигается под азиатский материк. Предполагается, что исследования в этой зоне позволят разработать более точные методы прогноза землетрясений.

В 1990—1991 гг. «Синкай-6500» принимал участие в совместной французо-японской программе «Стармер» в Тихом океане.

La Recherche. 1991. V. 22.
P. 1362—1363 (Франция).

Сейсмология

Система оперативного сейсмического предупреждения

Для разработки принципов действия системы раннего сейсмического предупреждения Национальным научным советом США была создана сейсмоинженерная комиссия, куда вошли видные сейсмологи Н. Токсез (N. Toksöz; Массачусетский технологический институт, Кембридж, США) и Т. Хитон (T. H. Heaton; Геологическая служба США, Пасадена, штат Калифорния). В опубликованном ими в 1991 г. отчете указывается, что уже сегодня технические средства позволяют создать систему, способную объявить тревогу примерно за минуту до ожидаемого мощного толчка. Для этого в сейсмоактивном районе вблизи «живых» разломов земной коры необходимо разместить чувствительные датчики, которые мгновенно регистрируют начало толчка, определяют его

магнитуду в эпицентре и передадут информацию центральной ЭВМ; последняя вычислит границы района, находящегося на пути сейсмических волн от эпицентра, и объявит тревогу.

Конечно, ближайшие к эпицентру местности при этом практически ничего не выиграют, зато в более отдаленных удастся спасти жизни и имущество граждан. Так, за 1 мин можно автоматически отключить линию газоснабжения, сохранить от потерь информацию компьютерных файлов; находясь на первом этаже люди успеют покинуть здания, а на более высоких — укроются под столами или кроватями, что нередко спасает от падающих обломков и т. п. Важно, что система немедленно передает органам, принимающим меры в чрезвычайных обстоятельствах, точные сведения о местах, где стихией нанесен максимальный ущерб (ныне подобная информация зачастую поступает лишь спустя часы и даже сутки после катастрофы, поскольку сам толчок нарушает передачу электроэнергии и телефонную связь).

В Японии вот уже два десятилетия действует система, автоматически останавливающая при подземном толчке скоростные электропоезда, чтобы они не сошли с рельсов. Геологическая служба США после сильного землетрясения 1989 г. в Лома-Приета (штат Калифорния) в считанные часы успела установить там примитивную сейсмосистему, которая своевременно обнаружила начинающиеся в эпицентре повторные толчки и за 12—20 с предупредила о них бригаду строителей, восстанавливающих Оклендский шоссеый мост, поврежденный основным толчком, что, возможно, спасло их жизни.

По предварительным оценкам, стоимость экспериментальной сейсмической системы, которую комиссия предлагает установить в известном своей активностью районе разлома Сан-Андреас (Калифорния), составит вместе с расходами на ее годичную работу около 5 млн. долл.

Science News. 1991. V. 140. N 10.
P 150 (США).

География

Арктические льды сокращаются

По космическим снимкам Северного Ледовитого океана П. Глерсен (P. Gloersen; Центр космических полетов им. Р. Годдарда НАСА, Гринбелл, штат Мэриленд, США) и У. Кемпбелл (W. J. Campbell; Пьюджет-Саундский университет, Такома, штат Вашингтон) установили, что за период с 1978 по 1987 г. площадь плавучих льдов сократилась на 2%. Полынь в пределах паковых льдов также уменьшились — на 3,5%.

Подобное заключение совпадает с рядом климатических прогнозов, согласно которым рост концентрации «парниковых» газов в атмосфере должен привести к потеплению сначала в Арктике и лишь затем сказаться на южнополярной области. Впрочем, исследователи признают, что десять лет — слишком короткий срок, чтобы делать далеко идущие выводы. Поэтому в ближайшие десятилетия космические съемки плавучих льдов в Арктике и Антарктике окажутся очень важными для проверки многих моделей.

Nature. 1991. V. 352. N 6330.
P. 33 (Великобритания).

География

Альпы без снега!

Сотрудники организации «Альп экшн» и Международного института системного анализа (Вена), проанализировав метеорологические и гляциологические данные, установили, что снежный покров в Европе за 80-е годы сократился на 6—13%, и очевидная причина этого, по их мнению, — глобальное потепление.

Особенно сильно оно проявляется в горных районах. Согласно прогнозу, многие районы Альп через 20—30 лет могут оказаться бесснежными. Это привело бы к закрытию горнолыжных курортов, служащих местом отдыха сотен

тысяч европейцев и местом работы тысяч жителей предгорных городков и поселков.

Исследователи обращают внимание на то, что массовое таяние ледников и слоя вечной мерзлоты в горах делает многие склоны лавиноопасными и подверженными камнепадам. Озера, образованные подвижками ледников и мерзлотной почвы, могут внезапно прорваться, что также представляет серьезную угрозу. Изменение локального климата усугубляют кислотные дожди, тяжело сказывающиеся на горных лесах.

Участники исследования высказывают опасение, что горы Южной и Центральной Европы могут лишиться лесов на огромных площадях.

New Scientist. 1991. V. 132. N 1795. P. 16 (Великобритания).

Палеонтология

Был ли кембрий «золотым веком» членистоногих!

Среди палеонтологов распространено представление, что в кембрии (530 млн. лет назад) артроподы (членистоногие) пережили бурный расцвет и число их групп достигало максимума. Такое заключение делалось главным образом на основе анализа ископаемых остатков, в изобилии встречающихся в берджесских глинистых сланцах на территории провинции Британская Колумбия в Канаде. Однако эту точку зрения опровергли Р. Форти (R. Fortey; Музей естественной истории в Лондоне) и Д. Бриггс (D. Briggs; Бристольский университет) на конференции Линнеевского общества в 1991 г. в Кардиффе (Великобритания).

Они изучали те же берджесские сланцы, содержащие, в частности, ископаемых морских членистоногих: *Marella* — с головой, «украшенной» щитком с двумя парами шипов; *Sidneyia* — с хвостом, широкой тупой головой и твердой кутикулой; *Anomalacaris*, у которого рот имел четкие округлые

очертания и был обрамлен двумя придатками для захвата пищи. Длина каждого из этих членистоногих не превышала нескольких сантиметров.

До сих пор специалисты полагали, что различия в строении между всеми встречаемыми формами свидетельствуют о разнообразии их многочисленных удаленных друг от друга групп. Это приводило к мысли, что в кембрии на Земле действовал некий эволюционный механизм, позволявший существенно видоизменять формы жизни.

Форти и Бриггс проверили эту гипотезу тремя методами, сопоставляя 22 группы ископаемых членистоногих с 11 современными их представителями. В итоге ученые пришли к выводу, что странное, на наш взгляд, строение многих древних артропод словно бы «затеняет» скрытые черты их сходства как между собой, так и с современными видами, а бросающиеся в глаза уникальные черты каждой из ископаемых форм не более многочисленны, чем у современных артропод. Английские палеонтологи заключили, что кембрийские членистоногие были даже менее разнообразны, чем ныне.

По их мнению, кембрийская фауна выглядит столь странно потому, что артроподы находились тогда в «процессе сборки», т. е. представляли собой переходные формы, окончательно сложившиеся позднее. В связи с этим сомнительно существование в кембрии и множества иных вымерших ныне беспозвоночных. Пересмотр бытовавших воззрений уже начался, в частности, помещением загадочного существа из тех же берджесских сланцев — *Hallucigenia* — в одну группу с ныне здравствующими «бархатными» червями.

Авторы скептически относятся и к утверждениям, будто для возникновения ряда филумов в период, предшествовавший «кембрийскому взрыву» — внезапно появлению около 570 млн. лет назад организмов, отчетливо связанных с ныне существующими, был необходим совершенно уникальный эволюционный ме-

ханизм. Они полагают, что типы, являвшиеся предшественниками берджесской фауны, будут обнаружены.

