

ISSN 0032 - 874X

ПРИРОДА

6 '94



Главный редактор академик А.Ф.АНДРЕЕВ

Первый заместитель главного редактора А.В.БЯЛКО

Заместители главного редактора:

А.А.ГУРШТЕЙН (история естествознания),

А.А.КОМАР (физика),

А.К.СКВОРЦОВ (биология),

А.А.ЯРОШЕВСКИЙ (науки о Земле)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

И.Н.АРУТЮНЯН (редактор отдела физико-математических наук), О.О.АСТАХОВА (редактор отдела биологии и медицины), кандидат химических наук Л.П.БЕЛЯНОВА (ответственный секретарь), 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), академик АМН А.И.ВОРОБЬЕВ (медицина), доктор биологических наук Н.Н.ВОРОНЦОВ (охрана природы), академик М.Е.ВИНОГРАДОВ (биоокеанология), член-корреспондент РАН С.С.ГЕРШТЕЙН (физика), доктор географических наук Н.Ф.ГЛАЗОВСКИЙ (география), академик Г.С.ГОЛИЦЫН (физика атмосферы), академик Г.В.ДОБРОВОЛЬСКИЙ (почвоведение), академик В.А.ЖАРИКОВ (геология), член-корреспондент РАН Г.А.ЗАВАРЗИН (микробиология, экология), М.Ю.ЗУБРЕВА (редактор отдела географии и океанологии), академик В.Т.ИВАНОВ (биоорганическая химия), академик В.А.КАБАНОВ (общая и техническая химия), Г.В.КОРОТКЕВИЧ (редактор отдела научной информации), академик Н.П.ЛАВЕРОВ (геология), Л.Д.МАЙОРОВА (редактор отдела геологии, геофизики и геохимии), доктор биологических наук Б.М.МЕДНИКОВ (биология), Н.Д.МОРОЗОВА (научная информация), доктор геологических наук Л.Л.ПЕРЧУК (геология), доктор технических наук Д.А.ПОСПЕЛОВ (информатика), член-корреспондент РАН В.А.СИДОРЕНКО (энергетика), академик В.Е.СОКОЛОВ (зоология), академик В.С.СТЕПИН (философия естествознания), академик В.Н.СТРАХОВ (геофизика), Н.В.УСПЕНСКАЯ (редактор отдела философии, истории естествознания и публицистики), академик Л.Д.ФАДДЕЕВ (математика), доктор биологических наук М.А.ФЕДОНКИН (палеонтология), доктор биологических наук С.Э.ШНОЛЬ (биология, биофизика), О.И.ШУТОВА (редактор отдела экологии и химии), доктор физико-математических наук А.М.ЧЕРЕПАЩУК (астрономия, астрофизика).

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Кристалл изумруда в ультраосновной горной породе С.м. в номере: Оudinova E.A. Происхождение изумруда.

Фото М.А.Богомолова

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Коло-челистник в цвету. С.м. в номере: Попов К.П., Сейфулли Э.М. Подушковидные растения Средней Азии.

Фото Э.М.Сейфуллина



Всероссийское объединение издательских, полиграфических и книоторговых предприятий «Наука»

© Российская академия наук
журнал «Природа» 1994

В НОМЕРЕ

3 Бызов А. Л. СУДЬБА ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ

6 Гинзбург В. Л. ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ СВЕРХ- ПРОВОДИМОСТЬ

В настоящее время сложилось представление, что механизм сверхпроводимости для известных высокотемпературных сверхпроводников такой же, как и для «обычных» сверхпроводников. Это значит, что и в этом случае сверхпроводимость обусловлена электрон-фононной связью.

14 ТЕКТОНИКА ПЛИТ В «АКСАКОВСКИХ ЗОРЯХ»

Памяти неформального лидера отечественной тектоники литосферных плит Л. П. Зоненшайна была посвящена очередная международная конференция, состоявшаяся в конце прошлого года в Подмоскowie. В ней приняли участие специалисты, представляющие разные направления в геологии, так или иначе связанные с новой глобальной теорией эволюции Земли.

Казьмин В. Г., Натанов Л. М.
ВЗГЛЯД В ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОШ-
ЛОЕ ЕВРАЗИАТСКОГО КОНТИНЕНТА
[16]

Муравьев К. Г.
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ РУДЫ ОКЕАН-
СКОГО ДНА [19]

Левин Л. Э.
НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ГЛУБОКО-
ВОДНЫХ КОТЛОВИН МИРОВОГО ОКЕ-
АНА [24]

Юдин В. В.
НОВАЯ МОДЕЛЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
СТРОЕНИЯ КРЫМА [28]

Городничий А. М.
«ОДНА, НО ПЛАМЕННАЯ СТРАСТЬ»
[31]

РЕЗОНАНС 35 Краснов И. И. О ТЕОРИИ МИЛАНКОВИЧА

Померанец К. С.
АНОМАЛЬНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИ-
ЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В САНКТ-ПЕТЕР-
БУРГЕ

36 «ПОДУШКИ» ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ

Приспосабливаясь к суровым жизненным условиям, растения разных таксономических групп не просто замедляют рост, оставаясь десятки, сотни и даже тысячи лет карликами. Они активно ветвятся, цветут и с годами приобретают очень своеобразную форму подушки.

Хохряков А. П.
АКТИВНАЯ, А НЕ ПАССИВНАЯ ЖИЗ-
НЕННАЯ ФОРМА [36]

Попов К. П., Сейфуллин Э. М.
ПОДУШКОВИДНЫЕ РАСТЕНИЯ СРЕД-
НЕЙ АЗИИ [42]

45 Одинцова Е. А. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ИЗУМРУДА

Физико-химический анализ минеральных парагенезисов показал, какие геохимические условия благоприятны для формирования благородной разновидности берилла — изумруда.

54 ЮПИТЕР И КОМЕТА

Клумов Б. А., Кондауров В. И.,
Конюхов А. В., Медведев Ю. Д.,
Сокольский А. Г., Утюжников С. В.,
Фортос В. Е.
ПАДЕНИЕ КОМЕТЫ: ЧТО МЫ УВИ-
ДИМ? [54]

Бялко А. В.
«ЖДЕМ-С» [57]

ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИЙ

60 Окладников Н. А.
ПЕЗСКИМ ВОЛОКОМ К ПУСТОЗЕРСКУ
Трудным для людей и лодок оказался самый древний путь на Печору, которым не так давно прошла немногочисленная группа участников историко-географической экспедиции «Ушкунники».

66 Киселев Л. Л., Абелев Г. И., Кисе-
лев Ф. Л.
«КАК СИРАНО ДЕ БЕРЖЕРАК, ОН МОГ
ГОРДИТЬСЯ БЕЛЫМ СУЛТАНОМ СВО-
ЕГО БОЕВОГО ШЛЕМА...»
К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
Л. А. ЗИЛЬБЕРА

Судьба Л. А. Зильбера, блистательного ученого и совершенно неординарного человека, — яркий пример того, как сила духа побеждает все внешние обстоятельства.

85 НОВОСТИ НАУКИ [53]

РЕЦЕНЗИИ

95 Здорик Т. Б.
ОБЫКНОВЕННОЕ ЧУДО

IN THIS ISSUE

- 3** Bysov A. L.
THE DESTINY OF FUNDAMENTAL SCIENCES

- 6** Ginzburg V. L.
HIGH-TEMPERATURE SUPERCONDUCTIVITY

At present there exists the conception that the mechanism of superconductivity for the certain high-temperature superconductors is identical to that for «usual» ones. That is, superconductivity here, too, is determined by the electron-phonon bonds.

- 14** THE PLATE TECTONICS IN «AKSAKOV-SKYE ZORI»

The regular international conference held in Podmoskovye Region last year was dedicated to the memory of L. P. Zonenshain, the late leader of «soviet» tectonics of lithosphere plates. Specialists represented different lines of investigation in geology but in one way or another connected with new global theory of Earth's evolution took part in the conference.

- Kazmin V. G., Natapov L. M.
A VIEW AT THE GEOLOGICAL PAST OF THE EURO-ASIAN CONTINENT (16)

- Muravjev K. G.
HYDROTHERMAL ORES OF THE OCEAN GROUND (19)

- Levin L. E.
OIL AND GAS CONTENT OF DEEP SEA HOLLOWES OF THE WORLD OCEAN (24)

- Yudin V. V.
THE NEW MODEL OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE CRIMEA (28)

- Gorodnitsky A. M.
«NOTHING BUT ARDOR PASSION» (31)

RESONANCE

- 35** Krasnov I. I.
ABOUT THE MILANKOVICH'S THEORY

- Pomeranetz K. S.
ABNORMAL HYDROMETHEOROLOGICAL PHENOMENA IN S.-PETERSBOURG

- 36** «PILLOWS» FOR EXTREME CONDITIONS

Plants of different taxonomic groups adapting severe life conditions slow down their growth remaining dwarfs for hundred and even thousand years. They actively branch, blossom and begin to look like pillows in due course.

- Khokhryakov A. P.
ACTIVE BUT NOT PASSIVE LIFE FORM (36)

- Popov K. P., Seifullin E. M.
PILLOW-LIKE PLANTS IN MIDDLE ASIA (42)

- 45** Odintsova Ye. A.
THE ORIGIN OF EMERALDS

Physico-chemical analysis of mineral paragenesis has revealed what geochemical conditions are suitable for forming of the precious variety of the beryl — the emerald.

- 54** THE JUPITER AND THE COMET
Klumov B. A., Kondaurov V. I.,
Konyukhov A. V., Medvedev Yu. D.,
Sokolsky A. G., Utyuzhnikov S. V.,
Fortov V. E.
THE COMET FALLS DOWN: WHAT SHALL WE SEE? (54)

- Byalko A. V.
AWAITING... (57)

- 60** NEWS FROM THE EXPEDITIONS
Okladnikov N. A.
PORTAGE TO PUSTOZERSK

The not numerous group of participants of the historical and geographical expedition «Ushkuiniki» traveled the most ancient route to the Pechora not long ago which became very difficult for both people and boats.

- 66** Kiselev L. L., Abelev G. I., Kiselev F. L.
«LIKE CYRANO DE BERGERAC HE COULD BE PROUD WITH THE WHITE PLUME OF HIS BATTLE HELMET» TO THE CENTENARY OF L. A. ZILBER'S BIRTHDAY

The fate of L. A. Zilber — brilliant scientist and outstanding personality is an example of the fact how the strength of mind overcomes all the external circumstances.

- 85** SCIENCE NEWS (53)

BOOKS REVIEWS

- Zdorik T. B.
95 A USUAL WONDER

Судьба фундаментальной науки в России

А. Л. Бызов



Алексей Леонтьевич Бызов, член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией обработки информации в сенсорных системах Института передачи проблем информации РАН. Область научных интересов — нейрофизиология сенсорных систем, в частности зрения (сетчатки). Лауреат премии им. И. М. Сеченова АН СССР (1967 г.). Член редколлегии журнала «Природа».

ТЯЖЕЛОЕ положение науки в России беспокоит многих. Оно обсуждается в широкой печати и оценивается по-разному. Глубоко пессимистические выводы — у нашей науки вообще нет будущего — сменяются умеренно оптимистическими — все-таки есть возможность кое-что делать. При этом обычно вопрос сводится к финансированию, которого катастрофически не хватает не только на оборудование, реактивы, экспедиции и т. д., но даже и на гарантированную мизерную зарплату. Однако дело не только в финансировании. Глубокие, не всегда предсказуемые социально-политические процессы в стране заново поднимают вопрос о месте и роли науки в обществе. Поэтому представляется уместным высказать некоторые соображения о прошлом и настоящем нашей науки, которые было бы полезно принять во внимание при ее организации и финансировании.

Состояние в академической науке (за исключением учреждений ВПК) стало ухудшаться давно, в течение десятилетий. Сокращалось финансирование, снижалась материальная обеспеченность ученых, нарастали трудности с получением оборудования, реактивов, особенно импортных, ощущался недостаток научной информации. Систематически ухудшался научный состав академии и академических учреждений за счет «разбавления» ученых чиновниками и деятелями всех рангов, а в самое последнее время из-за их отъезда за рубеж (на время или навсегда) или перехода в коммерческие структуры. Отмечается и другая тенденция. Во многих разделах науки, например физиологии, почти не обновляется ведущий научный состав — руководители лабораторий и групп, которые, собственно, и представляют лицо науки. В 60-е годы в физиологию пришли специалисты разных направлений, в том числе физики, математики, инженеры. Именно они занимают сейчас ведущие позиции, но сегодня им уже

за 50, а новых ярких личностей мало. Что-то неладно с обновлением творческого потенциала в науке, и этот процесс имеет более глубокие корни, чем финансовые беды последних лет.

В то же время наша фундаментальная наука в целом сохраняет достойные позиции в мире. Это стало особенно очевидным в последние годы в связи с массовыми поездками наших ученых за рубеж. Нарасхват не только атомщики и математики. Казавшаяся некоторым отсталой биология пришла весьма ко двору во многих лабораториях мира. Речь не только о молекулярных биологах, владеющих современными западными технологиями, но о широком спектре биологических специальностей. Вероятно, именно это обстоятельство заставляет некоторых авторов опасаться «обезглавливания» науки в России.

Спрашивается, почему Запад так охотно принимает научную эмиграцию из бывшего СССР? Какую-то роль играли и играют благотворительные мотивы, но главное, несомненно, в другом. Причина привлекательности наших ученых, я думаю, не столько в высоком рейтинге отдельных разделов науки, сколько в оригинальности, независимости мышления как при выборе направлений исследования, так и в подходах к решению конкретных задач. Вряд ли источник оригинальности — в каких-то особых природных качествах россиян, скорее в своеобразной обособленности нашей науки. Но не в смысле достаточной научной информации (у нас обычно знают мировую литературу не хуже или даже лучше своих зарубежных коллег), скорее в том, что мы, образно говоря, не стояли в одних и тех же очередях за деньгами.

Приведу два примера. Лет 20 назад американские коллеги, гостившие в нашей лаборатории, поинтересовались, кто нам предписывает заниматься именно тем, а не другим. Отвечаем: план. А откуда план? Да от нас же самих. Гости удивились и искренне позавидовали. В этом диалоге, тривиальном для большинства академических институтов, не связанных спецзаказами, отражена ключевая мысль: мечта любого серьезного исследователя — самому планировать дальнейшие шаги и направления, вне зависимости от финансирующих органов. Рискую навлесть упреки в консерватизме, хочу сказать, что именно эта часто высмеивавшаяся особенность организации нашей науки («удовлетворение своей любознательности за государственный счет») служит главной предпосылкой ее своеобразия, оригинальности и силы. Ее сравнивают с идеа-

лизируемой у нас системой финансирования через гранты. В недавнем разговоре молодой и сильный американский ученый выразился так: мы как овцы, которые бегут туда, где кормят. Действительно, система грантов, как она выглядит на Западе, даже при полной объективности рассмотрения и рецензирования, имеет кардинальный недостаток: унифицирование интересов и оценок, их причисление под моду, трудность выйти из общего потока. Это как с изобретениями: если есть прототип, заявка легко пройдет, но принципиально новые идеи провести почти невозможно.

В широком обсуждении причин тяжелого положения в академической науке и способов выхода из него, на мой взгляд, недостает главного — общего понимания места фундаментальной науки в обществе и, соответственно, желательных целей преобразований. Настойчивые попытки определить науку как первое звено в цепи «наука — техника — производство» (НТП) игнорируют главный смысл науки — познавать мир. Конечно, научно-технический прогресс невозможен без серьезной науки, но чрезмерным прагматизмом мы программируем ее отставание — на коротком поводке НТП далеко не уедешь. Между тем науку пытаются вести именно на таком коротком поводке. Основной правительственный (Министерства науки) тезис: мы не можем финансировать все, нужно выделить приоритетные направления. Однако эти приоритеты, как правило, носят выраженный прикладной характер. Забирая львиную долю и без того скудных средств, они обрекают многие высококласные исследования и целые разделы науки на прозябание или даже вымирание.

Наука как совокупность знаний о мире составляет важную часть культуры общества. В то же время современная наука служит мощной основой развития производительных сил. Именно поэтому фундаментальная наука тем нужнее любому обществу, чем оно больше развито. Сознательно игнорируя политические аспекты настоящего времени и недавнего прошлого, я бы так сформулировал основную цель организации науки: создание наиболее благоприятных условий для ее сохранения и свободного развития у нас в стране. Кстати, это позволило бы обратить наши сегодняшние беды на пользу. Например, проблема утечки умов. Какая-то часть ученых, уехавших за рубеж, не вернется — дань завоеванной свободе. Но большинство работающих сейчас за границей наших ученых, я уверен, вернулись бы при создании нор-

мальных условий для работы. Одновременно многие зарубежные ученые хотели бы поработать у нас — тому и сейчас много примеров. Очевидно, мы еще не скоро сможем соблазнять материальными благами, как делает богатая Америка. Наш главный козырь — создание психологически комфортной обстановки для свободной научной работы.

Что для этого необходимо?