Nature. 1991. V. 351. N 6323. P. 225 (Великобритания).

КОРОТКО

Институт по исследованию космических лучей (Токио, Япония) начал строительство в г. Камикоа (240 км к западу от Токио) в заброшенной цинковой шахте на глубине 1 км самого крупного в мире нейтринного детектора — «ванны» вместимостью 50 тыс. т сверхчистой воды, при попадании в которую нейтрино вызовут характерное черенковское свечение, фиксируемое 11 200 фотоумножителями.

New Scientist. 1991. V. 132. N 1800/1801. P. 9 (Великобритания).

Специалисты фирм «Дженерал электрик» и «Форд мотор» получили алмаз, состоящий из 99 % изотопа ^{13}C и 1 % — ^{12}C . В природных запасах углерода соотношение обратное. Видимо, это самый твердый из синтезированных кристаллов (он содержит максимальное количество атомов в 1 см^3 по сравнению с другими веществами). Как показал анализ, с ростом содержания ^{13}C расстояние между атомами в кристаллической решетке алмаза уменьшается.

New Scientist. 1991. V. 132. N 1794. P. 26 (Великобритания).

В Научно-исследовательском центре им. Г. Льюиса НАСА (США) создана твердая смазка, работающая при температурах до 90° и сравнимая по трению с обычными смазочными материалами. Ее основу составляет «сцепляющийся» с металлами карбид хро-

ма. Смазка содержит также порошок чистого серебра, обеспечивающий смазывающую способность при низких температурах, и соединение $\text{CaF}_2/\text{BaF}_2$, сохраняющее смазывающие свойства при высоких температурах.

Смазка может наноситься в виде покрытия и перспективна прежде всего для авиационно-космической техники и газотурбинных двигателей.

Mechanical Engineering. 1991. V. 113. N 11. P. 18 (США).

Э. Туркевич и Т. Экономо (А. Turkevich, Т. Economou; Чикагский университет, штат Иллинойс, США) и Дж. Коуэн (G. Cowan; Лос-Аламосская лаборатория, штат Нью-Мексико, США) измерили количество ^{238}Pu , накопившееся в образце ^{238}U за 33 года в результате двойного β -распада, при котором возникают также два нейтрино. Оказалось, что уран превращается в плутоний в 100 раз быстрее, чем предсказывали теоретики. Различие может быть связано с массой нейтрино, верхняя граница которой сегодня оценивается в 14 эВ.

New Scientist. 1991. V. 131. N 1798. P. 18 (Великобритания).

Психолог Р. М. Грановская и математик И. Я. Березная (Санкт-Петербургский университет) пришли к парадоксальному, на первый взгляд, выводу: интеллектуальные, и в первую очередь экспертные, системы нуждаются в периодах «сна». Как и у человека, в них во время сна происходит критический просмотр информации, накопленной за день. Эта информация соотносится с той, которая уже хранится в долговременной памяти системы. Накопленная информация пополняется и корректируется, проигрываются ситуации, в которых могут потребоваться новые или скорректи-

рованные старые знания («сны» системы).

Интуиция и искусственный интеллект. Л., 1991.

В Научно-внедренческом центре «Модель-компьютер-программ» под руководством С. В. Ульянова разработана гибридная экспертная система «ДА-ША» (второго поколения), предназначенная для выбора и диагностики качества протезов нижних конечностей. В системе имеется набор всех необходимых средств для уточнения конструкции протеза по индивидуальному анамнезу пациента и выдачи рабочих документов на его изготовление. Совместно со специальной видеоаппаратурой система дает возможность устранять дефекты протеза по биомеханике движения пациента.

Через систему прошли уже десятки пациентов. Сейчас создается ее версия, которая позволит изготавливать протезы для детей-инвалидов.

Известия АН СССР. Техническая кибернетика. 1991. № 5. С. 152—175.

Сотрудники кафедры глазных болезней Медицинского института (г. Гродно, Беларусь) установили, что малые дозы радиации изменяют структуру глаза, вызывая помутнение хрусталика по типу начальной катаракты. Были исследованы люди, проживающие на территории, загрязненной радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Здравоохранение Белоруссии. 1991. № 4. С. 11—12.

Д. Чэпмен (D. Chapman; Корнеллский университет, США) считает, что доля метана, выбрасываемого жвачными животными (15 % общего объема, поступающего в атмосферу), сильно преувеличена, и потому ре-

комендации экологов ограничить поголовье крупного рогатого скота абсурдны. С учетом круговорота углерода в природе объем метана, поставляемого жвачными, вряд ли превысит 5 % общего объема поступивший этого «парникового» газа в атмосферу.

Bioscience. 1991. V. 41. N 10. P. 743 (США).

Утвержден японский проект создания на о. Хонсю замкнутой экологической системы для исследования поведения и жизненных процессов у животных, находящихся на площади 1 тыс. м² под остекленным куполом. Температура, влажность и состав воздуха будут контролироваться компьютерами. Среди целей проекта «биосфера» — изучение процесса глобального потепления на Земле, получение данных, необходимых для разработки жизнеобеспечения людей, находящихся на Луне или на дне океана, сбор информации о поглощении радиоактивных веществ различными организмами.

Ввод установки в действие планируется в 1995 г.; стоимость проекта и его осуществления — 17 млн. фунт. ст.

New Scientist. 1992. V. 133. N 1805. P. 22 (Великобритания).

Правительство штата Квинсленд (Австралия) приняло решение об охране богатейшего в стране «месторождения» ископаемых остатков древнейших растений и животных: район Риверсли площадью 85 тыс. га объявлен заповедным. Он становится частью близлежащего Национального парка Лоун-Хилл; лишь отдельные научные коллективы получают право вести здесь палеонтологические работы.

New Scientist. 1992. V. 133. N 1807. P. 19 (Великобритания).

В Центральной Японии, в трех пунктах, расположенных на высотах до 790 м, с осени 1989 до весны 1990 г. детально измерялись температура, уровень испарения и таяния снега, продолжительность солнечного сияния, интенсивность солнечной радиации в лесу и на открытых участках, что позволило рассчитать тепловой баланс снежного покрова и оценить воздействие растительности на его составляющие. Оказалось, что степень снижения инсоляции и скорости ветра зависят от типа насаждений; интенсивность снеготаяния в хвойном и лиственном лесу составляет соответ-

ственно 10—40 % и 50—80 % от ее значения на открытом месте.

Journal of Japan Society of Snow and Ice 1991. V. 52. N 4. P. 286—289 (Япония).

Узкая полоска земли к югу от центральной части Флориды, заросшая кустарниками, превратится в первый в США заповедник редких растений, который станет также защитой для таких видов птиц, как хохлатая сойка — эндемик Флориды, в настоящее время находящийся под угрозой исчезновения.

International Wildlife. 1991. September — October. P. 32 (США).

В «День слона», отмечаемый в Кении в середине июля, уже третий год подряд предают огню конфискованные у браконьеров слоновьи бивни (в 1991 г. было сожжено 6,8 т слоновой кости). Так в этой стране пытаются противодействовать браконьерству. Аналогичный обычай существует на Тайване. New Scientist. 1991. V. 131. N 1779. P. 16 (Великобритания).

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

Магазин № 3 «Книга-почтой» «Академкнига» высылает наложенным платежом книги издательства «Наука»

Неплюх Я. М. ЧЕЛОВЕК, ПОЗНАЙ СЕБЯ! Записки психиатра. 1991. 208 с. 5 р.

Автор книги — советский психиатр, работавший в психиатрических клиниках Ленинграда. Последние годы жизни (умер в 1989 г.) жил и работал за пределами Союза. Задача, поставленная автором, — рассказать о закономерностях психической деятельности и ее расстройствах, выражающихся в определенных симптомах, синдромах, болезнях, о возможности и принципах лечебного воздействия. Книга наставляет читателя: уважай человека, каждый — это своеобразная, неповторимая личность; не будь конформистом — человек имеет право на собственное мнение; бойся диктата, не подчиняйся стадному инстинкту — имей обо всем свое представление. Только развивая индивидуальные достоинства своей психики, подавляя низменные инстинктивные ее свойства, можно ощутить себя человеком, максимально реализовываться и в силу этого быть счастливым.

Для врачей, педагогов, психологов и всех, интересующихся проблемами медицины, взаимоотношений между людьми.

Семке В. Я. УМЕЙТЕ ВЛАДСТВОВАТЬ СОБОЙ, ИЛИ БЕСЕДЫ О ЗДОРОВОЙ И БОЛЬНОЙ ЛИЧНОСТИ. 1991. 237 с. 5 р. 14 к.

Тайны человеческой психики — насколько они познаваемы в наше время? Каковы «ступени» созревания личности и в чем своеобразие ее реагирования в разные возрастные периоды? Что представляют собой пограничные состояния — неврозы, психопатии, акцентуации характера? Имеется ли взаимосвязь между аномалиями личности и одаренностью? Как противостоять многообразным стрессовым воздействиям? Ответы на вопросы, связанные со сложнейшими процессами деятельности мозга, вы получите в книге члена-корреспондента АМН В. Я. Семке. На основе многолетнего опыта автор дает практические советы по психической закалке, формированию здорового образа жизни.

Для психологов, физиологов, психотерапевтов.

Адрес магазина: 117393, Москва, ул. Академика Пилюгина, д. 14 корп. 2.

К НАШИМ ЧИТАТЕЛЯМ

Дорогие друзья! В те трудные времена, что всем нам предстоит пережить, журналы, как и люди, могут вести себя по-разному. Одни готовы сложить оружие, подчиняясь неизбежному, как им кажется, року: некоторые уже прекратили свой выпуск, навсегда или до лучших времен. Другие рады отказаться от чего угодно — от древних традиций, прежних взглядов, старых друзей, десятилетиями сложившегося облика — лишь бы остаться на общественной сцене: кое-кто из наших коллег сохранил разве что имя на обложке. Третьи, с головой погрузившиеся в рыночную стихию, позабыли о тех, кто поддерживал их долгие годы: ряд изданий поднял цену на подписку до такой степени, что их вчерашние читатели смогут просмотреть журнал разве что в библиотеке — если у нее хватит для этого денег. Четвертые не удержались от искушения пойти с протянутой рукой к разного рода «спонсорам» — склонные к иждивенчеству редакции не прочь получить средства для своего существования из рук новоиспеченных толстосумов, невзирая ни на их политическое, ни на просто человеческое лицо. Пятые (счастливы!) получили субсидии от государства на изготовление своего тиража и его распространение. Шестые намерены самостоятельно плыть по бурным волнам современной периодики, ни к кому не обращаясь за содействием и никому не протягивая руку дружеской помощи. Седьмые...

Никого, естественно, не осуждая и никому не завидуя, мы тем не менее стремимся идти своим путем. «ПРИРОДА» выходит и, верим, будет выходить, причем ее подписчики ничего не доплачивают и ни с одной стороны редакция не получает никаких дотаций. В чем тут секрет — в позорно низких гонорарах для наших авторов, рецензентов, оформителей и смехотворной по нынешним меркам зарплате сотрудников редакции? Не только в этом. Главное — не прекращающиеся попытки сохранить редакционный корабль на плаву и при этом не уронить честь его флага. В частности, мы многого ждем от публикации платной рекламы, но при том вовсе не намерены превратиться в информационный бюллетень, быть журналом ученых для ученых — для нас задача приоритетная. Но здесь, как, впрочем, и во всей иной нашей деятельности, нам необходима помощь ваша.

Нет, речь вовсе не идет о том, чтобы способствовать редакции в поиске рекламодателей — эту работу, требующую профессионализма, мы не станем перекладывать на плечи читателей. Мы хотим использовать главный капитал, накопленный журналом за восемь с лишним десятилетий его существования, — высочайший научный авторитет его читателей, который является мощным магнитом для фирм, институтов, лабораторий и университетов, желающих рассказать на страницах журнала об интеллектуальной и наукоемкой продукции, которую они готовы предложить рынку. Однако в силу сложившегося механизма подписки на журналы мы лишены возможности знать в лицо наших подписчиков — эти сведения редакциям не сообщаются. Между тем подобного рода список сейчас составить важнее, чем когда бы то ни было: прошедшая подписная компания — последняя, когда все мы жили в единой стране. Пройдет несколько лет, и ученые независимых государств, объединяемых ныне термином «ближнее зарубежье», почувствуют вдруг, что им очень не хватает журнала, к которому они привыкли за долгие годы. И тогда мы счастливы будем вновь включить их в список своих постоянных читателей и постараемся разрешить все сложности с подпиской, а быть может, даже сделать ее для них льготной.

Другими словами, список наших подписчиков нужен не только нам и фирмам, производящим научное оборудование, реактивы, приборы и вычислительную технику и т. п., но и вам, наши дорогие читатели. Поэтому мы просим вас заполнить небольшую анкету на обороте этого листа и прислать ее в редакцию. Особую просьбу — сделать это как можно скорее — мы адресуем нашим коллективным подписчикам — библиотекам, научным и общего профиля, институтам, лабораториям, университетам, заводам, научным центрам.

Журналу и его многолетним и верным читателям нет никакого резона погибать поодиночке — куда разумнее и естественнее выжить вместе. Сегодня нам очень нужна ваша помощь — завтра вам может понадобиться наша. Пожалуйста, опустите конверты с анкетой в почтовый ящик поскорее — этим вы облегчите решение многих наших проблем.

Спасибо.

Редакция вашего журнала «ПРИРОДА»

Анкета подписчика журнала «ПРИРОДА»

ДЛЯ КОЛЛЕКТИВНЫХ ПОДПИСЧИКОВ

Название организации _____

Адрес и телефон _____

Сколько экземпляров выписываете _____

Сколько лет выписываете журнал _____

Намерены ли возобновить подписку на 1993 год _____

ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПОДПИСЧИКОВ

Фамилия, имя, отчество _____

Место работы _____

Домашний адрес и телефон _____

Служебный адрес и телефон _____

Должность _____

Образование _____

Ученая степень и звание _____

С какого года выписываете журнал _____

Намерены ли возобновить подписку на 1993 год _____

Являетесь ли автором журнала _____

Просьба как можно скорее заполнить анкету и вернуть ее по адресу:

Россия, 117810, Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26.

Редакция журнала «ПРИРОДА»

Неубывающая сила науки

Г. П. Аксенов
Москва

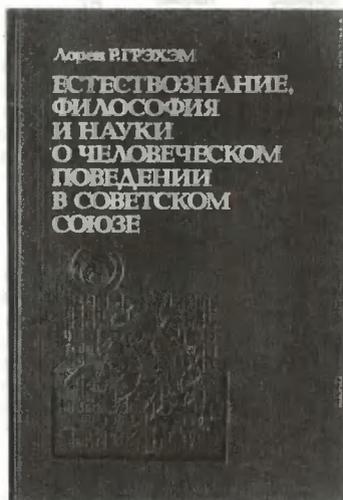
ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ материализм способен выполнить роль наперсника ученого не хуже, а может, даже лучше любой другой философии. Если не заставлять его предвещать результаты конкретных исследований, пишет Лорен Грэхэм, он ценен антиредукционизмом, напоминаем о сложности и противоречивости природы, о всеобщей связи явлений.