Во-первых, базовое бюджетное финансирование всех серьезных исследований. Как уже говорилось, именно относительная независимость научного работника от финансирующего органа делает его свободным в выборе наиболее интересных, с его точки зрения, оригинальных направлений в исследованиях. Конечно, это не исключает получения дополнительных средств через систему грантов, контрактов, договоров. Но это в большей степени должно касаться целевых, прикладных исследований, на которые есть конкретные заказчики. Именно здесь можно формулировать приоритетные задачи.

Во-вторых, организационные решения должны опираться на профессиональное общественное мнение — рейтинг. В течение длительного времени тенденция была обратной — научные оценки все больше заменялись бюрократическими: отчеты, в которых правильность оформления важнее содержания, доклады с обсуждением мероприятий, а не науки, ориентация на личности, занимающие руководящие посты. Эту негативную тенденцию нелегко переломить. Однако, во-первых, полезно уже само согласие в том, что это нужно. Во-вторых, это не так уж и безнадёжно. Ведь остается фактом, что на уровне лабораторий, институтов и даже отделений Академии наук, в общем-то, хорошо известно, кто есть кто с профессиональной точки зрения. Проблема в том, что ученая прослойка, имеющая действительно профессиональное мнение, слишком разбавлена чиновной и административной. Впрочем, в самое последнее время появились весьма обнадеживающие признаки возрождения роли научного рейтинга.

И наконец, необходима своевременная и полноценная научная информация. С этим сейчас дело обстоит очень плохо. Недостаток валюты, да и просто рублей, привел к острому дефициту иностранных изданий, в том числе жизненно необходимой научной периодики. Особенно не оправдано жалкое состояние бюджета ВИНТИ. Этот информационный центр в каком-то смысле уникален, поскольку не про-

сто перепечатывает авторские резюме научных статей, а дает изложение сути работ референтами-специалистами. Можно обсуждать и ругать качество таких рефератов. Но при почти повсеместном отсутствии оригиналов статей рефераты ВИНТИ — единственный источник научной информации и хороший «наводчик». Однако материальная база ВИНТИ в плачевном состоянии, квалифицированные референты из-за низкой оплаты труда разбегаются, и объем проходящей зарубежной информации из года в год сокращается.

Эта статья была написана более полутора лет назад. По каким-то причинам она не была напечатана ни в «Известиях», куда предназначалась, ни в других газетах. С тех пор, хотя положение с базовым финансированием фундаментальной науки изменилось мало, наметились некоторые положительные тенденции, дающие основания для оптимизма.

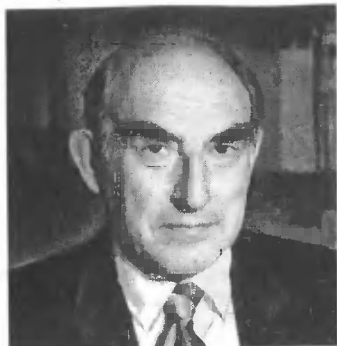
Создан Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ), который функционирует уже год. Правда, выделяемые ему средства составляют лишь небольшую часть от прямых бюджетных ассигнований на фундаментальную науку. Однако он дает возможность целенаправленно поддерживать исследователей с высоким научным потенциалом, т. е. появилась наконец возможность опираться в административных (финансовых) решениях на мнение научной общности (в лице рецензентов). Кстати, объективность оценок со стороны РФФИ подтверждена фактом существенного перекрытия проектов, одобренных этим фондом и Фондом Сороса, пользовавшегося международным рецензированием.

Все больше начинают работать международные или двусторонние проекты и программы, направленные на поддержку науки в России и других составных частях бывшего СССР. Но это не благотворительные проекты, а деловые, взаимовыгодные. Их обязательное условие — заинтересованность западной стороны в сотрудничестве. А для такой заинтересованности, как уже говорилось, имеются основания.

Все это приближает организацию науки в России к западным образцам, и в этом много положительного. Однако было бы неоправданным потерять при этом свое лицо, а оно, как я пытался показать в этой статье, есть и определяется именно организационной стороной академической, вузовской и любой другой фундаментальной науки в нашей стране.

Высокотемпературная сверхпроводимость

В. Л. Гинзбург



Виталий Лазаревич Гинзбург, академик, советник РАН в Физическом институте им. П. Н. Лебедева РАН. Научные работы посвящены электродинамике, физике элементарных частиц, оптике, теории конденсированных сред, физике плазмы, радиофизике, радиоастрономии, астрофизике. Один из создателей феноменологической теории сверхпроводимости (теория Гинзбурга — Ландау) и феноменологической теории сверхтекучести (теория Гинзбурга — Питаевского). Лауреат Ленинской премии и Государственной премии СССР. Иностранский член Национальной академии наук США, Лондонского королевского общества, Датской академии наук, других академий и обществ. Неоднократно публиковался в «Природе».

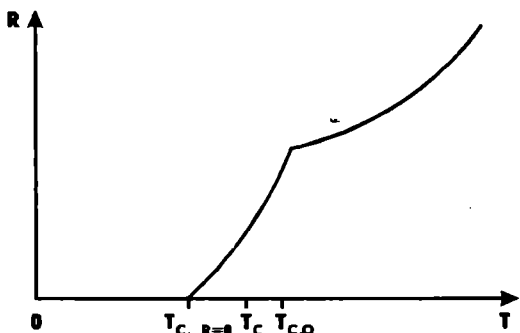
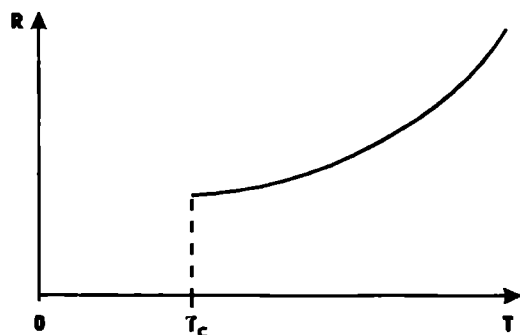
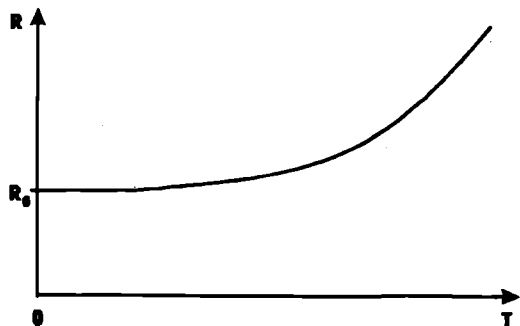
ПОЗАВЧЕРА

Сверхпроводимость была открыта в 1911 г. У первого обнаруженного сверхпроводящего вещества — ртути — сопротивление обращалось в ноль при температуре T_c (ее принято называть критической), равной 4,15 К. У свинца, сверхпроводимость которого была обнаружена в 1913 г., $T_c = 7,2$ К; у большинства элементов T_c ниже, чем у свинца и ртути. В 1954 г. было выяснено, что для интерметаллического соединения Nb_3Sn $T_c = 18,3$ К и, наконец, в 1973 г. была найдена рекордная вплоть до

1986 г. критическая температура $T_c = 24$ К для Nb_3Ge . Соединения типа Nb_3Sn и, вообще, обладающие сравнительно высокой критической температурой, скажем превосходящей 10—15 К, иногда называли высокотемпературными сверхпроводниками. Но такая терминология совсем уж устарела. Сейчас высокотемпературными называют сверхпроводники, открытые после 1986 г., с $T_c > 20$ —30 К. Так и будем поступать, хотя более рациональным, возможно, было бы именовать высокотемпературным лишь материал с $T_c > T_{b, N_2} = 77,4$ К, где T_{b, N_2} — температура кипения жидкого азота при атмосферном давлении.

Природа сверхпроводимости оставалась неясной до 1957 г., когда была построена теория БКШ, называемая так по фамилиям ее авторов — Дж. Бардина, Л. Купера и Дж. Шриффера.

Нельзя объять необъятное, констатировал Козьма Прутков. Поэтому мы начнем пояснять теорию БКШ не для более или менее общего случая, а для металлов, в которых электроны проводимости слабо взаимодействуют с кристаллической решеткой и другими («связанными») электронами. Такая ситуация имеет место для легких элементов, например алюминия с $T_c = 1,18$ К. При слабой связи электроны проводимости в первом приближении можно считать почти свободными, т. е. идеальным электронным газом. Они обладают спин- $1/2$ и являются фермионами, подчиняясь статистике Ферми—Дирака. Это значит, что в каждом квантовом состоянии могут находиться не более двух электронов, отличающихся направлением спина. При абсолютном нуле свободные электроны занимают все нижние по энергии места вплоть до некоторого максимального импульса — импульса Ферми P_F (ему отвечает энергия Ферми $E_F = P_F^2/2m$). Импульс электрона может иметь любое направление, и поэтому максимальное значение импульса достигается на поверхности сферы радиусом P_F . Такая сфера, а в общем случае некоторая сложная поверхность, ограничивающая занятые электронами состояния (с $P < P_F$) от свободных (с $P > P_F$), называется поверхно-



Изменение электрического сопротивления R с температурой T для несверхпроводящего металла (вверху), идеального сверхпроводника (в середине) и реального сверхпроводника (внизу).

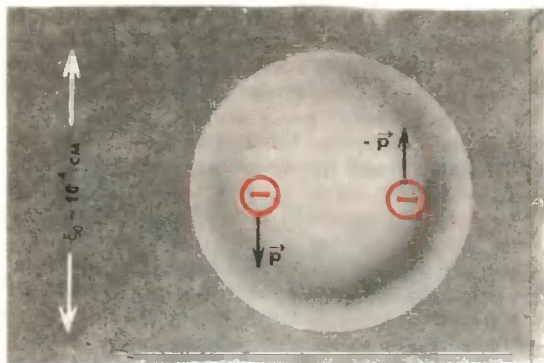
Для металлов-несверхпроводников их электрическое сопротивление R уменьшается с понижением температуры и при $T \rightarrow 0$ стремится к некоторому пределу R_0 , называемому остаточным сопротивлением. У сверхпроводников же при критической температуре T_c сопротивление обращается в нуль. В чистом и совершенном («идеальном») металле переход весьма резок. Но в реальных условиях при наличии неоднородностей и т. п. переход иногда сильно растянут по температуре — начинается при некоторой температуре $T_{C,0}$ (c — critical, o — onset — начало). В таких случаях либо указывают значение $T_{C,0}$, либо под T_c понимают некоторую температуру, при которой, скажем, сопротивление упало наполовину, либо, наконец, приводят температуру $T_{C,R=0}$, при которой сопротивление в пределах достигнутой точности измерений равно нулю.

стью Ферми (для несферической поверхности Ферми на ней постоянна энергия Ферми E_F и занятыми при $T=0$ оказываются все состояния с энергией $E < E_F$).

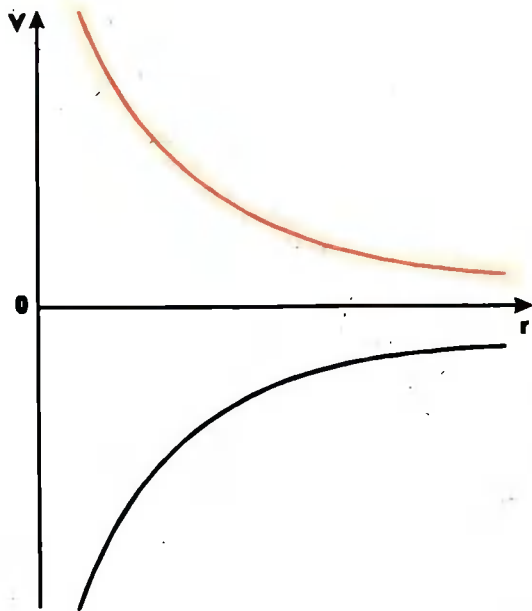
Фактически даже при слабой связи ситуация сложнее. Слабой ведь считается связь электронов проводимости с кристаллической решеткой (т. е. с ионами, образующими эту решетку) и со «связанными» электронами (т. е. с электронами, отличными от рассматриваемых электронов проводимости). Но сами электроны проводимости взаимодействуют между собой по закону Кулона, причем это взаимодействие не является слабым — в металлах оно порядка кинетической энергии электронов $E_F = p_F^2/2m$. Таким образом, электроны проводимости образуют не газ, а жидкость. Ее называют ферми-жидкостью (речь идет о низких температурах). Однако, как следует из экспериментальных данных и было показано Л. Д. Ландау в 1956—1958 гг., в хорошем приближении ферми-жидкость ведет себя подобно газу. Поэтому мы будем говорить об электронном газе, как и поступали вначале в теории БКШ.

Допустим, что электроны, находящиеся вблизи поверхности Ферми, отталкиваются друг от друга. Тогда качественно ничего не изменится по сравнению со случаем газа, и на этом, собственно, основана теория ферми-жидкости. Совсем другая ситуация имеет место в случае слабого притяжения между электронами вблизи поверхности Ферми. Тогда, как оказывается, картина меняется уже качественно. Именно электроны с противоположными импульсами и спинами слипаются в «пары», образуя как бы одну частицу с нулевыми спином и импульсом. Образование таких пар (их называют куперовскими) само по себе не удивительно. Например, электрон и позитрон притягиваются друг к другу и образуют «пару» — атом позитрония. Но два свободных электрона или два позитрона отталкиваются и пар не образуют. Специфика электронов, находящихся вблизи поверхности Ферми, состоит в том, что они образуют связанные пары даже при очень слабом притяжении, при котором в вакууме пары не образовались бы (в этом случае для связи притяжение должно быть достаточно сильным). Главное же, почему вообще два электрона могут притягиваться — известно ведь, что в вакууме они как одноименные заряды отталкиваются. Ответ здесь заключен в самом вопросе — речь же не идет о притяжении в вакууме, притяжение может происходить лишь в среде (в металле). Наличие среды — кристаллической ре-

*) Аналогия с паром Мисси-31-на



Схематическое изображение куперовской пары электронов, у которых спины направлены в противоположные стороны: p — импульсы электронов, ξ_0 — характерный размер куперовской пары в чистых сверхпроводниках I рода.



Энергия взаимодействия V электронов в вакууме (цветная кривая) и в среде с $\epsilon < 0$. Чтобы возможность притяжения между электронами стала более ясной, напомним, что, согласно закону Кулона, энергия взаимодействия двух частиц (электронов) с зарядом e в вакууме есть $V = e^2/r$, где r — расстояние между частицами. При сближении зарядов энергия возрастает, и им приходится как бы взбираться на гору

(цветная кривая). В среде $V = \frac{e^2}{\epsilon \cdot r}$, где ϵ — диэлектрическая проницаемость среды. Если $\epsilon < 0$, то имеет место притяжение — при сближении зарядов энергия их взаимодействия уменьшается, они как бы катятся с горы. Отрицательные значения ϵ в принципе вполне возможны.

шетки (т. е. ионов), а также других («связанных») электронов — как раз и может привести к тому, что энергия взаимодействия двух электронов проводимости окажется отрицательной, что отвечает притяжению.

Спин куперовской пары (сумма спинов $1/2$ и $-1/2$) равен нулю. Но частицы, в том числе составные, с целым спином подчиняются уже не статистике Ферми — Дирака, а статистике Бозе — Эйнштейна. Это означает, что такие частицы — бозоны — «любят» находиться в одинаковых квантовых состояниях, это им «нравится» (для статистики Ферми — Дирака ситуация прямо противоположная). Ярким проявлением статистики Бозе — Эйнштейна является своеобразная конденсация: при достаточно низкой температуре, когда кинетическая энергия частиц мала, они начинают скапливаться на низшем энергетическом уровне. Скопившиеся на нем частицы образуют так называемый бозе-эйнштейновский конденсат, который может течь без трения, т. е. обладает свойством сверхтекучести. Именно так объясняется сверхтекучесть жидкого гелия (речь идет об изотопе ^4He). Сверхпроводимость — это сверхтекучесть заряженной жидкости (в случае металлов — электронной жидкости). Отсюда ясно, что бозе-эйнштейновская конденсация куперовских пар приводит к сверхпроводимости. Фактически в обычных, невысокотемпературных, сверхпроводниках размер куперовских пар довольно велик — до 10^{-5} см. Среднее же расстояние между парами меньше, ибо в типичном металле среднее расстояние между электронами $(3-10) \times 10^{-8}$ см. Таким образом, трудно говорить об отдельных парах — на самом деле имеет место некий коллективный эффект, конденсация электронов типа бозе-эйнштейновской. Такова основа микроскопической теории сверхпроводимости БКШ.

Чтобы разорвать пару на два электрона, нужно затратить некоторую энергию $2\Delta(T)$. Эта энергия, или, как говорят, величина щели, зависит от температуры T (множитель 2 пишут для удобства — тогда Δ есть энергия связи одного электрона в паре). В теории БКШ $2\Delta(0)k_B T_c = 3,52$ (здесь $k_B = 1,38 \times 10^{-16}$ эрг · К $^{-1}$ — постоянная Больцмана и $\Delta(0) \equiv \Delta(T=0)$ — отнесенная к одному электрону щель при $T=0$). Это соотношение для ряда обычных сверхпроводников хорошо выполняется. Согласно теории БКШ,

$$T_c = \theta^{-1/\lambda}.$$

Здесь θ — некоторая температура, характеризующая ту область энергий вблизи

поверхности Ферми, в которой имеет место притяжение между электронами (притягиваются только электроны, близкие к поверхности Ферми, — этого достаточно для образования соответствующих пар). Далее, λ — некоторое эффективное значение силы взаимодействия (притяжения) между электронами. Наконец, приведенное соотношение (формула БКШ) справедливо лишь для слабой связи, когда $\lambda \ll 1$.