История поставила удивительный опыт «материализации» сознания. На протяжении более чем полувека каждый студент в нашей стране изучал диалектику и истмат в обязательном порядке и только их считал философией. Каждый ученый, чтобы получить право заниматься наукой, обязан был сдать экзамен на знание трудов классиков марксизма-ленинизма или уж, по крайней мере, его профессиональных толкователей. Аналог такой идеологизации можно найти только где-нибудь в средних веках.

Но сила и внутренняя свобода человеческого ума, замечает автор, достойна всяческого восхищения. В условиях несвободы, диктата и давления, доходящего до репрессий, будучи заранее ограничен догмами и канонами, он все же создает необходимое разнообразие. Отстаивая профессиональные интересы, ученые внутри официальной идеологии умели «создавать всесторонне убедительную философию науки».

В «Заключительных замечаниях» Грэхэм утверждает, что «советский диалектический материализм является впечатляющим интеллектуальным достижением... По универсальности и степени разработанности диалектико-материалистическое объяснение природы не имеет себе равных среди современных систем мысли».

Ну и ну, скажет читатель. Кто это в наши дни может



Лорен Р. Грэхэм. ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ, ФИЛОСОФИЯ И НАУКИ О ЧЕЛОВЕЧЕСКОМ ПОВЕДЕНИИ В СОВЕТСКОМ СОЮЗЕ. Пер. с англ. М.: Политиздат, 1991, 480 с.

позволить себе так отзываться о диалекте?

Грэхэм — не марксист. Он профессор истории науки Массачусеттского технологического института, специалист по советскому периоду нашей науки и ее взаимосвязи с философией. Данная книга у него — не первая по этой теме¹, но первая переведенная.

На русском языке пока не написано ничего подобного. Причин тут несколько.

Во-первых, наш историк науки испытывает стойкую идиосинкразию к словосочетанию «диалектический материализм». Во-вторых, на него давит общественное мнение. Для большинства из нас философия марксизма — одна из форм государственной принудилки. И,

в-третьих, его влияние еще не сошло на нет. Наш исследователь все еще внутри системы, да и просто внутри своего времени.

Грэхэм — снаружи. Вероятно, наша история из Массачусетса выглядит такой, какой она предстанет перед нами лет через 30—40. А нам пока трудно подняться до такой степени непредвзятости или, может быть, равнодушия. Нам неприятно вникать в суть спора между «эпистемологистами» и «онтологистами»: является ли философия теорией познания, относящейся только к человеческому мышлению, или имеет непосредственно научное, конструктивное значение для познания природы. Оба направления кажутся сейчас не положительным знанием, а инспирированной извне философской «нагрузкой» к науке.

Вероятно, когда забудутся конкретные обстоятельства таких споров, они станут интересовать специалистов — ведь изучает же кто-то диспуты схоластов XIII в. Кстати говоря, все знаменитые дискуссии, ныне являющиеся символами идеологического насилия, шли под знаменем марксизма с обеих сторон.

Грэхэм не пишет историю репрессий и гонений. Его предмет — не социальная сфера науки, а ее личностная, духовная сторона, хотя он и не проходит мимо проблем организации науки. Но ему важен научный результат, итог, который, конечно, только и остается от ученого. Для истории не столь важно теперь, искренне или по конъюнктурным соображениям ученый считал марксизм наивысшим достижением человеческого гения.

Американский прагматизм не видит ничего предосудительного в том, что ученый с целью продвижения своих идей напишет в предисловии к работе,

¹ Graham Loren. Science and Philosophy in the Soviet Union. N. Y., 1972.

что эти мысли пришли к нему в результате размышлений над законом перехода количественных изменений в качественные. В наших традициях больше максимализма.

В книге рассматривается тот отрезок времени, который можно назвать уже собственно советским: с конца 20-х, т. е. от покорения Академии наук, до хрущевской «оттепели». Соображениями «чистоты» исследования руководствовался автор и в выборе имен. В книге не говорится о таких выдающихся ученых, как В. И. Вернадский, П. Л. Капица, И. П. Павлов, относившихся к господствующей идеологии или с безразличием, или с неприязнью. Нет тех, кто сформировался в нормальной академической среде и в узкопрофессиональных областях сохранил свой идеологический оазис. В 30-е годы эти «динозавры» еще были.

Но и без них, оказывается, у нас все в порядке. История советской науки — история славных имен и замечательных достижений. Конечно, не нужно понимать дело так, будто каждый, кто начертал на своем знамени «диалектический материализм», вписал в науку свое имя. Но тем, кто вписал, философское кредо не помешало это сделать.

Вряд ли книга заставит сейчас кого-нибудь полюбить диалект, на что, может быть, тайне надеялось экс-партийное издательство, выпустившее монографию (учитывая время ее написания и перевода). Но Грэхэм, конечно, такой цели не преследует. Наша недавняя ис-

тория науки по мере освобождения от всего приходящего будет представлять все возрастающий интерес как подлинный «полигон» для изучения отношений идеологии и науки.

Содержание книги американского историка науки вселяет в нас изрядную долю оптимизма. Оно доказывает, во-первых, что наука как духовная сфера жизни общества не имеет степеней. Она или есть, или ее нет. Однажды появившись, наука уже не может быть ликвидирована, задержана или деформирована на сколько-нибудь долгий срок даже таким свирепым тоталитаризмом, как советский. Вероятно, это подтверждает оптимистическое представление Вернадского о природном, планетном значении знаний, а не специально общественном. И на историю науки можно взглянуть так, что она изучает природу в меньшей степени, чем астрономия.

К природным закономерностям истории науки относятся, вероятно, роль личности, которая более серьезна даже, чем провозглашается у нас в сегодняшней либеральной период.

Ученый — человек своего времени, подвержен всем его влияниям. Но он живет и вне времени. Именно эта трудно поддающаяся выражению, но явно ощущаемая им связь с вечностью заставляет ученого пройти всю дистанцию, испить всю чашу страданий и получить свою долю радости, даваемой наукой.

Научный результат зависит только от таланта, и он не выбирает время, когда ему

прийти. И значит, в советское время нация продолжала плодоносить талантами. Думаю, такие соображения должны вызывать чувство, которое лучше всего обозначить как чувство национального спокойствия.

Отсюда слышны митинговые крики о крахе, развале, о потере корней и ориентиров. На фоне общей паники ученые, пожалуй, относительно спокойны. У науки ничего не развалилось. Предмет ученого цел и не пострадал. Наука есть как раз единственное, что осталось здесь цело. Никаких особенных корней ей судорожно искать не нужно, они не исчезали. Ученый не казак, ему не нужно напяливать на себя дедовский мундир, чтобы ощутить свою духовную связь с прошлым.

Более того, наука вполне может служить опорой (как моральной, так и материальной) для других сфер нашей жизни. Мост, соединяющий ее с прежними временами России и с мировой мыслью, в целостности и сохранности. Когда говорят об отставании науки в бывшем Советском Союзе, имеют в виду прикладную сторону науки, те ее сферы, что связаны не с истиной, а с пользой. Нет у нас пока бизнеса, который выхватывал бы открытия из-под рук исследователей.

Каждый должен делать свое дело. Фундаментальная наука, как и во времена Эйлера, не должна заботиться о приложениях. Она есть «немигающее око человечества», писал Андрей Платонов, и не может отвлекаться на «внедрение». Книга Л. Грэхэма ярко это доказывает.