В оригинальной теории БКШ (1957 г.) сразу же принималось, что притяжение между электронами обусловлено их взаимодействием с ионной (кристаллической) решеткой, иными словами, с фононами¹. На квантовом языке взаимодействие двух электронов за счет связи с решеткой сводится к обмену фононами. Но энергия фононов ограничена — по порядку величины она может быть не больше $k_B \theta$. Поэтому довольно естественно, что T_c в случае электрон-фононного взаимодействия пропорциональна θ_D , т. е. для такого механизма в формуле БКШ $\theta \approx \theta_D$.

Теория БКШ со слабой связью не только объяснила механизм сверхпроводимости в принципе, но в ряде случаев (в частности, когда связь действительно слаба) оказалась в количественном согласии с экспериментом.

ВЧЕРА

До создания теории БКШ нельзя было ничего сказать и о возможных максимальных значениях T_c . Просто констатировалось, что, несмотря на все усилия, для известных веществ $T_c \leq 20$ К. Теория БКШ позво-

¹ В кристалле (решетке) могут распространяться звуковые волны. Отвечающая им длина волны может принимать различные значения — от длины порядка размеров самого тела до длины $\Lambda_{\min} \sim a$, где a — межатомное расстояние. Частота волн $\nu = u/\Lambda$, где u — скорость звука. Для твердых тел $a \sim 3 \cdot 10^{-8}$ см, $\Lambda_{\min} \sim a \sim 3 \cdot 10^{-8}$ см и соответствующая максимальная циклическая частота $\omega_{\max} = 2\pi\nu_{\max} = \frac{2\pi u}{\Lambda_{\min}} \sim 10^{13}$, поскольку

скорость звука в металле $u \sim 10^5$ см/с. В квантовой картине волнам отвечают частицы (квазичастицы), в случае звука их называют фононами (в отличие от квантов света — фотонов). Очевидно, максимальная энергия фононов в решетке равна $\hbar\omega_{\max}$. Спектр фононов в теле характеризуется их дебаевской температурой θ_D , которая по порядку величины равна $\frac{\hbar\omega_{\max}}{k_B}$. Согласно этой оценке, $\theta_D \sim$

$\frac{\hbar\omega_{\max}}{k_B} \sim 10^{11} \omega_{\max} \sim 100$ К, если принять $\omega_{\max} \sim 10^{13}$ с⁻¹. Но фактически у разных тел частоты $\omega_{\max}$ различны, да и значения θ_D меняются в довольно широких пределах. Количественно θ_D определяется из измерений температурного хода теплоемкости. Для алмаза $\theta_D = 2250$ К, для алюминия 433 К, для свинца 105 К, для ртути 72 К и т. д.

Вопрос в принципе понять, почему значения T_c , вообще говоря, невелики. В самом деле, в приведенной формуле БКШ фигурирует экспоненциальный множитель $e^{-1/\lambda}$. Поэтому даже при высокой дебаевской температуре θ_D будет получаться малое значение T_c . Например, при $\theta_D = 500$ и $\lambda \leq 1/3$ температура $T_c \leq 500 e^{-3} = 25$ К. Вплоть до 1986 г. эта, пусть примитивная, оценка находилась в согласии с опытом и многими, видимо, удовлетворяла.

Вопрос о том, нельзя ли все же получить более высокие значения T_c , насколько нам известно, не задавался вплоть до 1964 г., когда его поставили В. Литтл и автор настоящей статьи, начавшие обсуждать так называемый экситонный механизм сверхпроводимости. Суть его состоит в замене фононов, обмен которыми обеспечивает притяжение между электронами при фононном механизме сверхпроводимости — экситонами. Под последними в данном случае понимаются возбуждения в твердом теле, имеющие электронную природу (т. е. существующие и при закрепленных, или, что то же, при очень тяжелых ионах в решетке) и не связанные со спином. Такими экситонами являются, по сути дела, хорошо известные плазменные волны и отвечающие им в квантовой картине плазмоны. Однако обмен плазмонами к сверхпроводимости не приводит. Но могут существовать и другие экситоны с характерной энергией $E_{\text{экс}} = k_B \theta_{\text{экс}}$, причем $\theta_{\text{экс}}$ может существенно превосходить дебаевскую температуру θ_D . На это и делается расчет — в формуле БКШ для экситонного механизма $\theta \approx \theta_{\text{экс}}$. На другом физическом языке можно сказать так: при фононном механизме диэлектрическая проницаемость $\epsilon < 0$ за счет обмена фононами, а при экситонном — за счет обмена экситонами.

Возможна ли в реальных условиях, и каких именно, подобная ситуация? Это сложный вопрос, достаточно полный ответ на который не получен до сих пор. Для его исследования и всей проблемы высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП) в начале 70-х годов в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР (теперь Российской АН) была создана специальная теоретическая группа. Плодом ее работы стала коллективная монография «Проблема высокотемпературной сверхпроводимости»². До открытия ВТСП в 1986 г.

² Проблема высокотемпературной сверхпроводимости / Под ред. В. Л. Гинзбурга и Д. А. Киржница. М., 1977. В 1982 г. в США вышел английский перевод книги.

она оставалась единственной во всей мировой литературе книгой, посвященной ВТСП. В ней был сделан вывод, что нет (или, по крайней мере, не видно) никаких ограничений на значения T_c , меньшие, скажем, 300 К, и указано на возможное преимущество слоистых соединений. Были рассмотрены также возможности создания ВТСП не только на пути использования экситонного механизма. Вместе с тем и сегодня нельзя дать конкретных указаний, какие соединения нужно выбрать для получения ВТСП. Поэтому высокотемпературные сверхпроводники были открыты в 1986—1987 гг. не на основе использования теории.

В 1986 г. Дж. Беднорц и К. Мюллер обнаружили сверхпроводимость с $T_c \sim 30$ —40 К для соединения $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ в виде керамики³, а в 1987 г. группа физиков во главе с П. Чу получила материал $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ с $T_c \sim 80$ —90 К $> T_{b, N_2}$. Родилась сенсация, нашедшая отражение даже в газетах, не говоря уже о физических журналах. С тех пор широкомасштабные исследования ВТСП проводятся во многих странах. Так, например, в 1989, 1990 и 1991 гг. публиковалось примерно по 5 тыс. сообщений по ВТСП в год, что соответствует появлению 15 статей в день. Для сравнения: с 1911 по 1970 г. по сверхпроводимости было опубликовано всего около 7 тыс. статей⁴. В общем, темп работы в области сверхпроводимости вырос во много десятков раз. О масштабах исследований говорят и такие данные. На последней к настоящему времени большой конференции по ВТСП, проходившей в г. Канавава (Япония) в июле 1991 г., было представлено около 1500 докладов, опубликованных в четырех томах с общим объемом более 2700 страниц.

И вот, несмотря на все сказанное, высокотемпературные сверхпроводники никак нельзя считать хорошо изученными. Причин тому несколько. Во-первых, исследовалась, особенно вначале, керамика, т. е. поликристаллы. Разумеется, физические свойства и характеристики монокристалла на таких образцах выяснить трудно, а иногда и невозможно. Во-вторых, все открытые

Некоторые высокотемпературные сверхпроводники

Соединение	Критическая температура, К
$\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$	≈ 38
$M = \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}$	при $x \approx 0.15$
$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (123)*	92
$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+4}$	
$n = 1$ (2201)	10
$n = 2$ (2212)	85
$n = 3$ (2223)	110
$\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+4}$	
$n = 1$ (2201)	85
$n = 2$ (2212)	105
$n = 3$ (2223)	125

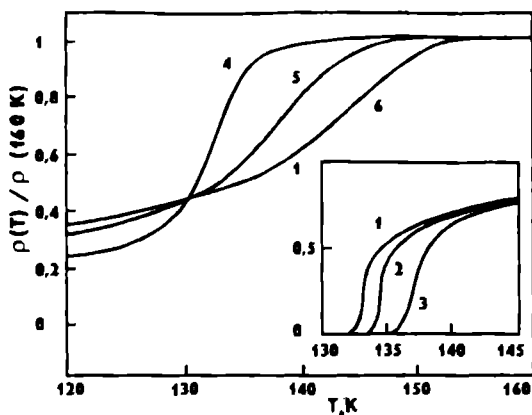
*Иттрий (Y) можно без существенного изменения T_c заменить на La, Nd, Sm, Eu, Ho, Er, Im и Lu.

ВТСП (за исключением $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$ и фуллеритов, упоминаемых ниже) представляют собой слоистые соединения, которые сильно анизотропны и имеют довольно сложную структуру. В-третьих, свойства наиболее изученного иттриевого ВТСП $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ (именуемого также YBCO или 123) и других ВТСП сильно зависят от количества кислорода, т. е. от величины x . Так, при $x < 0,4$ YBCO вообще лишен способности терять сопротивление, а максимальное значение $T_c = 94$ К достигается при $x = 0,97$. Но при $x = 1$ T_c уже равно 92 К, а с дальнейшим ростом x она падает. Количество кислорода контролировать, вообще говоря, трудно, и образцы часто оказываются весьма неоднородными. По всем этим причинам, как уже отмечалось, «чистых» экспериментальных данных о ВТСП, полученных на монокристаллах, не так уж много (см. таблицу). В качестве дополнения к ней заметим, что не содержащее медь вещество $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$ является кубическим кристаллом; для него при $x \approx 0,4$ температура $T_c \approx 30$ К. Сверхпроводят и кубические фуллериты K_3C_{60} ($T_c = 19$ К), Rb_3C_{60} ($T_c = 29$ К) и другие.

Некоторые характеристики ВТСП сильно отличаются от типичных для обычных сверхпроводников, где, например, обычно неплохо соблюдается вывод БКШ о том, что $2\Delta(0)/k_B T_c = 3,52$. Для ВТСП же такое отношение достигает 5—8. По этой и некоторой иной причине, ясной из дальнейшего, широко распространилось мнение о том, что природа ВТСП отлична от той, которая описывается теорией БКШ, и в частности

³ Для соединения $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$, изученного в 1987 г., $T_c \approx 36$ К. Любопытно, что это соединение еще ранее было получено и исследовано в СССР (И. С. Шаплагин, Б. Г. Кахан, В. Б. Лазарев // Журн. неорг. химии. 1979. Т. 24. С. 1478). Однако авторы не искали сверхпроводимости этого соединения при $T < T_{b, N_2} = 77,4$ К и тем самым не обнаружили ее. Так они упустили Нобелевскую премию по физике, присужденную в 1987 г. Беднорцу и Мюллеру за открытие ВТСП.

⁴ Сверхпроводимость. Библиографический указатель 1911—1970 гг. М., 1973.



Относительное сопротивление соединения $\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8+2}$ при различных значениях давления: 1 — атмосферное давление; 2 — давление 5,6 кбар; 3 — 17,1 кбар; 4 — 10 кбар; 5 — 50 кбар; 6 — 150 кбар (1, 2, 3 — гидростатическое давление; 4, 5, 6 — квазигидростатическое давление).

(или кроме того), электрон-фононное взаимодействие не играет в ВТСП особой роли. Нужно подчеркнуть, что в подобной позиции нет ничего крамольного. Уже давно ясно, что сверхпроводимость и сверхтекучесть могут иметь различную природу, за них могут быть ответственны разные механизмы. Так, сверхтекучесть распространённого изотопа гелия ^4He (такой сверхтекучий гелий называют гелием II) связан с бозе-эйнштейновской конденсацией атомов ^4He , являющихся бозонами. При этом критическая температура, именуемая в этом случае λ -точкой, равна 2,17 К. Редкий изотоп гелия ^3He представляет собой фермион — имеет полуцелый спин и подчиняется фермистатистике. Жидкий ^3He при температурах порядка 1 К еще не сверхтекуч, он становится сверхтекучим лишь при милликельвинах. Таково яркое проявление роли статистики. Сверхтекучесть в ^3He не наступает, грубо говоря, по схеме БКШ — атомы ^3He образуют пары, которые и становятся сверхтекучими. При этом спаривание происходит в результате спиновых эффектов. Сверхтекучей оказывается и нейтронная жидкость в нейтронных звездах, а протонная жидкость в них сверхпроводит. В этих случаях пары образуются в результате ядерного взаимодействия.

Отметим, что незадолго до создания теории БКШ М. Шафрот предложил такую модель сверхпроводимости металлов: электроны образуют маленькие (локальные) пары и затем в результате бозе-эйнштейновской конденсации становятся сверхпроводящими. Радикальное отличие этой модели от моде-

ли БКШ в том, что в схеме Шафрота электроны спариваются еще при температуре T , большей T_c , и, как сказано, пары малы. В модели же БКШ пары большие, сильно перекрываются и выше T_c в равновесном состоянии не существуют. Как уже упоминалось, образование пар может происходить за счет обмена фононами или экситонами. Аналогичную роль может играть обмен спиновыми волнами — магнонами. Итак, вариантов немало. Нужно выбрать между ними, что возможно лишь на основе использования экспериментальных данных, сравнения их с теорией.

СЕГОДНЯ

По сути дела, именно так, сравнивая теорию с опытом, всегда и поступали, причем многие пришли к выводу о несогласии опытных данных по ВТСП с теорией БКШ при фононном механизме образования пар. Однако такой вывод оказался слишком поспешным, как показали сотрудники ФИАН Е. Г. Максимов, О. В. Долгов и их соавторы. Они пришли к заключению, что при последовательном применении теории БКШ с сильной связью все известные данные о ВТСП в пределах достигнутой точности экспериментов и их обработки можно объяснить, причем на основе только фононного механизма.

Здесь необходимо сделать несколько пояснений.

Теория БКШ с сильной связью, вообще говоря, не новость — ее основы были заложены Г. М. Элиашбергом в 1960 г. При этом, однако, по сравнению с теорией БКШ при слабой связи расчеты сильно усложняются и, кроме того, нужно использовать богатый, часто отсутствующий экспериментальный материал. Конкретно, нужно знать, например, плотность распределения F колебаний в кристалле по частотам ω . В $F(\omega)$ вносят вклад как фононы, так и экситоны. При этом фононная часть $F(\omega)$ может быть выявлена по рассеянию нейтронов, которое нечувствительно к колебаниям легких электронов.

К сожалению, мы не имеем возможности сколько-нибудь подробно осветить здесь вопросы о сильной связи вообще и в применении к ВТСП в частности. Ограничимся лишь несколькими замечаниями.

В случае слабой связи подсистемы, такие как электроны проводимости и фононы в решетке, время от времени взаимодействуют, частицы сталкиваются, но в целом сохраняют свою индивидуальность. При сильной же связи столкновения как бы

происходят непрерывно, нет свободных электронов и фононов — существует некоторая электронно-фононная смесь, жидкость. Положение в общем аналогично переходу от газа частиц к обычной жидкости. В неплотном газе атомы большую часть времени движутся свободно и время столкновения мало по сравнению с временем свободного пробега. С увеличением же плотности оба эти времени приближаются одно к другому, и в очень плотном газе и в жидкости атомы уже не могут свободно перемещаться. Нужно отметить, что в исследуемых случаях теории БКШ с сильной связью эта связь все же не очень сильная, скорее, она промежуточная, когда $\lambda \sim 1$, например, $\lambda = 2$ или $\lambda = 3$. Поэтому об электронах и фононах говорить все же можно. Но при этом, конечно, использовать формулу БКШ, пригодную при $\lambda \ll 1$, уже нельзя, хотя все же удается получить некоторое относительно простое выражение для T_c . В самом грубом приближении оно имеет вид

$$T_c = \theta e^{-\frac{1+\lambda}{\lambda}}.$$

Разумеется, при $\lambda \ll 1$ приведенная формула переходит в формулу БКШ. Важно, что параметры θ и λ выражаются через измеримые, в принципе, величины, в частности через плотность состояний $F(\omega)$. Если, например, $\lambda = 2$, то $T_c = \theta e^{-3/2} \approx \frac{\theta}{4,48}$ и при $\theta = 500$ К уже $T_c \approx 110$ К, а не $T_c = 25$ К, как при $\lambda = 1/3$. Тот факт, что с ростом λ возрастает и T_c , очевиден уже из самой формулы БКШ и давно известен. Однако в применении к ВТСП это обстоятельство оставалось как-то в тени, поскольку относительно большие значения λ оказались связанными с малостью дебаевской температуры θ_D . Например, свинец относится к сверхпроводникам с сильной связью — для него $\lambda = 1,55$, но $\theta_D = 105$ К. Поэтому по приведенной формуле $T_c = 20$ К вместо наблюдаемого значения $T_c = 7,2$ К. Более точные вычисления, согласно сильной связи, позволяют устранить это противоречие. Важно то, что для обычных сверхпроводников даже с сильной связью (Pb, Hg, $Pb_{0,45}Bi_{0,55}$ и т. д.) никаких больших, «высокотемпературных» значений T_c не получается.

Особенность полученных ВТСП-купратов состоит в том, что у них при сильной связи одновременно значительна и предэкспонента θ . Это θ не есть дебаевская температура, но родственна ей и определяется спектром колебаний в решетке. В купратах значение θ относительно велико,

поскольку жесткость решетки несколько выше, чем у обычных металлов, а наличие легкого атома кислорода повышает частоты и θ (основной изотоп кислорода ^{16}O лишь в 16 раз тяжелее водорода 1H , в то время как изотоп ^{207}Pb тяжелее водорода в 207 раз). Тот факт, что наличие более легких атомов приводит к повышению T_c , особенно ясен в силу существования так называемого изотопического эффекта⁵.

Итак, для известных ВТСП с $T_c \sim 100$ К такие значения T_c вполне могут иметь место при фононном механизме взаимодействия. Максимов, Долгов и др. показали также, и это особенно важно, что и все другие особенности известных ВТСП вполне совместимы с фононным механизмом⁵. Но это еще не означает, что именно такой механизм преобладает во всех известных ВТСП — для такого утверждения еще недостаточно точных экспериментальных данных. Речь, таким образом, идет лишь о возможности, но и это большой шаг вперед по сравнению с мнением, доминировавшим еще два года назад.

В заключение раздела «Сегодня» приведем экспериментальные данные на начало декабря 1993 г., касающиеся новых ВТСП. Они относятся к соединению $HgBa_2Co_2Cu_3O_{8+x}$, которое не было помещено в приведенную выше таблицу. Для этого купрата $T_{c0} = 135$ К при атмосферном давлении, а при давлении 150 Кбар $= 150$ тыс. атм. По еще более новым сведениям, для того же соединения при давлении 310 кбар $T_{c0} \approx 164$ К. Таков рекорд для T_c на сегодняшний день⁶. Переход в сверхпроводящее состояние у этого соединения сильно размыт, особенно при высоких давлениях. Это объясняется, видимо, неоднородностью давления. Опыты продолжают, можно надеяться на создание высокого однородного давления, а также замену давления химическими способами, т. е. добавкой каких-то «присадок». Итак, сегодня сверхпроводимость в металлах наблюдается вплоть до 160 К, иначе говоря, рекордное значение T_c сейчас в 6,5 раза выше, чем до 1986 г.

Создание ВТСП вначале породило

⁵ См.: Гинзбург В. Л., Максимов В. Г. // Сверхпроводимость: физика, химия, техника. 1992. Т. 5. № 9. С. 1543.

⁶ В самом конце декабря 1993 г. и в начале января 1994 г. были опубликованы сообщения двух групп французских физиков, работающих в Париже и Гренобле, о наблюдении сверхпроводимости вплоть до значений $T \sim 250 - 270$ К. Ко времени сдачи настоящей статьи в печать (март 1994 г.) эти сообщения подтверждены не были. (См. Physics Today. 1994. February. P. 17.)

большие надежды на различные технические приложения. Однако новые материалы, полученные в первую очередь в виде керамики, оказались «нетехнологичными». Например, хорошую длинную проволоку из них сделать не удастся. Поэтому говорить о широком внедрении ВТСП в технику еще не приходится. Кое-что все же удастся сделать (например, приборы для измерения магнитного поля). Вообще, опыт показывает, что внедрение физики в технику и технологию занимает иногда долгие годы. Поэтому недооценивать потенциальные технические возможности ВТСП-материалов и результаты их физического изучения было бы большой ошибкой.

ЗАВТРА

Что день грядущий нам готовит в области ВТСП, с какой-то достоверностью предсказать, конечно, невозможно. В целом наблюдается известное уменьшение интереса к этой проблеме, что понятно после длительного «бума». Вместе с тем гигантский маховик раскручен, работы ведутся во многих местах, причем в больших масштабах. Поэтому неизбежно появление все новых, в том числе и более совершенных и точных экспериментальных данных. Сравнивая их с теорией, можно будет выяснить механизм сверхпроводимости в ВТСП. Впрочем, этот механизм может в принципе быть различным для разных материалов. Так, для $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$ и фуллеритов (так называют соединения фуллерена C_{60} с другими веществами и, конкретно, сверхпроводящие системы K_3C_{60} , Rb_3C_{60} и некоторые другие) фононный механизм особенно естественен. Для купратов, как мы видели, он также возможен. Однако возможность и действительность — это разные категории, фононный характер сверхпроводимости в купратах еще не доказан. Конкурируют с ним в первую очередь экситонный и спиновый механизмы, а также модель Шафрота, имеющая своих сторонников. В последнем случае решающим является наблюдение присутствия или констатация отсутствия пар уже при $T > T_c$. Пока что непосредственного указания на наличие таких пар, насколько известно, еще нет. Экситонный механизм непосредственно примыкает к фононному, он отличается тем, что в металле играют роль возбуждения (экситоны), не связанные с колебаниями решетки и поэтому не дающие заметного вклада в рассеяние нейтронов.

Важным критерием является максимально достигаемая температура $T_{c, \max}$. Мы видели, что наивные представления о том,

что T_c для фононного механизма порядка 20—40 К неверны. Но все равно фононный спектр ограничен температурой T порядка дебаевской температуры θ_D и даже при сильной связи для купратов значения $T \lesssim 200$ К. Такая оценка получена на основе анализа экспериментальных данных и расчетов. Кстати, если пользоваться приведенной выше простой формулой для T_c в случае сильной связи, то при $\lambda=2$ температура $T_c \lesssim 200$ К получается при весьма высоком значении $\theta \approx 1000$ К. Трудно ожидать более высоких значений θ даже для купратов. Таким образом, если будут созданы купраты с $T_c \lesssim 200$ К, естественно обратиться к нефононным механизмам, в особенности к экситонному. Для такого механизма значения $\theta \sim \theta_{\text{экс}} > 1000$ К вполне естественны.

Все известные сейчас «настоящие» ВТСП ($T_c > T_{b, N_2} = 77,4$ К) относятся к семейству купратов. Но это, конечно, не закон природы, а какое-то выгодное сочетание параметров материала. Уже давно было предположено, что к числу ВТСП должен принадлежать еще не созданный металлический водород, у которого $\theta_D \sim 3000$ К. У фуллерита Rb_3C_{60} $T_c = 29$ К, у некоторых других фуллеритов T_c еще выше, и они, согласно принятому определению, относятся уже к классу ВТСП. Поиски новых ВТСП среди материалов, содержащих водород и углерод, представляются особенно естественными. Здесь можно сослаться на изотопический эффект. Ведь водород ^1H в 16 раз легче кислорода ^{16}O . Поэтому «при прочих равных условиях» фононные частоты при замене O

на H возрастут в $\sqrt{\frac{M_O}{M_H}} = 4$ раза. Конечно,

никаких таких «равных условий» не существует, но широкие поиски ВТСП среди водородсодержащих и углеродсодержащих (т. е. органических) соединений вполне оправданы.

Начиная с 1964 г. мы мечтали о создании высокотемпературных сверхпроводников. Эти мечты были реалистичны, но успех отнюдь не был гарантирован. Такова же ситуация сегодня в отношении создания комнатно-температурных сверхпроводников (КТСП). Никакие известные нам законы не исключают такую возможность и таким образом, быть может, $T_{c, \max} \sim 300\text{—}500$ К. Но гарантировать успех тоже нельзя. В такой ситуации имеются все основания для поисков, они оправданы, они ведутся и будут вестись.

ТЕКТОНИКА ПЛИТ В «АКСАКОВСКИХ ЗОРИХ»

16—19 ноября 1993 г. в подмосковном доме отдыха «Аксаковские зори» состоялась Международная конференция по тектонике плит, посвященная памяти Л. П. Зоненшайна. Это была уже четвертая конференция по данной тематике, первые три именовались симпозиумами и проводились в Звенигороде в 1987, 1989, 1991 гг.

Тектоника плит — теоретическая концепция, объясняющая причины движений земной коры и изменений ее структуры в истории Земли, родилась на Западе в 60-е годы нашего века. Она принципиально отличалась от более ранних взглядов признанием широкомасштабных (тысячи километров) перемещений пластин-плит верхней оболочки твердой земли — литосферы — относительно более пластичной подстилающей оболочки — астеносферы. Благодаря быстрому накоплению подтверждающих ее фактов, эта теория быстро завоевала признание в мире и превратилась, как принято теперь говорить, в руководящую парадигму во всех науках о твердой Земле — в геологии, геофизике и геохимии, на стыке которых родилось новое направление — геодинамика. Однако в Советском Союзе, в академических и вузовских кругах тектонику плит встретили весьма настороженно, если не враждебно, и в значительной мере из-за ее «иноземного» происхождения. Отзвуки этого отношения дают себя знать даже в самое последнее время в статьях некоторых московских и петербургских профессоров.

Тем не менее уже в начале 70-х годов в нашей стране среди более молодого поколения геологов и геофизиков стало нарастать движение в пользу признания тектоники плит, и довольно скоро обозначился лидер этого движения — Лев Павлович Зоненшайн, возглавивший лабораторию палеогеодинамики в Институте океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР. Сплотившаяся вокруг Л. П. Зоненшайна группа исследователей-энтузиастов активно взялась, во-первых, за применение принципов тектоники плит к анализу структуры и геологической истории территории Советского Союза и прилегающих регионов мира (Арктика, Тихий океан) и, во-вторых, за разработку вопросов, недостаточно освещенных в зарубежной литературе по тектонике плит. На обоих направлениях были получены блестящие результаты. Была опубликована первая «Геодинамическая карта СССР» в масштабе 1:2 500 000 [М., 1989], издана двухтомная монография «Тектоника литосферных плит территории СССР» [М., 1990], тут же переведенная в США, вышли в свет руководства по тектонике плит, последнее из которых — «Палеогеодинамика» — написано Л. П. Зоненшайном в соавторстве с М. И. Кузьминым [М., 1992]. Все эти и другие работы получили положительную оценку за рубежом и восстановили пошатнувшийся было авторитет нашей геологической науки в западных странах.

Л. П. Зоненшайн стал и инициатором проведения звенигородских симпозиумов, которые привлекали не меньшее внимание, чем традиционные совещания, проводимые в Москве по линии Межведомственного тектонического комитета. Первые два симпозиума проходили под председательством Л. П. Зоненшайна, на третьем он уже не смог присутствовать по болезни, но было зачитано его послание, фактически ставшее завещанием, в котором была намечена развернутая программа будущих исследований.

В ноябре 1992 г. Л. П. Зоненшайна не стало, он стал жертвой неизлечимой болезни в полном расцвете своих творческих сил. Соработники, друзья и почитатели таланта Льва Павловича в России и за рубежом решили, однако, продолжить традицию периодического созыва симпозиумов-конференций по тектонике плит, посвятив их его памяти. Активное участие в подготовке ноябрьской конференции 1993 г. в «Аксаковских зорях» кроме Института океанологии и других институтов Российской академии наук принял институт Geomar из г. Киль. Поэтому директор этого института профессор Иорн Тиде стал сопредседателем конференции, с российской стороны сопредседательствовать было доверено мне.

В конференции приняли участие 350 ученых из России, ближнего и дальнего зарубежья, в том числе не только из европейских стран, но и из США, Японии, Австралии. Было заслушано более 100 докладов. Публикуемые ниже краткие содержания докладов дают лишь некоторое, далеко не полное представление о разнообразии этой тематики. В них, к сожалению, не нашла должного отражения центральная тема конференции, обозначенная самим Л. П. Зоненшайном в его последней статье («Геология и геофизика», 1993, № 2) как глубинная геодинамика. Поэтому уместно сказать несколько слов об этом новом направлении, которому были посвящены доклады Н. Л. Добрецов, М. И. Кузьмина, мой собственный и некоторые другие.

Дело в том, что классическая тектоника плит охватывает по существу лишь верхние 400 км твердой Земли — литосферу и астеносферу, которые нередко объединяют в тектоносферу (тектосферу), причем первоначально подразумевалось, что более глубокие недра планеты в процессах, моделирующих структуру земной коры и поверхность Земли, практически не участвуют. Однако с тех пор выяснилось, что это далеко не так, что было особенно убедительно доказано сейсмическим



ЛЕВ ПАВЛОВИЧ ЗОНЕНШАИН
[1.XII 1929 — 4.XI 1992]

просвечиванием глубин — сейсмической томографией. Так возникла потребность в изучении глубинной геодинамики.

Это нашло отражение в докладах на конференциях. Наибольший интерес в этой области сосредоточен на процессах, происходящих на границе ядра и мантии Земли (около 2900 км от поверхности), нижней мантии и переходного слоя (660 км) и отчасти переходного слоя и собственно верхней мантии (410 км). От той или иной интерпретации характера границы на 660 км зависит решение очень важного вопроса: является ли конвекция в мантии, в конечном счете ответственная за движение литосферных плит, несущих континенты, общемантийной или двухъярусной! Н. Л. Добрецов и автор этих строк склоняются к последнему варианту, причем Добрецов подкрепляет свое мнение физическим экспериментом, проведенным совместно с геофизиком А. Г. Кирдяшкиным. Вместе с тем думается, что в истории Земли могла происходить неоднократная смена одного типа конвекции другим, что увязывается со становлением и распадом суперконтинентов типа вегеро-неровской Пангеи.

Другая важнейшая проблема глубинной геодинамики — соотношение и взаимодействие мантийной конвекции и подъема (адакции) горячих мантийных струй — плюмов, а также глубина зарождения последних. Некоторые исследователи допускают, что подъем плюмов происходит с границы мантия — ядро, другие же (в том числе и автор) полагают, что этот процесс идет в основном в Индо-Тихоокеанской области, а в Атлантической плюмы поднимаются скорее с границы переходного слоя и нижней мантии. А расположение «горячих точек» на поверхности контролируется в основном зонами спрединга, континентального рифтогенеза и вообще ослабленными зонами в литосфере. Однако в целом проблема не может считаться однозначно решенной. Таким образом, исследования по глубинной геодинамике еще только разворачиваются, а с ними связаны и другие важнейшие вопросы глобальной эволюции Земли — проблема инверсий магнитного поля, периодических изменений скорости спрединга, интенсивности тектонических деформаций и др.

Взгляд в геологическое прошлое Евразийского континента

В. Г. Казьмин,

доктор геолого-минералогических наук
Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН
Москва

Л. М. Натапов,

доктор геолого-минералогических наук
НПО «Аэрогеология»
Москва

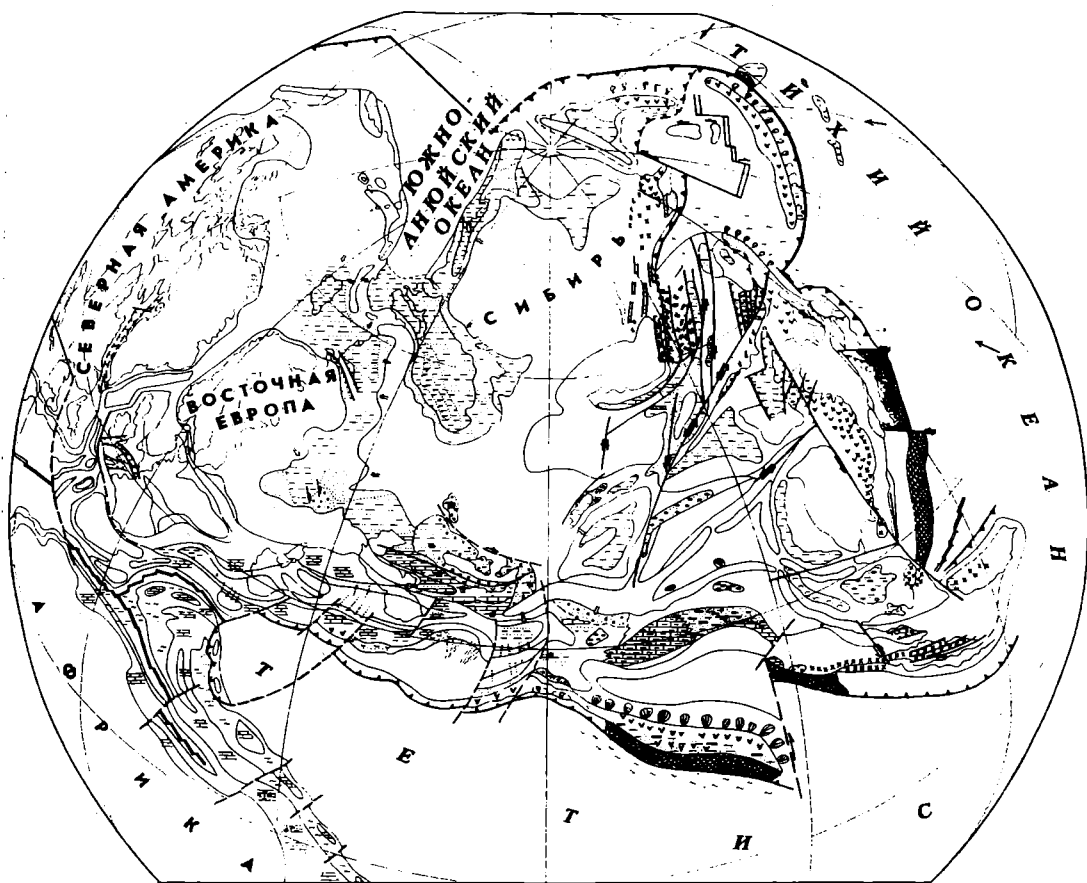
ПОПЫТКИ представить себе лик Земли в геологическом прошлом делались неоднократно. До конца 60-х годов, т. е. до появления современных мобилистских концепций, обычно предполагалось, что континенты и океаны сохраняли свои очертания и положение неизменными. Поэтому геологические структуры прошлого (складчатые пояса, прогибы, поднятия и т. д.) изображались на современной географической основе. На нее же наносились данные о древних климатах и ландшафтах, полученные при расшифровке геологической летописи. Подобные карты (часто очень детальные и информативные) было принято называть палеогеографическими, хотя такое название было явно неправильным. Прекрасные примеры таких карт, не утративших и ныне своей научной ценности, можно найти в Атласе литолого-палеогеографических карт СССР под редакцией А. П. Виноградова, изданном в 1967—1968 гг.