НОВЫЕ КНИГИ

Физика атмосферы

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ В АТМОСФЕРЕ. Ярославль. Изд-во Ярославского ун-та, 1991. 144 с. Ц. 3 р. 45 к.

Сборник отражает результаты конференции в Ярославском университете по физике долгоживущих плазменных

образований в атмосфере, линейной, четочной и шаровой молний. Представлены также сообщения по физике огней Св. Эльма и электрофонных болидов. В книге собраны 25 исследований.

Статьи распределяются по трем разделам: направление, изучающее электрические раз-

ряды как явления, относящиеся к метеорологической науке; техническое направление, связанное с проблемой обеспечения грозовой защиты; физическое, исследующее все формы разрядов в терминах физики плазмы.

Для специалистов в области физики атмосферы.

Химия

З. Е. Гельман. СТРОЕНИЕ МОНОСАХАРИДОВ. Ист. очерк / Научн. ред. и послесл. А. Н. Шамина. Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та, 1991, 208 с.

Если представить историю изучения моносахаридов, живо нарисованную в книге З. Е. Гельмана, то картина может сложиться и так. Главным героем оказывается великий немецкий химик Эмиль Фишер (1852—1919), разгадавший структурную и препаративную химию углеводов, впервые осуществивший синтетические и стереохимические исследования этого класса соединений.

Еще одним главным героем выведен ученый почти наших дней — английский химик-органик Уолтер Норман Хеуорс (1883—1950), который доказал, что такие моносахариды, как глюкоза, галактоза, манноза и некоторые другие, содержат не пятичленные, а шестичленные циклы. Хеуорс впервые предложил циклические формулы углеводов, которые можно считать первой попыткой отразить геометрическое строение молекул этого класса соединений.

Тем не менее эра систематического конформационного анализа моносахаридов была открыта американцем Р. Ривсом, которую продолжили норвежские химики О. Хассел и Б. Оттар.

В книге представлена история изучения функциональных групп углеводов, которые отдельно никогда и никем не освещались.

Наряду с основной линией очень интересны и побочные сюжеты. Например, история сахаристых веществ, связанных с легендой о «манне небесной», история термина «конформация» (термин, вероятнее всего, заимствован У. Н. Хеуорсом из рассказа американского писателя Эдгара По «Береника»).

А какой труд был первым серьезным исследованием по химии сахаров? Автор доказывает, что это был трактат «Сахарология», вышедший в 1637 г. и принадлежавший перу итальянского химика и врача, жившего в изгнании в Германии, Анджело Салы (1576—1637)¹.

Биология

Э. И. Воробьева, Э. Н. Мирзоян, Ю. В. Маммаев и др. СОВРЕМЕННАЯ ЭВОЛЮЦИОННАЯ МОРФОЛОГИЯ. Киев: Наукова думка, 1991. 312 с. Ц. 5 р.

Монография подготовлена коллективом специалистов Карадагского филиала Института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского АН Украины. В ней сделана попытка определить предмет эволюционной морфологии и ее перспективы. Рассматриваются центральные для эволюционной морфологии проблемы эволюции онтогенеза, проблемы морфологических адаптаций и многое другое.

В частности, авторы считают, что классические методы параллелизма сегодня должны быть дополнены широким спектром экспериментальных работ в различных разделах биологических наук и на различных структурных уровнях — от субклеточного до надорганизменного. Поэтому расширяются и укрепляются связи эволюционных морфологов с палеонтологами, физиологами, генетиками, экологами и другими специалистами, включая математиков и кибернетиков.

Экология

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ БИОСФЕРЫ. Т. 1. Свойства биосферы и ее внешние связи / Под ред. Н. В. Красногогорской. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 288 с.

Монография посвящена проблемам изучения биосферы с точки зрения общей теории систем. Планета рассматривается как подсистема в открытой самоорганизующейся системе «Галактика → Солнце → Земля → Биосфера → Человек». Исследуются связи космос —

биосфера и биосфера — недра. Авторы сосредоточиваются в основном на экологических аспектах закономерностей взаимодействия живого и среды его обитания.

В первой части представлены современные подходы к изучению биосферы как самоорганизующейся глобальной системы. Во второй — рассмотрены эволюция биосферы и ее роль в возникновении и развитии жизни на Земле. Исследуются электрические, геодинамические, гравитационные и иные воздействия на биосферу.

Рассчитана на специалистов в области геологии и биологии.

Геология

А. В. Пейве. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ. ЭВОЛЮЦИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ И МОБИЛИЗМ. М.: Наука, 1991. 255 с. Ц. 5 р. 50 к.

Академик Александр Вольдемарович Пейве (1909—1985) многие годы возглавлял Геологический институт Академии наук и много сделал для утверждения и развития современных взглядов в геологии — идей мобилизма. А. В. Пейве обосновал новое представление об офиолитах и процессах тектонического расслоения литосферы. Под его руководством создана тектоническая карта Евразии.

Офиолиты — плотные, более тяжелые, чем гранит, почти черные или темно-зеленые, богатые железом и магнием горные породы, представленные в основном базитами и гипербазитами, габбро, диабазами, базальтами. В результате глубокого и всестороннего исследования офиолитов Северного Урала, где они широко распространены А. В. Пейве пришел к смелому заключению, что они представляют собой бывшие осадки морей и океанов геологического прошлого, испытавшие многократные фазы деформации и метаморфизма. Это было одним из подтверждений тектоники плитовых движений.

В книге собраны 28 статей, опубликованных в последние 20 лет жизни академика А. В. Пейве (в том числе пе-

¹ Гельман З. Е. Анджело Сала — химик и врач эпохи Возрождения / Под ред. А. М. Цукермана. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1986. См. также: Гельман З. Е. Блистательнейший химик и архидиакр Мегаполитанский Анджело Сала // Природа. 1979. № 3. С. 126—128.

чатавшиеся ранее в «Природе», активным автором которой он был). Они предвещают большой интерес для научных работников любой геологической специальности.

Геофизика

О. Г. Сорохтин, С. А. Ушков. ГЛОБАЛЬНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ЗЕМЛИ. М.: Изд-во МГУ, 1991. 448 с. Ц. 6 р. 50 к.

Какова геологическая история Земли? Строя свою геофизическую глобальную модель, авторы рассматривают тектоническую активность, строение геохимических оболочек, тектонику литосферных плит, происхождение земной коры, океана и атмосферы с единых методологических позиций.

Эндеогенная эволюция Земли, считают они, проходила под воздействием энергии двойной системы Земля — Луна. Тектоническая активность началась на молодой планете через 600 млн. лет после ее образования — около 4 млрд. лет. Авторы анализируют энергетический баланс системы.

При этом они исходят из двух предположений: однородности состава первичной Земли, являющейся смесью вещества нынешних геосфер, и о первично меньшем, чем у современной планеты, теплозапасе. Главный планетный процесс, по мнению авторов, заключается в химико-плотностной дифференциации вещества Земли, приведшей к образованию окисно-железного ядра. Данный процесс и породил все конвективные достижения, являющиеся причиной тектонической активности.

Геотектоника

У. Кэри. В ПОИСКАХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗВИТИЯ ЗЕМЛИ И ВСЕЛЕННОЙ. ИСТОРИЯ ДОГМ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ. М.: Мир, 1991. 447 с. Ц. 6 р. 80 к.

Почетный профессор геологии Тасманского университета У. Кэри, долгие годы проводивший практические исследования в Австралии и Новой Гвинее,

был одним из пионеров возрождения теории А. Вегенера о движении материков. Однако он пошел дальше и выдвинул идею расширения планеты, написал не переводившуюся у нас книгу «расширяющаяся Земля» (1976).

В данной книге он обобщает размышления над историей своей и других идей в науках о Земле. Много места он отводит великим геологическим спорам: непутистов и плутонистов, Лайеля и Кельвина — об источниках внутреннего тепла Земли, мобилистов и фиксистов.

В главе «Подвижные материка» Кэри излагает историю идей Вегенера, а также борьбы за утверждение новой глобальной тектоники.

Большая часть книги посвящена теории расширения Земли, которое, по мнению автора, идет с нарастающей скоростью. Он считает, что правильная и непротиворечивая реконструкция Пангеи возможна только в случае, если принять диаметр планеты равным $2/3$ настоящего. Только тогда очертания материков совпадают.

Автор придает своему предположению о расширении Земли космологический характер, т. е. считает закономерным явлением.

Книга вполне научна, написана ярко и представляет интерес не только для специалистов в сфере наук о Земле, но и для любого образованного читателя.

Минералогия

М. П. Джэнс. ПРИКЛАДНАЯ МИНЕРАЛОГИЯ. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД / Пер. с англ. М.: Недр, 1991. 391 с. Ц. 2 р. 40 к.

Автор приводит общие сведения о минералах, рассказывает о различных методах их анализа, об отборе образцов, способах их фракционирования. Он показывает способы идентификации минералов по строению и составу — путем микроскопического исследования, интерпретации минералогических изображений, современных электронных анализов.

Почти половину книги занимают приложения, состоящие из практических советов и лабо-

раторных работ по определению проб минералов. Прилагаются алфавитная таблица минералов с их главными характеристиками и таблица содержания в них химических элементов.

Книга будет полезна специалистам и студентам, изучающим науки о Земле.

Океанология

К. В. Коняев, И. Д. Сабинин. ВОЛНЫ ВНУТРИ ОКЕАНА. Спб.: Гидрометеоиздат, 1992. 272 с.

Всю картину волновых движений в океане определяют два вида волн: внутренние инерционно-гравитационные волны и планетарные волны Россби. Монография сближает их теоретическое исследование и натуральный эксперимент.

В первой части речь идет о длиннопериодных внутренних волнах, чувствительных к вращению Земли и видоизменяющихся под воздействием сил Кориолиса. Прослеживаются нелинейные эффекты, взаимодействия с течениями и приливами, исследуются короткопериодные волны. Во второй части рассматриваются волны Россби, их кинематика, распространение в океане, синоптические колебания. Проводится сопоставление обоих видов волн.

Океанология

ВИХРЕВЫЕ ЛИНЗЫ И ФРОНТЫ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АТЛАНТИКЕ. М.: Ин-т океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР, 1991. Ц. 2 р. 60 к.

Основу сборника составляют результаты 14-го рейса учебно-экспедиционного судна «Профессор Сергей Дорощев» (декабрь 1989 — февраль 1990), проведенного Институтом океанологии совместно с Ленинградским гидрометеорологическим институтом. Экспедиция была посвящена комплексным физическим, химическим, оптическим исследованиям. Использовалась спутниковая информация.

Проведены также дистанционные измерения концентрации хлорофилла, «звеси» и «желтого вещества» в приповерхностном слое океана, испытана новая аппаратура.

Конрад Лоренц в советском плену

Академик В. Е. Соколов

Л. М. Баскин,

доктор биологических наук

Институт эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова РАН
Москва

ВЫДАЮЩИЙСЯ австрийский ученый Конрад Лоренц — один из создателей этологии (наука о поведении животных) — был и остается фигурой весьма сложной для историков науки. Несомненно его огромный вклад в мировую науку, за который он удостоен Нобелевской премии. Однако многие не разделяют отдельных его построений, в которых законы жизни животных переносятся на человеческое общество.

Основные вехи жизни Лоренца вошли во все словари. Но для биографов есть трудные места. Одно из них — пребывание Лоренца в советском плену. В 1989—1990 гг. мы искали в наших архивах личное дело Лоренца. Благодаря помощи архивистов, в первую очередь Л. Л. Носыревой, удалось обнаружить его в Центральном государственном архиве СССР. Совершенно неожиданной находкой стала рукопись книги Лоренца.

Лет пятнадцать назад один из авторов этой статьи (В.Е.С.), встретив Лоренца на научном конгрессе, подошел к нему и пригласил посетить СССР. Тогда в нашей стране начал проявляться интерес к этологии. Публиковались и были очень популярны книги Лоренца «Кольцо царя Соломона», «Человек находит друга», «Год серого гуся». Его приезд вызвал бы настоящую сенсацию не только среди ученых, но и среди всех любителей животных. Однако Лоренц отказался. «Я ведь уже был в СССР», — с грустной улыбкой заметил он.

Не новость, что Лоренц воевал в немецкой армии на территории СССР и был в плену.



Конрад Лоренц (1903—1989).

Известно также, что он был членом нацистской партии. Это обстоятельство дало карты в руки противников этологии, усмотревших в ней «непавуловский» подход к изучению поведения животных. За рубежом это оттолкнуло от этологии часть американцев, работавших в области сравнительной психологии. Кроме того, предвоенные политические симпатии Лоренца совпали с его умозрительными построениями, касавшимися теории доместикиции. Известный этолог П. Бейтсон в некрологе писал о нем: «Когда наци пришли к власти, Лоренц поплыл по течению и в 1940 г. написал шокирующую статью, преследовавшую его всю оставшуюся жизнь. Он ненавидел влияние доместикиции на виды животных и думал (без каких-либо доказательств), что люди стали жертвами их собственной самодоместикиции. Его желание избавиться человечество от засо-

рения слишком хорошо соответствовало ужасной идеологии наци. Чтобы получить «наших лучших индивидов, надо установить типовую модель наших людей», а те, кто заметно отклоняется от такой модели, должны бы элиминировать в порядке заботы о народном здоровье. После войны, во время которой Лоренцу пришлось с ужасом открыть для себя полную меру того, что наци реально делали для этого, он предпочитал, чтобы эта публикация была забыта»¹.

Плен ненадолго прервал кипучую научную активность Лоренца. Последняя его работа перед тем, как он оказался в советских лагерях, была опубликована в 1943 г. В ней, в частности, содержалось классическое описание «церемонии триумфа» при формировании пар у гусей. Самец, после имитации атаки на несуществующего противника, возвращается к самке и проделявает красивую «церемонию триумфа». А в 1949 г. Лоренц вновь начинает публиковаться, в 50—60-е годы он выпускает по шесть и более работ (зачастую это книги) в год. Лоренц обосновывает сравнительный, эволюционный метод исследования врожденного поведения, разрабатывает теорию инстинкта. Столь же известны его работы по импринтингу, механизмам социального, оборонительного, полового поведения.

Лоренц обладал прекрасной способностью создавать стройные теоретические конструкции, используя иногда немногие наблюдения, свои или

¹ Bateson P. // Human Ethology Newsletter. 1989. V. 5. P. 9.

предшественников. Но всегда его построения выдерживали всестороннюю и тщательную экспериментальную или статистическую проверку. Например, развитие науки сузило диапазон действия описанных им законов импринтинга. И поныне вызывают дискуссии его описания поведения агрессии у хищников за счет ритуального поведения и специальных механизмов. Полевые зоологи достоверно доказали, что волки-таки убивают волков, а медведи — медведей. Тем не менее зоркий глаз Лоренца и его талант теоретика неизменно заставляли ученых обращать внимание на поставленные им проблемы.