Конечно, уже в прошлом были попытки расшифровать палеогеографию Земли с учетом крупных перемещений континентов и меняющейся конфигурации океанских бассейнов. Более того, такие блестящие ученые, как австриец А. Вегенер (1915) и француз А. Дю Тойт (1937), пытались (и успешно!) использовать геологические и палеогеографические данные для определения положения континентов в далеком прошлом. К примеру, если в юрских отложениях континента, находящегося сегодня в умеренных широтах, встречались ископаемые коралловые рифы, это означало, что 150 млн. лет назад континент располагался в тропиках. Однако широкое развитие такой подход получил лишь после возникновения теории тектоники литосферных плит.

Появился ряд независимых методов, позволяющих реконструировать положение и очертания континентов и океанов в геологическом прошлом: кинематический (по линейным магнитным аномалиям океанов), палеомагнитный (по остаточной намагниченности древних пород), по следам горячих точек в мантии на поверхности движущихся литосферных плит и, наконец, по геологическим (литологическим, палеонтологическим) индикаторам палеотектонических и палеогеографических обстановок. Все эти методы были недавно с большой детальностью рассмотрены в книге Л. П. Зоненшайна и М. И. Кузьмина «Палеогеодинамика» (М., 1992). Составление палеогеографических карт на базе плито-тектонических реконструкций, или, как принято говорить, на палинспастической основе, стало новым направлением в исторической геологии.

Уже не раз за рубежом и в нашей стране предпринимались попытки создать серии глобальных или региональных палеогеографических карт для определенных временных уровней, последовательно отражающих эволюцию лика Земли. Мелкомасштабный атлас мира, изданный А. Б. Роновым, В. Е. Ханиным и А. Н. Балуховским в 1989 г., стал крупным научным обобщением, однако очень мелкий масштаб карт позволил дать лишь схематическое представление о географической обстановке в прошлом.

В 1992 г. по инициативе председателя Научного совета по тектонике литосферных плит Л. П. Зоненшайна была начата работа над проектом, получившим название «Палеогеографический атлас Северной Евразии». По замыслу атлас охватывает территорию бывшего СССР и сопредельных стран и состоит из двух наборов карт: карт фактического материала, составленных на современной топографической основе, и палеогеографических карт — на реконструкциях, вы-



Палеогеографическая карта Евразии для раннего мела (140 млн. лет назад).

полненных по правилам плито-тектонического анализа. Каждый набор включает 26 карт, отражающих историю примерно 380 млн. лет, начиная с девонского периода. Для последних 160 млн. лет, начиная от средней юры и до настоящего времени, карты составляются с интервалом около 10 млн. лет, а для более ранних эпох — с интервалами 20—25 млн. лет. Это объясняется тем, что точность составления реконструкций и детальность фактического материала уменьшаются по мере движения в глубь времени. Так, например, точность реконструкций с использованием линейных магнитных аномалий океанского дна очень велика, но самые древние аномалии в современных океанах не старше 160—170 млн. лет. Для более древних реконструкций приходится использовать менее точные методы.

Содержание атласа определяется его

легендой. Составленная для «Атласа Северной Евразии», по своей детальности и разнообразию информации она далеко превосходит известные аналоги. На картах фактического материала, а затем и на реконструкциях прежде всего должны быть показаны так называемые комплексы-индикаторы, характеризующие тектонические обстановки. Как известно, характерные сообщества осадочных, магматических и метаморфических пород формируются на конвергентных и дивергентных границах, а также во внутренних частях литосферных плит. Сравнение этих комплексов с современными аналогами позволяет выделить на палеогеографической карте соответствующие тектонические структуры и геоморфологические элементы прошлого, например островные дуги, рифты, глубоководные бассейны, горно-складчатые сооружения и т. д. В результате можно воссоздать облик нашей планеты в далекие геологические эпохи.

Тектоника и климат определяют темпы накопления и типы осадочных пород в бас-

сейнах разного генезиса. В свою очередь, с осадочными комплексами связан целый ряд важнейших полезных ископаемых: нефть, газ, уголь, фосфориты, бокситы и многие другие. Поэтому реконструкция истории осадочных бассейнов — одна из важнейших практических целей работы. Для каждого возрастного среза на карту фактического материала наносится литология отложений соответствующего возраста, данные об их мощности, условиях осадконакопления, т. е. фациях, находках фауны и флоры, палеотемпературах, направлении трансгрессий и регрессий и транспортировки обломочного материала. Это дополняется сведениями о месторождениях осадочного генезиса.

Если в данную эпоху происходили тектонические движения — образовывались складки, разломы, шарьяжи, то эти структуры также изображаются соответствующими знаками. Кроме традиционных «бумажных» версий создается электронная карта — результат сложной компьютерной обработки исходных данных. Такая карта дает возможность увидеть на экране монитора любую часть палеогеографической карты в любом масштабе или любой географической проекции. Можно вызвать на экран необходимый набор данных, например данные о мощности каких-либо отложений, находках в них фауны, распространении специфических типов пород и т. д. Информацию можно обновлять и дополнять по мере поступления нового материала. Именно в такой форме представления информации заинтересованы практики, в первую очередь специалисты из нефте- и газодобывающих компаний. Не случайно, что уже сейчас две крупнейшие в мире нефтяные компании «Экксон» и «Шелл» являются спонсорами проекта. Большую поддержку проекту оказывает и Комитет по геологии и использованию недр Российской Федерации.

Сбор фактического материала для огромной территории с большим разнообразием геологических обстановок сам по себе представляет сложнейшую задачу. К работе пришлось привлечь большой (более 100 человек) коллектив геологов и геофизиков из России и некоторых стран ближнего зарубежья. Руководствуясь легендой, они составляют макеты карт для отдельных регионов с характерной геологической спецификой, например для Русской платформы или Урала. Затем эти макеты объединяются в сводную карту специальной составительской группой. Порой такая работа представляет самостоятельное сложное исследование — ведь разные авторы зачастую по-

разному понимают тектоническое строение и стратиграфию осадочных толщ. Когда карты фактического материала готовы, можно переходить к самой сложной и интересной части работы — реконструкциям.

Техника составления плито-тектонических реконструкций значительно улучшилась в последние годы. Особенно важный вклад в это дело внес Л. П. Зоненшайн, работавший методикой составления реконструкций с использованием следов горячих точек на земной поверхности. Эти цепочки вулканических полей с возрастом вулканитов, закономерно меняющимся при движении вдоль нее, позволяют выявить движение литосферных плит по отношению к неподвижным реперам в мантии Земли — струям горячего глубинного вещества, поднимающимся от границы ядро — мантия. Таким образом удается восстановить не только движения плит относительно друг друга, но и их «абсолютные» перемещения, т. е. перемещения относительно сетки географических координат.

С применением этого и других методов создаются реконструкции положения главных и некоторых малых плит. Работа по их созданию идет одновременно в Москве и в Арлингтонском университете в США. Затем начинается сложная работа по увязке и корректировке этих реконструкций в соответствии с геологическими данными. К примеру, реконструкция дает положение крупного блока земной коры (континента или микроконтинента) для какого-то времени. Но мы знаем из геологической летописи, что в это время данный блок на самом деле раскололся на несколько частей с образованием рифтов континентального или океанского типа. Или наоборот, микроконтинент столкнулся с другим континентом либо островной дугой, и необходимо показать зону коллизии с образованием складок и надвигов или обдукцию офиолитов. Таких ситуаций возникает множество, так что приходится анализировать и корректировать каждый участок создаваемой реконструкции.

Евразия — составной континент. Многие ее фрагменты, до того как объединиться, принадлежали другим континентам, в частности Гондване, или располагались в удаленных районах Пацифики. Чтобы показать эти фрагменты на реконструкции, приходится восстанавливать океаны прошлого, причем и такие, которые полностью исчезли в ходе геологической эволюции. К их числу относится Тетис, Монголо-Охотский и Аноийский океаны — гигантские заливы Панталассы или Палеопацифики.

Пример реконструкции представлен на

рисунке. Реконструкция воспроизводит облик Евразии, каким он был 140 млн. лет назад, т. е. в начале мелового периода. К югу от континента простирался океан Тетис, вдоль его границы с Евразией протягивалась система вулканических дуг и окраинных морей, подобная той, что ныне активно развивается в западном обрамлении Тихого океана. Монголо-Охотский океан между Сибирью и континентальным массивом Юго-Восточной Азии уже почти закрылся, и на востоке Евразии протекали коллизионные процессы с образованием складчатых поясов и крупных сдвигов. На

карте хорошо видны очертания внутриконтинентальных морей Восточной Европы и Западной Сибири, выявляется их связь с полярным бассейном.

Если работа над палеогеографическими картами для позднего палеозоя, мезозоя и кайнозоя будет успешно выполнена к концу 1994 г., то возможно продолжение проекта с составлением аналогичной серии карт для позднего протерозоя, раннего и среднего палеозоя. Завершение крупнейшего палеогеографического проекта явилось бы новым значительным шагом в познании истории нашей планеты.

Гидротермальные руды океанского дна

К. Г. Муравьев,

кандидат геолого-минералогических наук
Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН
Москва

НЕ ТАК ДАВНО считалось, что главные типы океанских руд ограничиваются железомарганцевыми конкрециями и фосфоритами. Около 20 лет назад в неовулканических зонах спрединговых хребтов океанского дна были открыты процессы гидротермальной активности и сопряженные с ними рудные сульфидные отложения. Эти открытия полностью перевернули существовавшие ранее представления о металлогении океанской коры.

В настоящее время на дне Мирового океана известно более 100 сульфидных рудопроявлений гидротермального генезиса. Они обнаружены в срединно-океанических хребтах, задуговых рифтовых системах, островных дугах и «горячих» точках. Одни из них имеют «примитивную» цинковую или медно-цинковую геохимическую специализацию, другие обогащены полиметаллами: свинцом, серебром, золотом и другими элементами. Выявление причин, приводящих к формированию тех или иных особенностей вещественного состава современных гидротермальных руд, имеет фундаментальное значение для понимания генетических особенностей формирования колчеданных и колчеданно-полиметаллических руд в геологическом прошлом Земли.

В нашем институте изучается уникальная коллекция руд и пород из семи гидротермальных полей океанского дна, собранная благодаря использованию глубоководных обитаемых аппаратов «Мир» и «Пайсис». В коллекции представлены руды, отложившиеся в спрединговых зонах разной тектонической природы и ассоциированные с различными типами пород океанского дна. В частности, это руды «зрелых» срединно-океанических рифтовых систем, сформировавшихся непосредственно на базальтовом основании (Срединно-Атлантический хребет, 26° с. ш., поле ТАГ; хребет Хуан-де-Фука, гора Осева), руды из рифтовых систем ранней стадии развития океанов, отлагавшиеся в условиях «лавиного» осадконакопления (впадина Гуаймас в Калифорнийском заливе), и руды из задуговых зон спрединга: бассейнов Манус, Вудларк и Лау, приуроченных к западному обрамлению Тихого океана. По образцам из коллекции проведен сравнительный анализ сульфидных руд океанского дна¹.

Процессы гидротермальной активности наиболее полно объясняются моделью гидротермальной конвекции, подтвержденной

¹ Лисицын А. П., Богданов Ю. А., Гурвич Е. Г. Гидротермальные образования рифтовых зон океана. М., 1990; Лисицын А. П., Малахов О. Р., Богданов Ю. А. и др. // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1992. № 4. С. 5—24.

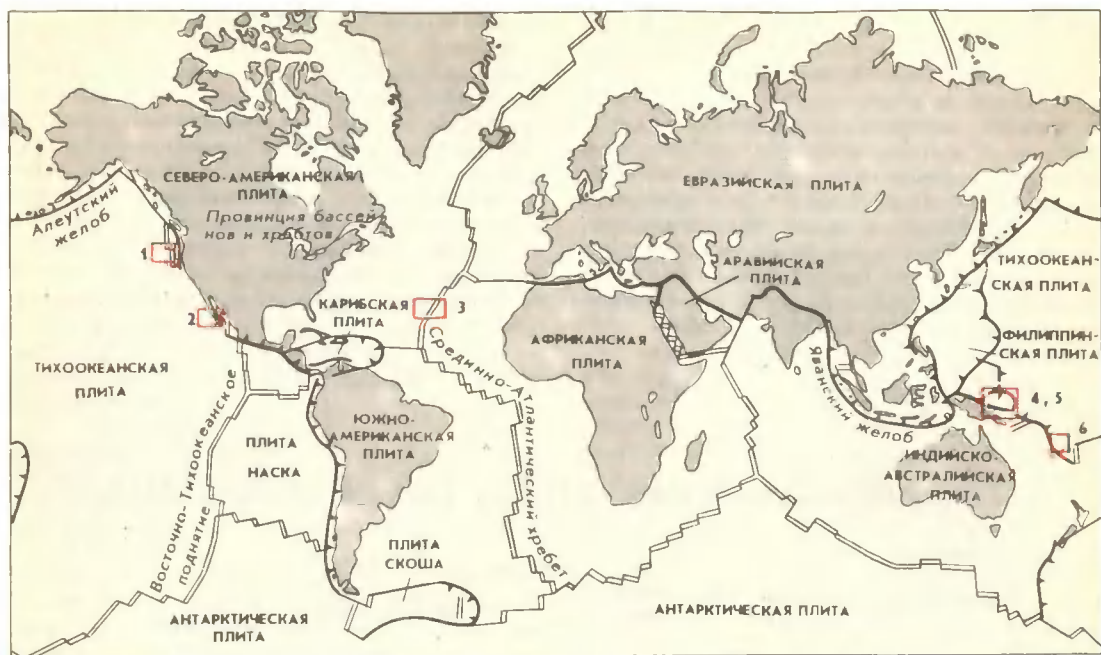


Схема литосферных плит Земли и их активных границ (по Дж. Г. Денису). Квадратами ограничены изученные районы с проявлениями гидротермальной активности: 1 — хребет Хуан-де-Фука (гора Осевая); 2 — Калифорнийский залив (впадина Гуаймас); 3 — Срединно-Атлантический хребет (поле ТАГ); рифты задговых бассейнов: 4 — Манус, 5 — Вудларк, 6 — Лау.



Оси спрединга, трансформные разломы



Зоны субдукции

рядом геологических свидетельств². Согласно модели, промежуточные магматические камеры, оставшиеся между поверхностью астеносферы (верхней мантии) и поверхностью морского дна после тектоновулканического этапа развития зоны спрединга служат в нем источником конвективного теплового потока. Морская вода транспортирует металлы в системе: она проникает в трещиноватые магматические породы второго слоя океанской коры (базальтовый + дайковый комплексы) и, нагреваясь и взаимодействуя с ними, преобразуется в руденосный флюид. (В некоторых случаях в состав системы входит и первый, осадочный слой коры.)

Можно предположить, что на формирование вещественного состава сульфидных руд океанского дна наибольшее влияние оказывают геохимические особенности пород первого и второго слоев океанской коры как источников металлов в конкретных гидротермальных системах, а также физико-химические параметры условий рудоотложения (элементный состав флюида на поверхности дна, его температура, кислотность и др.). Они во многом зависят от геологической структуры гидротермального поля, раздробленности и трещиноватости пород в приповерхностном слое. Исходя из этого и были сопоставлены руды и породы из различных геодинамических зон океана — срединно-океанических хребтов и задговых бассейнов. Поскольку все изученные гидротермальные отложения сформировались при сходных давлениях на глубинах более 2 км, фактор давления при анализе не рассматривался.

В результате сопоставления данных по химическому и изотопному составу пород, с которыми ассоциированы перечисленные выше гидротермальные поля, выделены три группы вулканических пород и группа пелагических биогенно-терригенных осадков впадины Гуаймас.