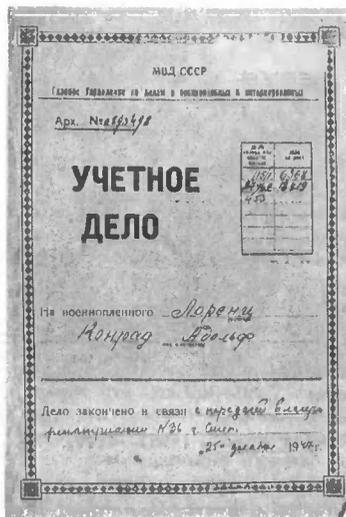
Его книга «Агрессия», выдержавшая много изданий, привлекла интерес широкой публики попытками применить представления из области зоопсихологии к проблемам войны и мира. Лоренц пытался найти общие корни поведения человека и животных, в частности сексуальности и агрессивности.

Интересно, как сам Лоренц оценивал уже после войны свое отношение к национал-социалистическим идеям. Р. Еванс написал книгу, основанную на интервью Лоренца и его письмах. Лоренц говорил: «Конечно, я надеялся, что что-то хорошее может прийти от наци. Люди лучше, чем я, более интеллигентные, верили этому, и среди них мой отец. Никто не предполагал, что они подражали убийство, когда говорили «селекция». Я никогда не верил в нацистскую идеологию, но подобно глупцу я думал, что я мог бы усовершенствовать их, привести к чему-то лучшему. Это была наивная ошибка».

Многие противопоставляли Лоренцу голландца Николаса Тинбергена, участника Сопротивления и узника фашистского концлагеря. Так политика и война поставили по разные стороны баррикад двух крупнейших ученых, вместе получивших в 1973 г. Нобелевскую премию за «исследования социального поведения животных»².

² Ewans R. I. Konrad Lorenz. The Man and His ideas. N. Y.—L., 1975.

³ Третьим лауреатом стал немецкий физиолог и этолог Карл фон Фриш.



Из документов Конрада Лоренца, хранящихся в Центральном государственном архиве.

Теперь обоих нет в живых. Они умерли почти одновременно: Тинберген — 21 декабря 1988 г., Лоренц — 27 февраля 1989 г. Приходит время объективного анализа их научных достижений, философских и политических взглядов, жизненных перипетий.

Лоренц попал в плен под Витебском 28 июня 1944 г., провоевав в составе 2-й санитарной роты 206-й пехотной дивизии всего несколько месяцев. До этого он два года служил в тыловом госпитале в Познани, а в армию был призван по мобилизации 10 октября 1941 г.

В лагерях на военнопленных заполняли опросные листы. Сохранилось два таких листа на Лоренца: от 14 февраля 1945 г. (лагерь в г. Кирове) и 5 февраля 1947 г. (лагерь в Армении). Суущественно, что Лоренц отвечал на вопросы через много месяцев после прибытия в лагерь, так что у него было достаточно времени, чтобы адаптироваться и отвечать спокойно и обдуманно.

В ответах описаны все кочевья Лоренца по лагерям. До кировского были два лагеря в прифронтовой полосе, где Лоренц пробыл несколько месяцев. В кировском лагере военнопленные работали на заводе. Здесь Лоренц находился больше года (с августа 1944 по ноябрь 1945 г.), побывал в двух отделениях лагеря. Потом его полмесяца (с 17 февраля по 2 марта 1946 г.) взяли в Армению. Там тоже был рабочий лагерь, где Лоренц сменил три отделения. В 1947 г. его переведят в Красноярск, под Москву. Это было относительно привилегированное место, где концентрировались антифашисты, пленные, согласившиеся вступить в армии (сражавшиеся на стороне СССР (венгерскую, румынскую). Некоторые попали сюда по другим причинам. Лоренц, видимо, оказался здесь по рекомендации начальства армянского лагеря, давшего Лоренцу отличную характеристику за антифашистскую работу. В Красногорске Лоренц пробыл сравнительно недолго, и в декабре 1947 г. его репатриировали на родину.

Интересно было спустя 45 лет прочитать ответы Лоренца на вопросы, которые записывались, похоже, без искажений. Лист в кировском лагере заполнял старший сержант Торпов при помощи переводчика Кочержука, в армянском — гвардии капитан Карапетян. Приведем данные из опросных листов более подробно.

В обоих листах вторым именем Лоренца (для образования, по русскому обычаю, отчества) записано имя отца — Адольф (Адольфович). На самом деле его второе имя — Захария.

Год рождения — 1903, место — Вена. Местом жительства семьи Лоренц назвал Аль-

тенберг. Название этой деревни памятно всем читателям книг Лоренца. Здесь он наблюдал за своими друзьями — собаками, гусями, здесь же прожил большую часть жизни. В опросном листе Лоренц утверждал, что не владеет имуществом, но несколькими строками дальше указано, что ему принадлежит дом в Альтенберге.

Среди родственников Лоренц упоминает 80-летнего отца, мещанина по происхождению и врача по профессии, брата Альберта 59 лет, тоже врача, жену — Гейхарт Маргариту Рихард, 1900 г. рождения, сына Томаса и двух дочерей — Агнес и Дагмар. К моменту ухода Лоренца в армию в 1941 г. старшему сыну было 12 лет, младшей дочери — год.

На вопрос о национальности Лоренц отвечает — австриец, родной язык — немецкий. Социальное положение — служащий, неимущий. Об образовании рассказывает подробно: «Пять лет народной школы, восемь лет гимназии, пять лет медицинского университета, два года изучения зоологии». В армию он уходит с должности профессора психофизиологии Кенигсбергского университета. Военного образования у него нет. В первом листе Лоренц назвал себя верующим. Но через два года плена отвечает, что вероисповедания не имеет.

Должность в армии — младший врач, звание — младший лейтенант. На вопрос, сдался ли в плен сам или был взят, Лоренц отвечает, что был взят. Наград не имеет.

В первом опросном листе записано — «национал-социалист», во втором — «кандидат национал-социалистической партии». В кругах зоологов известно, что свое членство в национал-социалистической партии Лоренц никогда не отрицал.

Есть информация и о том, в каких странах Лоренц побывал до плена: «В Америке в 1922 г. четыре месяца на экскурсии, во Франции, Бельгии, Голландии, Англии, Италии по две недели». Во втором листе добавлено: «В Швейцарии, Чехословакии, Болгарии, Румынии, Греции».

Личная подпись Лоренца в обоих листах очень ясная, начинается с «Dr.». В армянском

есть и хорошая фотография.

Приведен и словесный портрет: рост 183, сложение нормальное, волосы темно-русые, лицо овальное, нос длинный, глаза серые (в «кировском» варианте — голубые), на руке ниже локтя — шрам.

В некрологе Бейтсона говорилось, что Лоренц выжил в плену благодаря тому, что питался мухами и пауками. Мы могли ознакомиться лишь с документами рабочих лагерей, каково ему пришлось в прифронтовых, неизвестно. Рабочие же лагеря для военнопленных не были лагерями уничтожения. Жизнь здесь была суровой, но терпимой. Сохранились документы, по которым можно судить об условиях в них. Составители этих документов с грифом «совершенно секретно» вряд ли думали, что подобные сведения когда-нибудь будут публиковаться.

Конечно, нелегко сегодня представить себе жизнь Лоренца в бараке, но с печным отоплением и нарами в два-три яруса. Когда видишь на плане лагеря, что на 10 бараков приходится одна уборная «на 20 очков», понимаешь всю психическую и физическую тяжесть такого существования для профессора психофизиологии. Но мы-то знаем, в каких условиях жили тогда все в нашей стране.

Впрочем, Лоренц был врач и, следовательно, привлекался к работе в лазарете, где, возможно, было и теплее, и чище. Значительная часть военнопленных была в ОК — «оздоровительных командах». В кировском лагере в отдельные месяцы в них числилось до половины пленных. Среди причин авторы отчетов называют плохое состояние здоровья людей, долго находившихся в окружении. Но обычно таких слабых, потерявших трудоспособность было 10—20%. Впрочем, в ОК пленные находились в среднем 26 дней, как подсчитано в одном из отчетов. Их обеспечивали дополнительным питанием, давали отдых, людиправлялись.

В лагерных отчетах подробно анализируются причины потери пленными трудоспособности. На первом плане — скудное питание, в худшие времена всего 2105 ккал на человека



С одним из своих друзей. 60-е годы.

в день, что не восстанавливало силы. С 1945 г. принимаются решения об увеличении норм. Пленные должны были получать в день по 600 г ржаного хлеба, 90 г крупы, 30 г мяса, 100 г рыбы, 15 г сала, 15 г растительного масла, 17 г сахара, 600 г картофеля и т. п. В оздоровительных командах норму мяса увеличивали до 150 г, сахара до 30 г, молока давали 300 г. Как обстояли дела не на бумаге, а в жизни, сказать трудно.

А вот нормы вещевого довольствия: две пары белья, шинель, гимнастерка и шаровары, сапоги, ботинки или лапти, для офицеров — ремань, миска (для солдат — бачок на 10 человек); чайник — только для офицеров, один на 10 человек.

Поразительным открытием для нас была рукопись большой книги, написанной Лоренцем в плену. Видимо, он начал ее еще в Армении, но закончена и подшита в дело она была в Красногорск, где Лоренцу удалось перепечатать ее на машинке. Рукопись — на немецком языке. Есть два экземпляра, перепечатанные через один интервал, в первом 211 страниц, во втором 222 (из-за развернутого оглавления, подшитого со вторым экземпляром).

«Einführung in die vergleichende Verhaltensforschung» — «Введение в сравнительное исследование поведения» — так назвал Лоренц свой труд. Эпи-

графом он выбрал слова К. О. Витмана: «Инстинкты и органы должны изучаться с общей точки зрения их филогенетического происхождения». Через много лет, в 1981 г., Лоренц опубликовал книгу «The foundations of ethology», где во многом повторил и развил те же идеи, что и в этом труде, оставшемся в России. Интересно, что в опубликованной книге слышатся отзвуки российских лет. Говоря о роли обучения, Лоренц приводит в качестве примера поведение горных козлов, обитающих в районе каменноломен и не боящихся взрывов. Видимо, он заметил это на Севангидрострое.

В заключение приведем часть «Характеристики на военнопленного Лоренца Конрад Адольф», выданной 19 сентября 1947 г. в лагере в Армении и оставшейся в его личном деле. Читать ее и грустно, и смешно: так выразительны приметы места и времени.

«Военнопленный Лоренц характеризуется положительно, дисциплинирован, к труду относится добросовестно, политически развит, принимает активное участие в антифашистской работе и пользуется доверием и авторитетом среди военнопленных. Прочитанные им лекции и доклады заслушиваются военнопленными с охотой.

Военнопленный Лоренц побывал в разных государствах, как-то: США, Англии, Франции, Бельгии, Голландии, Италии, Греции, Чехословакии и др. Владеет большим кругозором в теоретических вопросах, а также в политике ориентируется правильно. Является агитатором лагерного отделения, проводит агитационно-массовую работу среди военнопленных немецкой и австрийской национальностей, владеет французским и английскими языками.

Компрометирующими материалами на Лоренца К. А. не располагаем».

Над номером работали
Ответственный секретарь
К. Е. ЛЕВИТИН
Заместитель ответственного секретаря
О. В. ВОЛОШИНА

Научные редакторы:
И. Н. АРУТЮНЯН
О. О. АСТАХОВА
Л. П. БЕЛЯНОВА
В. И. ЕГУДИН
М. Ю. ЗУБРЕВА
Э. Ю. КАЛИНИН
Г. М. КАРАСЕВА
Г. В. КОРОТКЕВИЧ
Л. Д. МАЙОРОВА
Н. Д. МОРОЗОВА
Н. В. УСПЕНСКАЯ
О. И. ШУТОВА

Литературный редактор
Г. В. ЧУБА

Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией
С. С. ПЕРЕПЕЛКИНА

Корректоры:
Р. С. ШАЙМАРДАНОВА,
О. Н. БОГАЧЕВА

В художественном оформлении номера принимали участие
В. С. КРЫЛОВА
Ю. В. ТИМОФЕЕВ

Ордена Трудового Красного
Знамени издательство «Наука»

Адрес редакции:
117810, Москва ГСП-1,
Мароковский пер., 26
Тел. 238-24-56, 238-26-33

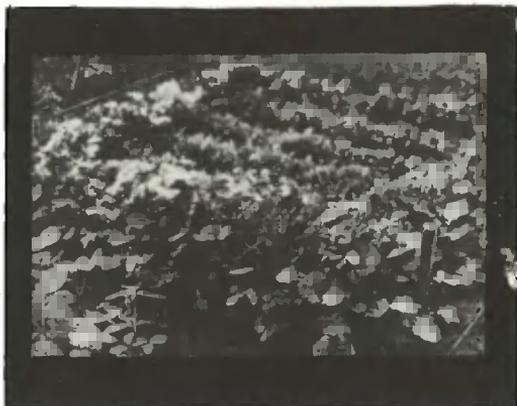
Сдано в набор 8.05.92
Подписано в печать 3.07.92
Формат 70×100¹/₁₆
Бумага офсетная № 1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 571,5 тыс.
Уч.-изд. л. 15,1
Тираж 21 348 экз.
Зак. 571
Цена 1 р. 80 к.

Ордена Трудового
Красного Знамени
Чеховский полиграфический
комбинат
Министерства печати
и информации
Российской Федерации
142300, г. Чехов
Московской области



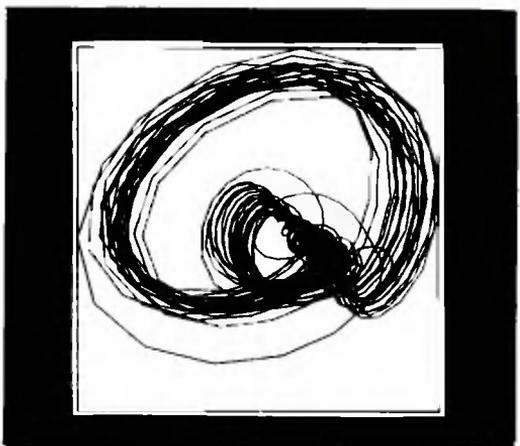
На примере горнодобывающих предприятий Кольского п-ова показано, что перемещение обогатительных фабрик под землю сулит не только экологические преимущества, но и более высокую экономическую эффективность.

Руденко В. Д. ПОДЗЕМНЫЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫЕ ФАБРИКИ



Ботаниками накоплено много знаний о законах жизни фитопопуляций. Только опираясь на эти законы и можно перестроить современное растениеводство, сделать его адаптивным.

Злобин Ю. А. ПОПУЛЯЦИЯ — ЕДИНИЦА РЕАЛЬНОЙ ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ



Для измерения временных интервалов Галилей подсчитывал удары пульса, считая сердце источником постоянного ритма. Как теперь стало известно, здоровое сердце, как и другие автоколебательные системы в организме, совершает не регулярные, а хаотические колебания.

Ланда П. С., Розенблюм М. Г. АВТОКОЛЕБАНИЯ В ЖИВЫХ ОРГАНИЗМАХ

Грядущее потепление широко обсуждается в научной и популярной литературе. При этом чрезвычайная сложность климатических прогнозов и неопределенность наших знаний о климатической изменчивости часто не принимаются в расчет. Поскольку эти прогнозы носят условный характер, скорее всего, они должны быть вероятностными.

Груза Г. В. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА



1 р. 80 к.
Индекс 70707