Первая группа — нормальные базальты срединно-океанических хребтов — характеризует поле ТАГ, гору Осевую и вулканы Калифорнийского залива (по данным глубо-

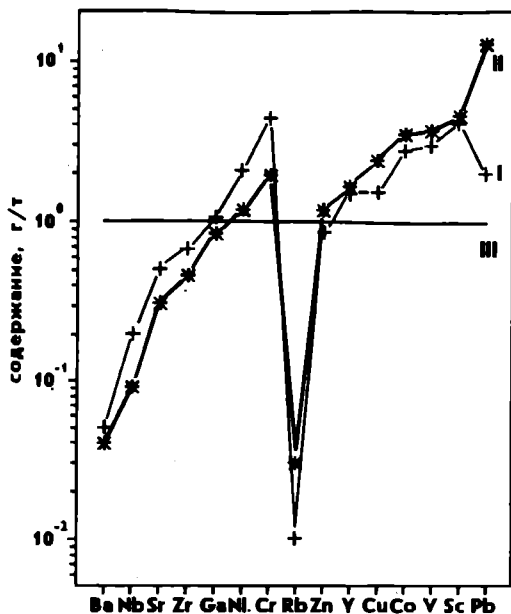
² Рона П. Гидротермальная минерализация областей спрединга в океане. М., 1986.

ководного бурения). Эта группа отличается крайне низким содержанием K_2O (не более 0.1—0.2 %), низкими концентрациями литофильных (Rb, Sr, Ba, элементы редкоземельной группы) и халькофильных (Cu, Zn, Pb, As, In, Au, Ag и др.) рудообразующих элементов. В то же время содержание Cr, Ni, Co завышено. Соотношения изотопов свинца $^{207}Pb/^{204}Pb$ в этих базальтах колеблются в пределах 15.488:15.524, что соответствует составу истощенной верхней мантии³. Именно эти породы являются источником металлов в гидротермальных системах поля ТАГ и горы Осево, где соотношения $^{207}Pb/^{204}Pb$ в рудах составляет 15.421:15.490.

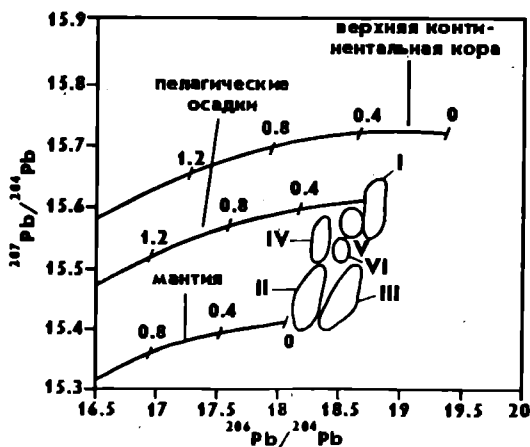
Вторая группа — обогащенные базальты из рифтов бассейнов Лау и Манус — отличается от базальтов первой группы еще более низкими концентрациями литофильных, но и завышенными концентрациями халькофильных элементов. Среднее содержание свинца в них — 6.2 г/т, что в несколько раз выше, чем в нормальных базальтах срединно-океанических хребтов. Соотношение изотопов $^{207}Pb/^{204}Pb$ в рудах меняется в пределах 15.565:15.580, что объясняется экстракцией рудного свинца из пород, сформировавшихся в результате «загрязнения» (контаминации) мантийного вещества астеносферы пелагическими осадками и насыщенными водой вулканитами из субдуцирующих плит.

Третья группа — андезитобазальты фронтальной части продвигающегося рифта бассейна Вудларк. Среднее содержание свинца в них достигает 10:9 г/т, т. е. почти на порядок выше, чем в базальтах срединных хребтов. Анализ петрохимических и геохимических данных также свидетельствует об их выплавке из мантийного вещества, контаминированного реликтами субдуцированной в геологическом прошлом Индо-Австралийской плиты, что косвенно подтверждается и данными свинцовой изотопии руд ($^{207}Pb/^{204}Pb=15.529$).

Четвертая группа пород — пелагические осадки. Вся осадочная толща океанов по своему химическому составу весьма близка к средней осадочной породе континентов и «воспроизводится» при добавлении к последней $CaCO_3$, опала, органики, марганца, железа и ряда «малых» элементов. По сравнению с веществом истощенной верхней мантии концентрация в океан-

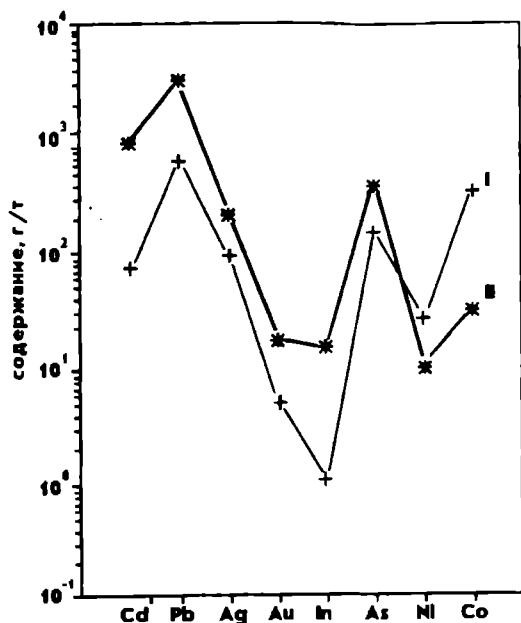


Средние содержания элементов-примесей в базальтах срединно-океанических хребтов (I) и задговых бассейнов (II), соотношенные со средним составом земной коры (III).



Зависимости $^{207}Pb/^{204}Pb$ от $^{206}Pb/^{204}Pb$ в рудах из океанских гидротермальных полей и их соотношения с кривыми изотопной эволюции верхней континентальной коры, осадков океана, мантии. Цифры на кривых — возраст в млрд. лет. Римскими цифрами обозначены гидротермальные поля: I — впадина Гуаймас (Калифорнийский залив); II — поле ТАГ (Срединно-Атлантический хребет); III — гора Осева (хребт Хуан-де-Фука); задговые бассейны: IV — Манус — V — Лау; VI — Вудларк.

³ Бибилова Е. В., Грачева Т. В., Леин А. Ю. и др. Источники металлов современных гидротермальных руд на дне океанов по данным изотопного состава свинца // Тез. докл. Всесоюз. совещ. «Изотопное датирование эндогенных рудных формаций». Киев, 1990. С. 242—243.



Средние содержания элементов-примесей в веществе пирит-сфалеритовой ассоциации: I — в рудах срединных хребтов (Калифорнийский залив, хребты Срединно-Атлантический и Хуан-де-Фука); II — в рудах задуговых бассейнов Манус, Лау и Вудларк.

ских осадках целого спектра элементов: Cu, Zn, Pb, As, Rb, Zr, Sb, Cs, Ba и др. на один-два порядка больше⁴. Именно этими элементами обогащены породы второй и третьей групп относительно базальтов первой группы. М. Тацумото показал (1969), что вовлечение хотя бы 1 % массы осадков в зону субдукции приводит уже к трехкратному увеличению содержания свинца в породах.

Осадочные породы могут оказывать весьма заметное влияние на процессы гидротермальной активности в тех случаях, когда они в виде мощной толщи залегают на вулканических породах и гидротермальные растворы мигрируют сквозь нее. Пример такой обстановки — впадина Гуаймас в Калифорнийском заливе, где растворы до выхода на поверхность дна проходят через 500-метровую толщу осадков. Гидротермальные отложения здесь отличаются значительным содержанием нерудных минералов и преобладанием последних над рудными, более высокой степенью полиметалличности ассоциаций рудных минералов,

обусловленной сульфидами свинца и серебра. Результаты изучения изотопов свинца в рудных минеральных фазах показывают, что почти весь рудный свинец заимствован из осадочной толщи, где его содержание в среднем составляет 74 г/т, тогда как в подстилающих осадки базальтах и базальтовых силлах — 0,5—1,5 г/т. Это прекрасное подтверждение механизма гидротермальной конвекции и экстракции элементов из вмещающих пород гидротермальным раствором. На последний факт следовало бы обратить внимание в связи с тем, что некоторые исследователи до сих пор считают, что насыщенные металлами мантийные флюиды отделяются от расплавленного мантийного вещества и переносятся в зону разгрузки. Эта точка зрения сложилась в результате изучения метаморфизованных палеозойских колчеданных месторождений Алтая, Урала.

Изучение динамики процессов гидротермальной активности в современных океанах позволяет понять ключевые элементы механизма колчеданного рудогенеза, которые невозможно реконструировать по видоизмененным за сотни миллионов лет древним океанским рудопроявлениям.

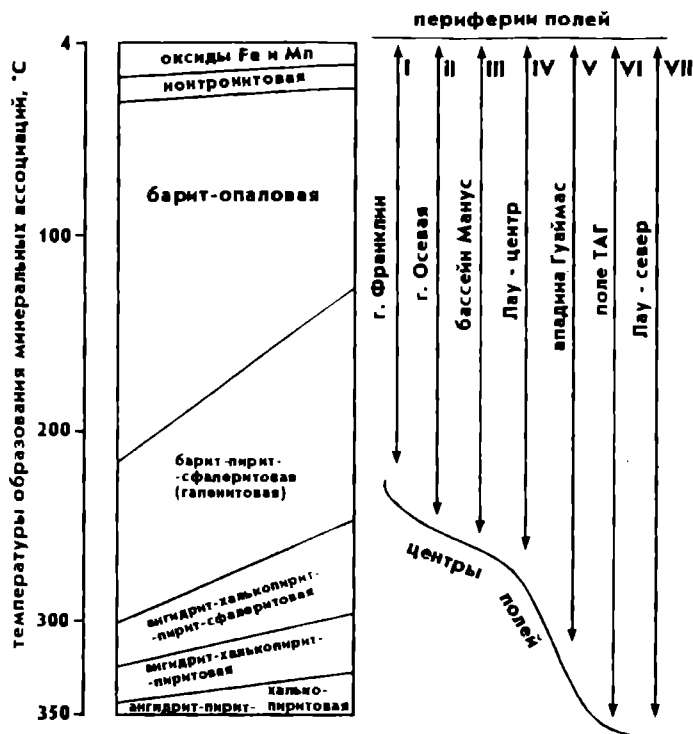
Данные изотопного состава свинцов в рудах из впадины Гуаймас показывают, что наложение всего лишь 500-метровой толщи осадков на конвективную ячейку уже заметно меняет характер гидротермальных отложений, хотя изначально гидротермальный раствор сформировался в нормальных базальтах и мало чем отличался от растворов из других гидротермально-активных районов срединно-океанических хребтов⁵.

Мы сравнили химические составы рудного вещества из семи изученных гидротермальных полей. Набор парагенетических минеральных ассоциаций в различных полях достаточно широк и варьирует от низкотемпературных (2—20 °C) — окисдных и гидроксидных образований железа и марганца до высокотемпературной (300—350 °C) — пирит-халькопиритовой. Разброс максимальных и минимальных концентраций основных и примесных элементов в них очень велик. Поэтому сопоставление проводилось не по средним содержаниям в рудах конкретных гидротермальных полей, а по элементным составам пирит-сфалеритовой ассоциации, как характерной для всех

⁴ Гордеев В. В. Химия гидротермальных растворов в бассейнах задугового спрединга (Вудларк и Манус) // Металлогения современных и древних океанов. М., 1992.

⁵ Лисицын А. П. Процессы терригенной седиментации в морях и океанах. М., 1991.

Распространенность основных минеральных ассоциаций в гидротермальных полях с различными максимальными начальными температурами рудоотложения. Слева — обобщенный генетический ряд минеральных ассоциаций гидротермальных руд океана; Справа — распространенность минеральных ассоциаций от центров гидротермальных полей к их периферии.



рассмотренных полей и отложившейся при сходных температурных условиях (~200—250 °C). Руды задуговых бассейнов Лау, Манус и Вудларк оказались обогащенными относительно руд срединных хребтов Срединно-Атлантического и Хуан-де-Фука свинцом, кадмием, серебром, золотом, индием и мышьяком, но обедненными кобальтом и никелем. Другими словами, выявились те же соотношения между характеристическими группами элементов, что и в исходных для гидротерм породах базальтового слоя океанической коры. Из этого следует, что руды наследуют геохимическую матрицу вулканических пород.

Другой важный фактор океанского рудогенеза — физико-химические параметры рудоотложения: температура, pH раствора, его окислительно-восстановительный потенциал, активность серы и кислорода в растворе.

Существуют некоторые общие закономерности гидротермальных процессов. В частности, многочисленные исследования в различных гидротермально-активных районах показали, что температура начальных растворов почти везде выше 350 °C, хотя на поверхности дна температуры разгружающихся флюидов колеблются от 4 до 350 °C.

Сопоставление вещественного состава руд с данными изучения температур образования различных минералов и результатами исследования других физико-химических параметров условий рудоотложения позволило предположить, что температура — пожалуй, самый важный из них, а остальные находятся в прямой или обратной связи с ней. Такие же выводы были сделаны и другими авторами на основе экспериментальных данных⁶.

Температура рудоотложения на поверхности дна зависит от степени раздробленности и трещиноватости приповерхностных пород в пределах гидротермальных полей. В качестве примера можно привести данные по сопоставлению структурно-петрофизических свойств вмещающих руды пород и температурам рудоотложения. Из всех изученных нами гидротермальных отложений самыми низкотемпературными являются рудные отложения кальдеры горы Франклин в бассейне Вудларк (4—200 °C), ассоциированные с породами, которые по сравнению с рудовмещающими породами других районов имеют ано-

⁶ Гричук Д. В., Борисов М. В., Мельников Г. Л. // Геология руд. месторожд. 1985. Т. 27. № 4. С. 3—23.

мально высокую эффективную пористость — до 14.2 % и проницаемость — до 12.105 мД — миллидарси ($1 \text{ Д} = 1 \text{ мкм}^2$). Одновременно с этим исследования пробы гидротермального флюида, отобранного в кальдере из источника с температурой около 4 °С, выявили его начальную температуру — выше 300 °С. Можно предположить, что разгрузка рудоносного флюида начинается в подповерхностных условиях в результате смещения флюида с просачивающейся холодной придонной водой, а поверхности дна достигает уже менее концентрированный и охлажденный раствор.

Итак, все минеральные ассоциации, выделяемые в гидротермальных отложениях океанского дна, — звенья одного генетического ряда от низко- до высокотемпературных. Наиболее полно этот ряд представлен в гидротермальных полях с максимальной температурой рудоотложения — выше 300 °С. Его «укорочение» происходит за счет последовательного исключения наиболее высокотемпературных звеньев при понижении максимальной температуры рудоотложения. Эти же ряды и формируют латеральную минерало-геохимическую зональность гидротермальных холмов.

На основе проведенных исследований и сопоставления всего комплекса имеющихся данных мы предлагаем модели

формирования гидротермальных отложений для изученных полей. Они объясняют формирование отличий вещественного состава руд влиянием нескольких факторов. Геодинамическая обстановка определяет состав вулканитов, вмещающих в себя гидротермальные конвективные ячейки и являющихся источником рудного вещества в конвекционных системах. Наложение геологических процессов, таких как лавинное осадконакопление (Калифорнийский залив), также вносит свой вклад в процессы рудообразования. Кроме того, существенное влияние на них оказывает температура рудоотложения, которая во многом зависит от структурно-петрофизических свойств пород, вмещающих конвективные ячейки.

Хотя нами были изучены лишь семь гидротермальных полей из шести различных районов океана, анализ обширной литературы по океанскому гидротермальному рудогенезу позволяет заключить, что выведенная в работе закономерность — обогащение руды задговых районов рядом ценных металлов по сравнению с рудами срединных хребтов — это глобальное явление.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

Нефтегазоносность глубоководных котловин Мирового океана

Л. Э. Левин,

доктор геолого-минералогических наук

Всероссийский научно-исследовательский институт геологии зарубежных стран
Комитета по геологии и использованию недр Российской Федерации
Москва

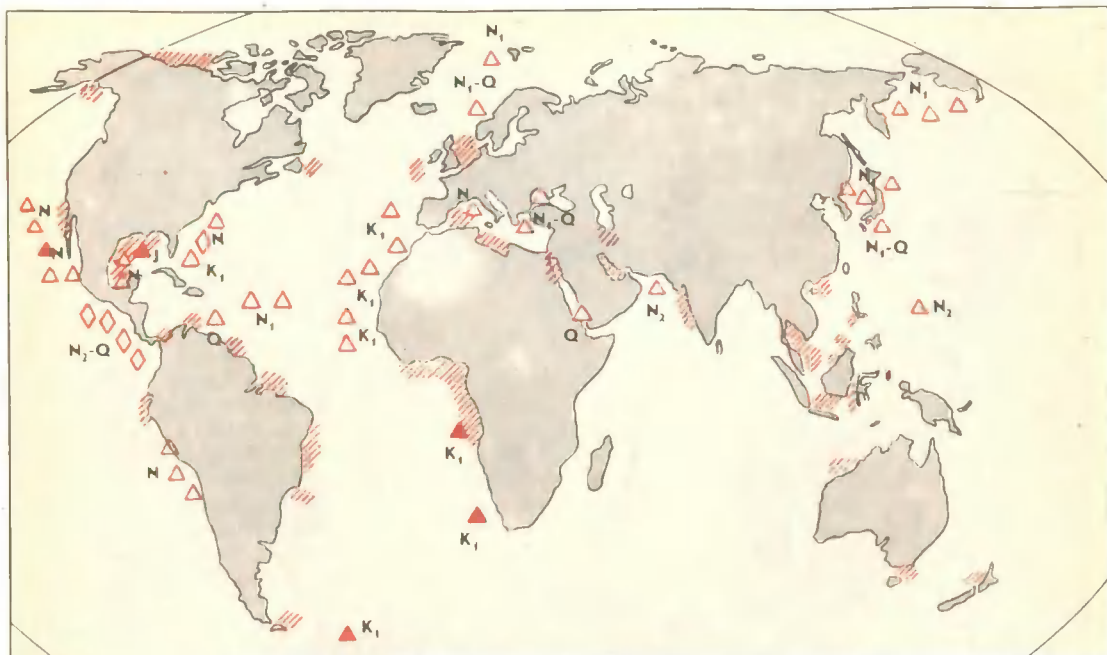
ПЕРСПЕКТИВЫ нефтегазоносности глубоководных котловин океанов и краевых морей обсуждаются в геологической литературе с начала 70-х годов¹. Важность этой проблемы стала особенно очевидной после того, как с помощью глубоководного бурения были обнаружены не-

промышленные притоки углеводородов и следы нефти в кернах скважин. Эти результаты были достигнуты при глубинах дна морей и океанов 2—5 км.

В Тихом океане признаки нефтегазоносности выявлены вдоль всего периметра переходной зоны континент — океан. Вблизи Южной и Центральной Америки углеводороды зачастую имеют форму гидратов. Следы нефтегазоносности обнаружены в Калифорнийском заливе и вблизи одноименного полуострова, на континентальном скло-

© Левин Л. Э. Нефтегазоносность глубоководных котловин Мирового океана.

¹ Левин Л. Э., Хамн В. Е. // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1971. № 3. С. 34—49; Hedberg H. D. // AAPG Bull. 1970. N 1. P. 3—21.



Установленная нефтегазоносность в зонах переходных от континентов к океанам.

ко после того, как толщина их слоя достигнет минимум 2—3 км.

Зоны нефтегазонакопления на шельфе

Проявления в скважинах:

- нефти
- газа
- газогидратов

не и его подножии у Алеутской и Японской островных дуг.

В Индийском и Атлантическом океанах проявления нефтеносности и газосносности обнаружены вблизи подножий континентальных склонов, где они сочетаются с рудоносностью в осадочном чехле, что указывает на длительную гидротермальную активность. Признаки нефти и газа обнаружены и в краевых морях — Карибском, Эгейском, Черном, Тирренском, Беринговом, Японском, Уздделла, Мексиканском заливе.

Главная особенность накопления осадков и их преобразования в глубоководных котловинах — превышения внутрипорового давления воды над давлением уплотнения. Эффективное напряжение, необходимое для начала уплотнения осадков², возникает толь-

На большой части площади океанов и краевых морей (порядка 70—80 %) мощность осадков не превышает 1—2 км, следовательно, здесь нет условий, необходимых для формирования залежей нефти и газа. Но в отдельных глубоководных котловинах они все-таки существуют, и первый признак этого — обнаруженные бурением углеводороды. Кроме того, в этих районах в осадочном чехле имеются дислокации, создающие структурные и литологические ловушки для нефти и газа. Наконец, в пределах глубоководных котловин распространены «аномальные» ареалы консолидированных пород континентального и мелководно-морского генезиса.

В составе многих таких ареалов имеются глубоководные отложения, надежно определяемые по значениям пористости (меньше 40 %), плотности (больше 2.3 г/см³), скорости прохождения сейсмических волн (более 2.2—2.3 км/с). Из 850 скважин глубоководного бурения более 200 вскрыли консолидированные отложения, обеспечивающие условия для сохранности залежей углеводородов. В целом новые данные морских геофизических работ и глубоководного бурения дают возможность оценить потенциал нефтегазоносности глубоководных котловин применительно к четырем генетическим ти-

² Левин Л. Э. Геология осадочного чехла дна океанов и морей. М., 1984.



Основные элементы формационного состава в зонах переходных от континентов к океанам.

Формации:

-  вулканогенные, вулканогенно-осадочные
-  мелководно-морские
-  рифовые
-  уплотняемые глубоководные
-  те же в котловинах краевых морей

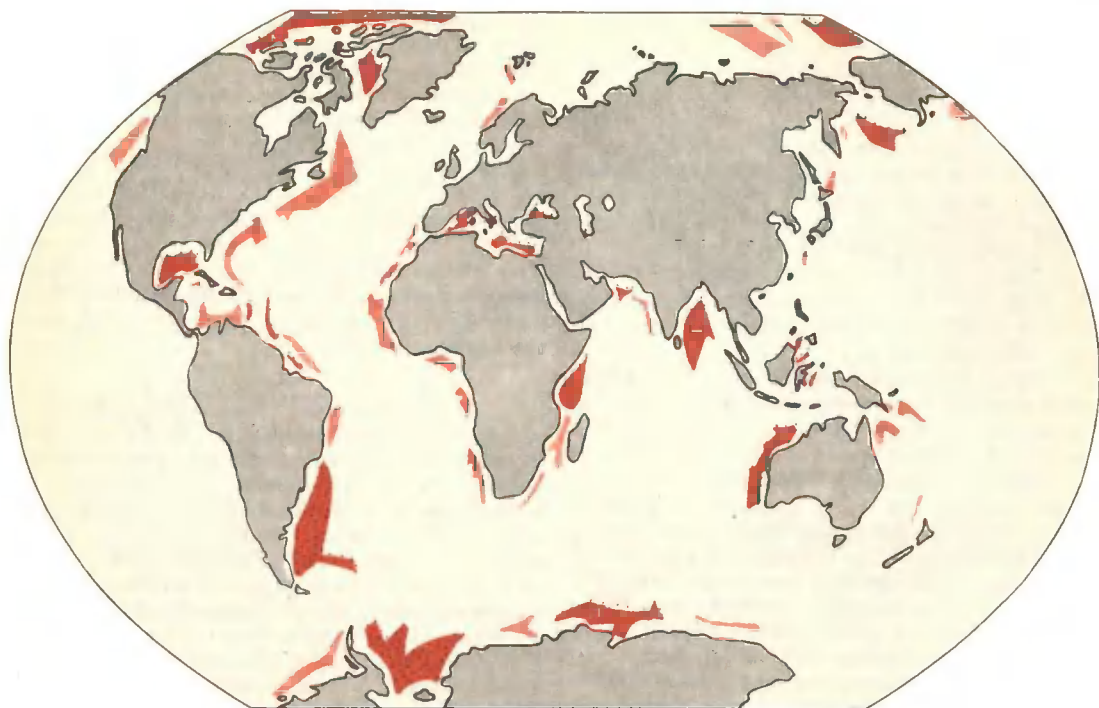
пам осадочных бассейнов, выделяемых в соответствии с теорией тектоники плит.

Бассейны современных активных окраин (островных дуг). Потенциал нефтегазоносности преддуговых и внутридуговых бассейнов зависит от типа вулканизма (этим фактором определяется формирование вулканогенных коллекторов — пород «зелено-туфовой» или риолитовой формации), термобарических условий и содержания органического вещества. Температура и давление низкие в преддуговых и высокие во внутридуговых бассейнах. Их распределение в поперечном сечении бассейнов зависит от наклона плоскости субдукции. При большом угле наклона зоны с высоким геотермическим градиентом приближены к островодужному склону глубоководного желоба. Содержание органического вещества в разрезе от 0,5 до 1%. В преддуговых

бассейнах, где развиты мощные осадочные призмы, углеводороды, возможно, мигрируют из зон субдукции. Все это обеспечивает аккумуляцию в преддуговых бассейнах преимущественно газовых, а во внутридуговых — нефтяных и газовых залежей.

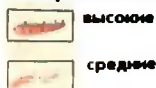
Осадочные бассейны переходных областей от аналогов пассивной к современной активной окраине. Бассейны этого типа связаны преимущественно с краевыми морями в Тихоокеанском сегменте Земли. Они отличаются различной геодинамической обстановкой в поперечном сечении — пассивной вблизи континента и активной у островных дуг. Глубоководные котловины в этих бассейнах имеют различный генезис: «отгороженный» и спрединговый. Среди котловин с океанской корой, которая «отгорожена» островной дугой, особый интерес представляет Алеутская котловина в Беринговом море. Здесь мощность консолидированных глубоководных пород минимум 0,5—1 км на поднятиях и до 4—6 км во впадинах. Поскольку геотермический градиент в разрезе этих пород порядка 57 °C/км, обстановка в них благоприятна для генерации углеводородов.

Перспективны и котловины со спрединговой корой. Предполагается, что иногда породы мелководно-морского генезиса залегают здесь на блоках континентальной коры в пределах отдельных котловин: Окинавы и Новокаледонской, возможно, Курильской; окраинах котловин Япономорской и



Перспективы нефтегазоносности осадочного чехла глубоководных котловин.

Перспективы нефтегазоносности:



Вакаса, Южно-Китайской, Сулу и Сулавеси, Алжира-Прованской (Валенсийский отрог и Альборанское море). В каждой из указанных котловин, а также котловин в Карибском море зафиксированы горизонты со скоростями сейсмических волн выше 2.3 км/с. Они могут отвечать как образованиям мелководно-морского, так и глубоководного генезиса, но уплотненным при диагенезе. В ряде котловин эти горизонты представлены крупными осадочными призмами, тяготеющими к подножию континентального склона вдоль внутренних зон субдукции (Южно-Китайская котловина, восток Кораллового моря и др.).

Отсутствие консолидированных пород в разрезе осадочного чехла присуще, вероятно, лишь отдельным котловинам, где спрединг происходил в позднем кайнозое, а именно, Тирренской, Северо- и Южно-Фиджийской, Банда, Командорской и Лау.

Осадочные бассейны древних пассивных окраин, испытавших столкновение с

мезозойско-кайнозойскими островными дугами. Такие бассейны связаны лишь с отдельными краевыми морями — Южным Каспием, Черным, Восточным Средиземноморьем и Мексиканским заливом. Глубоководные котловины в пределах этих морей имеют повышенный потенциал нефтегазоносности. Это определяется развитием в них разновозрастных систем рифтов, где термический режим весьма повышен значительной (до 10—30 км) мощностью осадочного чехла. Чехол осложнен крупными дислокациями — ловушками для углеводородов. В отдельных котловинах имеются толщи эвапоритов, образующих либо соляные купола (котловина Сигсби), либо покровы для залежей углеводородов (соли мессиния в Восточном Средиземноморье). Котловины обрамлены барьерными рифами с установленной в отдельных местах промышленной нефтегазоносностью. Скорость седиментации за последние 36 млн. лет здесь была высокой, а термобарическая обстановка — весьма благоприятной для генерации и миграции углеводородов.

К высокоперспективным для поисков принадлежат все котловины в группе бассейнов древних пассивных окраин, испытавших столкновение с мезозойско-кайнозойскими островными дугами (Южного Каспия, Черноморская, Левантийская, Ионическая и Сиг-

сби), а также отдельные котловины группы бассейнов переходной области к современной активной окраине (Алжиро-Провансская, Алеутская, Сулавеси, Гренада и, возможно, Юкатанская).

Перспективны также котловины в группе бассейнов переходной области к современной активной окраине (Командорская, Курильская, Окинава, Сулу, Кораллово-морская, Новокаледонская, Венесуэльская и Колумбийская, Критская), а также отдельные внутридуговые котловины в бассейнах современных активных окраин (Молуккская, Вудларк и Соломонова).

Спрединговые осадочные бассейны современных пассивных окраин развиты в Индийском, Атлантическом и Северном Ледовитом океанах. Они также характеризуются рядом признаков нефтегазоносности океанского борта, т. е. области глубоководных котловин. Здесь складываются условия, необходимые для развития процессов нефтегазообразования и нефтегазонакопления. Важнейшее из них — высокая мощность осадочной толщи (от 5 до 18 км), главенствующее направление потока миграции углеводородов от подножия континентального склона в сторону глубоководных котловин (подтвержденное в отдельных районах глубоководным бурением), распространение уплотненных пород мелководно-морского и глубоководного генезиса.

Подобно котловинам окраинных и внутренних морей, эти бассейны могут быть разделены на высокоперспективные для по-

исков месторождений углеводородов и перспективные. К первой категории принадлежит океанские борты следующих осадочных бассейнов: Западно-Австралийского, Бенгальского, Оманского, Сомалийского, Аргентинского, Ааюн, Баффинова залива, Ламберта — моря Содружества, моря Уэдделла, моря Бофорта — Канадской котловины. Вторая категория — это бассейны Аравийско-Индский, Мозамбикский, Ангольский, Каспийский, Гвинейский залив, Сенегальский, Северо-Американский, Ньюфаундленд-Лабрадорский, Норвежский, котловины Макарова-Подводников.

Итак, процессы тектоники плит контролируют направленность эволюции осадочных бассейнов, формирование генетических типов бассейнов, особенности их структуры и в конечном итоге потенциал нефтегазоносности. Наиболее высок он у осадочных бассейнов краевых морей, включая районы глубоководных котловин, сформировавшиеся при спрединге в позднем мезозое — раннем кайнозое. При спрединге в позднем кайнозое глубоководные котловины краевых морей малоперспективны или бесперспективны для поисков залежей углеводородов. Суммарная площадь глубоководных котловин перспективная в отношении нефтегазоносности составляет порядка 10—40 млн. км².

Исследования проводятся при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

Новая модель геологического строения Крыма

В. В. Юдин,

доктор геолого-минералогических наук
Украинский государственный институт минеральных ресурсов
Симферополь

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ строение Крыма много лет было предметом острых дискуссий. Здесь работали многие исследователи с разными представлениями о строении и эволюции земной коры, на геологической практике обучалось не одно поколение студентов, сохранивших интерес к изучению этого удивительного объекта. Сторонники

разных геологических концепций создали более 50 различных схем тектонического районирования Крыма, основанных на практически не применяемых ныне в мировой науке представлениях о геосинклиналях, глубинных разломах, гипотезах сжатия и пульсации Земли. На их основе были разработаны в основном две модели геологического строения полуострова.

Первая, «складчато-блоковая» модель была обоснована в начале века и базирова-

Геодинамическая модель строения Крыма, соответствующая глобальной реконструкции древнего океана Тетис. Вверху — расположение основных тектонических элементов. Буквами отмечены коллизионные швы (сутуры): П — Предгорная, СК — Северокрымская; основные надвиги: ЮК — Южнокрымский, СЧ — Северочерноморский. Внизу — профиль по разрезу А — Б.

Коллизионные швы (сутуры)

Зона тектонического меланжа:

у поверхности

под мел-палеозойскими породами

Молассы краевых прогибов

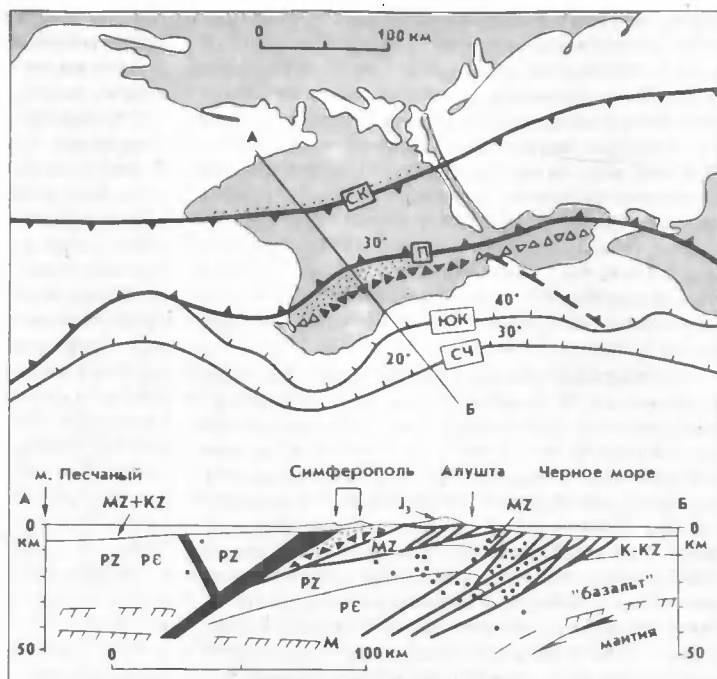
Основные надвиги

Очаги землетрясений

Границы:

стратиграфические

геофизические



лась на фиксированных представлениях. Считалось, что главный элемент строения — круто падающие разломы и связанные с ними складки, отражающие вертикальные движения блоков земной коры. Эти разрывы разные исследователи считали сбросами и сдвигами, реже взбросами различных направлений, секущими складчатые структуры. Такая модель отражена на всех не похожих друг на друга геологических картах Крыма до настоящего времени.

Вторая, структурно-мобилистская модель строения была выдвинута в 1982—1989 гг. Ю. В. Казанцевым. Согласно его концепции, Крым сложен серией тектонических пластин и чешуй, разделенных надвигами, наклоненными к югу и сформированными мощным горизонтальным сжатием (такая модель была предложена для Урала). Эта интерпретация вызвала острую дискуссию среди исследователей. С одной стороны, складчато-надвиговое строение характерно для соседствующих с Крымом Кавказа, Карпат и других горно-складчатых областей, а с другой — эта интерпретация не всегда соответствовала реальным крымским структурам. Неясным оставалось, на чем лежали, до того как были смяты в складки, сжатые толщи и где расположены «корни» высокоамплитудных надвигов. Без решения этих вопросов геологические модели, разре-

зы и карты нельзя считать правильными (геометрически возможными).

Рассмотрение геологии и эволюции полуострова с позиций тектоники литосферных плит и детальное изучение структур по профилям позволило нам обосновать иную, геодинамическую модель строения, соответствующую глобальной реконструкции древнего океана Тетис, проведенной Л. П. Зоненшайном и его коллегами в 1987—1992 гг.

Палеомагнитные исследования в Крыму дали сенсационные результаты. Оказалось, что 180 млн. лет назад, в ранней и средней юре, горная часть полуострова располагалась на 1700 км южнее, чем равнинная. Между ними был широкий океан, который сомкнулся к нижнему мелу. Следовательно, в предгорьях Крыма должна существовать коллизионная сутура — шов от исчезнувшего океана между столкнувшимися континентами. Ранее в предгорной полосе выделяли крупный разлом южного падения. Ю. В. Казанцев считал его крутым глубинным сбросом или надвигом. Изучение разрыва позволило выявить здесь типичную коллизионную сутуру.

В нескольких километрах севернее Симферополя под мел-кайнозойскими толщами были вскрыты скважинами фрагменты основных и ультраосновных пород, сход-

ных с породами современной океанической коры и верхней мантии. К югу от сутуры, среди обломков в молассе прилегающего Битакского краевого прогиба, нами найдены радиоляриты — породы, характерные для абиссальных океанических осадков. Другими словами, вдоль этого крупнейшего разрыва выявлены фрагменты разных слоев океанической коры и мантии уничтоженного палеоокеана Тетис. Сам шов можно рассматривать как результат схождения и столкновения Евразии либо с Горнокрымским островом-террейном, названным Крымией, либо с Африкой (частью Гондваны).

Зона деформаций вдоль сутуры весьма значительна. С севера на юг это 2—3-километровая толща перетертых и метаморфизованных пород-милонитов и крупные запороженные к югу складки Битакского краевого прогиба. Еще южнее расположена сложнейшая по строению зона. Разными исследователями она объяснялась как антиклинальная или синклинальная складка, как серия блоков или чешуй, как глубинный разлом и т. д. Нами показано, что эта полоса представляет собой тектонический вулканогенно-осадочный меланж — комплекс обломочных образований перед фронтом очень высокоамплитудного надвига, сформированный за счет сдирания и дробления пород между перемещающимися пластинами. Обычно у фронта таких надвигов развиты сходные по виду олистостромы — мощные оползневые образования осадочного происхождения. Однако меланж имеет свою специфику. Это — аномальная тектоническая переработка всего комплекса пород, надвиговые контакты со вмещающими толщами, очень разный состав обломков и большой диапазон возраста их образования, наличие более молодых обломков, чем вмещающая масса, присутствие глыб неизвестного для района происхождения и др. Все это характерно для меланжа, названного Симферопольским.

Он протягивается полосой южнее сутуры и состоит из фрагментов известняков, флиша, магматических образований, песчаников, конгломератов и других пород. Размеры обломков — от сантиметров до десятков и сотен метров. Их возраст по остаткам фауны датируется в диапазоне 200 млн. лет (от раннего карбона до раннего мела). Прежде считалось, что обломки сползли с гипотетических гор, но никто не мог указать их положение. Новая интерпретация позволяет полагать, что самые древние породы Крыма (пермско-каменноугольные известняки), обнаруживаемые на поверхности в глыбах, выведены из-под надвига. Надвиг с меланжем, как природная скважи-

на, позволяет заглянуть внутрь Земли и прогнозировать открытие новых осадочных комплексов пород на глубине, что очень важно для нефтегазовой геологии.

Любую геодинамическую модель определяет направление наклона сутуры. В сбросовой или надвиговой интерпретации оно считалось южным. Однако асимметрия структур, падение оперяющих надвигов, возраст пород по обе стороны от разрыва, расположение относительно сутуры краевого прогиба, положение центров нижнемелового вулканизма в равнинном Крыму, асимметрия современного рельефа и положение на востоке Главного Кавказского надвига позволяют считать, что сатура имеет не южное, а северное падение. Это подтверждено и сейсморазведкой.

Возраст предгорного шва определен по изотопному датированию, взаимному расположению надвинутых и перекрывающих толщ, а также по остаткам фауны и флоры в обломках меланжа и молассы. Основное формирование сутуры происходило 80 млн. лет — со средней юры до нижнего мела. Но и позже, в кайнозое и до настоящего времени, здесь фиксируются смещения. Они выражены поднятиями второй и третьей гряд Крымских гор и положениями эпицентров землетрясений в предгорной сейсмогенной зоне от Севастополя до Феодосии.

Севернее от предгорной сутуры по геодинамическим и геофизическим критериям намечена более древняя Северокрымская сатура позднепалеозойского возраста. Она отражает столкновение активной окраины Скифского террейна или островной дуги с Евроамериканским палеоконтинентом. Падение этой сутуры южное, так как севернее шельфовые комплексы пород лишены магматизма и залежали на пассивной окраине (по модели геодинамики Палеоурала). Ныне полоса вдоль сутуры тектонически мало активна, что выражается редкими очагами слабых землетрясений в Северокрымской сейсмогенной зоне, а также пологими складками в кайнозойских породах и надвигами южного падения.

Основная сейсмичность связана с Южнокрымской сейсмогенной зоной, тянущейся вдоль континентального склона Черного моря 50-километровой полосой и частично захватывающей шельф и Южный берег Крыма. Зона выражена 3,5-километровым перепадом рельефа от горных вершин до абиссали Черного моря и почти 15-километровым перепадом тектонического рельефа по мел-кайнозойским отложениям. Традиционно считалось, что сместитель зоны сейсмогенных разрывов имеет крутое паде-

ние. Однако материалы морской сейсмо-разведки позволили выделить в этой зоне асимметричные складки и пологие надвиги северного падения. Сходные, но более сжатые структуры выявлены нами по пересечениям Южного и Восточного Крыма. Формы структур в сейсмогенной зоне свидетельствуют, что это не крутой разрыв, а пологий надвиг, наклоненный на север. Генетически более правильно называть его поддвигом, который связан с тыловым задуговым спредингом, раскрывшим в позднемеловое время океаническую впадину Черного моря.

Формирование главной гряды крымских гор с позиций новой модели объясняется компенсационным поднятием фронтальной части Горнокрымского аллохтона при поддвиге под него тектонических пластин более легких мезозойско-кайнозойских пород. Это объясняет и сложную дислоцированность в сейсмогенной зоне, и отсутствие смытия поверхностей яйл Крымских гор.

Анализ описанных в литературе последствий крымских землетрясений подтверждает значительную горизонтальную составляющую сейсмогенных смещений. Об этом свидетельствуют раскачивание при землетрясениях висящих и высоко стоящих объектов, хлопанье дверей, сбрасывание предметов с горизонтальных плоскостей, выпадение (выбивание) стен и их частей при сохранении крыш и их смещение относительно стен, падение башен, скал-пикув, сталактитов

в пещерах и др. Нарушаются и разрушаются преимущественно высокие объекты субширотного простираения, перпендикулярные надвиговым смещениям. Поэтому в Крыму рекомендуется строящиеся здания ориентировать субмеридионально, во избежание тектонического раскачивания. Особенно это важно для Южного берега Крыма и полосы вдоль Предгорной сутуры, где расположено большинство городов и поселков полуострова.

С сутурными зонами обычно связаны месторождения определенных полезных ископаемых, которые можно встретить и вдоль Предгорного шва под мел-кайнозойскими отложениями. Здесь можно прогнозировать залежи углеводородов в поднадвиговых структурах орогенного комплекса Битакского краевого прогиба и предполагаемого шельфового комплекса палеозоя.

Таким образом, согласно новой модели, Крым представляет собой надвиго-меланжевую структуру, сформированную столкновением Скифского террейна с Евроамерикой (в позднем палеозое), коллизией Евразии с Горнокрымским террейном или с Гондваной (в средней юре — раннем мелу) и поддвигом новообразованной океанической коры Черного моря под Евразию (в кайнозое). Главным элементом модели являются две сутуры, а также связанные с ними надвиги, складки и меланж в основном северного падения. Отдельные надвиги встречного падения, сбросы и сдвиги имеют второстепенное значение.

«Одна, но пламенная страсть»

А. М. Городницкий,

доктор геолого-минералогических наук
Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН
Москва

В ИСТОРИИ НАУКИ, как и в истории искусства, время от времени вдруг ярко вспыхивают имена людей, которые, кажется, самим Богом были призваны к яростному познанию окружающего мира, жизнь которых была подвижнически посвящена любимому делу. «Одна, но пламенная страсть», — как писал Лермонтов. Именно Лермонтов почему-то и вспоминается мне, когда я думаю о Льве Павловиче Зонен-

шайне, хотя и ушел он из жизни за шестьдесят, и никто его как будто не травил и не убивал. Вспоминается потому, видимо, что поэтическая легкость его геологического таланта и те потенциальные творческие возможности, которые были в нем сокрыты, заставляют нас, его современников, горестно разводить руками после его безвременной кончины. Сколько бы он мог еще сделать, открыть! Какие карты построить, какие книги написать! Подобное горестное ощущение возникло у меня в свое время после внезапного известия о гибели Высоцкого.

Познакомились мы с ним в 1975 г., когда Лев Павлович пришел к нам в Институт океанологии. Наш тогдашний директор А. С. Монин собирал группу ученых для развития новой теории глобальной эволюции Земли — теории тектоники литосферных плит. В те поры была она, по советским меркам, достаточно однозной и вызывала резкие нападки со стороны власти имущих научных организаций — Академии наук, ведущих университетов и Министерства геологии. К этому времени Зоненшайн был уже одним из известных отечественных геологов, крупным специалистом по тектонике Монголии и ряда восточных областей Союза. Мне посчастливилось вместе с ним и, конечно, под его идейным руководством составлять реконструкции положения континентов и океанов в фанерозое — от 570 млн. лет назад до нашего времени. Эта большая работа требовала анализа огромного количества геологических, палеомагнитных и палеоклиматических материалов. В мою задачу входило создание палеомагнитной основы для реконструкций континентов в основные периоды геологической истории Земли, а Лев Павлович работал с геологическими и палеоклиматическими данными. Институт наш тогда еще ютился в старом здании в Люблино, где мест для сотрудников не хватало. Поэтому работали мы дома у Зоненшайна, на тесной кухне маленькой двухкомнатной квартиры в «хрущевском» доме неподалеку от метро «Каховская». В том году ЭВМ была для нас еще непозволительной роскошью. Ввиду этого все построения проводились на стареньком, донельзя обшарпанном школьном глобусе, на котором под конец стало трудно различать широты. А сами континенты выпиливались лобзиком из пластинок плексигласа. Чтобы придать континентам кривизну, в соответствии с поверхностью глобуса, пластинки приходилось долго нагревать над паром, рискуя обжечь себе руки. Надо сказать, что для «изготовления континентов» кроме непослушного плекса мы использовали любые попадавшиеся под руку выпуклые предметы — от раскуроченных кухонных кастрюль до консервных банок. Только через пару лет, с появлением программ, мы стали работать цивилизованно — на ЭВМ.

С самого первого дня работы Лев Павлович поразил меня глубиной своих поистине энциклопедических знаний в геологии, причем не только по самым разным регионам нашей страны или Центральной Азии, где он работал, но и практически по любой области мира. Это был буквально живой банк геологических данных. Наряду с уникальной

памятью сразу же поражали его нечеловеческая энергия и работоспособность. Будучи «жаворонком», поднимался он с рассветом и работать был готов, кажется, круглосуточно. «Тянуть» с ним в паре было невероятно трудно, тем более, что, жестко и требовательно относясь к себе, он и от партнеров своих требовал такой же преданности работе и результативности. Самое для меня удивительное, что он ухитрялся каким-то непонятным образом прочитывать последние литературные новинки и быть в курсе всех заметных событий в искусстве и общественной жизни, хотя, конечно, и не без активной помощи его жены Ирины. С этой точки зрения он был не ученым-сухарем, озабоченным лишь доскональными знаниями в своей области, а подлинным российским интеллигентом. Он обладал безошибочным вкусом в литературе, живописи и театре, остро и болезненно реагировал на любую фальшь и был непримирим к любой форме идеологической продажи. В августе 91-го он не мог не быть на баррикадах у Белого дома.

В 1976 г. мы с Зоненшайном составили серию карт-реконструкций расположения континентов и океанов на поверхности нашей планеты за время существования явной жизни — от раннего кембрия до наших дней. Получилось несколько «древних глобусов» с интервалами около 100 млн. лет. Составленные реконструкции позволили, в частности, сделать вывод о том, что все складчатые пояса и горные страны на Земле — по большей части результат столкновения материков при закрытии древних океанов, а значит, история формирования складчатых поясов — это история открытия и закрытия древних океанов. Было также высказано предположение, что образование и распад гигантского единого сверхконтинента Пангеи в истории нашей планеты происходили неоднократно со средним интервалом около 600 млн. лет. Реконструкции наши были опубликованы в том же году в журналах «Природа» и «Геотектоника», а несколько позднее вышла совместная книга в издательстве «Наука».

Как я уже упоминал, новая глобальная теория была поначалу принята в штыки нашей официальной наукой. Сталинский колхозный строй не мог не породить Лысенко. И не только в одной биологии. Идеологическое обоснование существующего тоталитарного режима требовало единоверия во всех областях науки — от математики до истории. Аналогичная ситуация сложилась и в геологии. Возрождение вегенеровской теории дрейфа континентов на основе тектоники литосферных плит вызвало резкую критику со стороны научных руководителей, зани-



Обсуждение проблем Красноморского рифта. Л. П. Зоненшайн и О. Г. Сорохин. 1980 г.

мавших тогда ключевые посты. Ее сразу же объявили, как в доброе старое время, буржуазной лженаукой. В те годы бывали случаи, когда приверженцам этой теории не давали защищать диссертации, старались не пускать за рубеж. Сейчас это кажется странным: факты есть факты, при чем тут идеология? А при том, что мысль полностью подрывала основы старой, «фиксистской» теории о неподвижности континентов и океанов, на основе которой в нашей стране уже была создана картина размещения полезных ископаемых — нефти, угля, алмазов, металлов и т. д. За все это уже были получены звания, должности и премии. Зачем же пересматривать? Взорвать такое крепкое здание «советской геологической науки» было очень нелегко. Сразу же после выхода нашей с Зоненшайном книги «Реконструкции материков в фанерозое» один из ревностных охранителей старой, «фиксистской» теории тут же настрочил на нас объемистый донос с политической подоплекой и послал его в Президиум Академии наук. В этой замечательной бумаге авторы книги обвинялись в «низкопоклонстве перед буржуазной лже-

наукой и попытке обмануть простых советских людей». Подчеркивалось также нерусское звучание наших фамилий. Вот отрывок из безграмотного документального текста: «Эти ваши ученые отстаивают и доказывают реакционное воззрение господ мобилистов (далее — цитата из Ленина). Авторы не устраивает марксизм-ленинизм, и они ищут опору в других теориях. Это очевидно из их отбора палеополюсов. Видимо, эта теория господ Городницкого и Зоненшайна больше устраивает, но она не устраивает всех советских людей, всех людей труда».

Донос был всерьез направлен к нам в институт с визой академика-секретаря нашего отделения Л. М. Бреховских, и мы вынуждены были писать подробную объяснительную записку.

Вспоминаю, как пару лет спустя мы вместе с Зоненшайном и нашим общим другом и коллегой М. И. Кузьминым принимали участие в работе Всесоюзной школы по морской геологии в Геленджике. Жили мы втроем в тесном номере гостиницы, когда выяснилось, что в Тбилиси в эти самые дни тоже проходит какая-то важная тектоническая конференция, где Лев Павлович должен делать доклад. Он тут же собрался и поехал на аэродром, и мы с Михаилом остались вдвоем. Как раз на следующий день на на-

шей школе состоялось пленарное заседание, посвященное проблемам глобальной тектоники, на котором были поставлены доклады именитых московских ученых, где осуждалась тектоника плит. Соответственно этому получило направление и обсуждение докладов в прениях. Мы с Михаилом, будучи тогда еще скромными кандидатами, пытались защищаться, однако успеха среди аудитории не имели — не та весовая категория. Отсутствие нашего лидера — Зоненшайна сыграло роковую роль. Расстроенные, мы пошли вечером в гости, где с помощью крепких напитков попытались снять нервный стресс и укрепить свое красноречие. Когда поздно ночью мы возвратились к себе в гостиницу и зажгли свет в номере, то увидели Льва Павловича, который уже спал, замученный трудными перелетами туда и обратно. Мы с Михаилом тут же, конечно, его разбудили и наперебой начали энергично объяснять, как нас сегодня разгромили на заседании и как нехорошо поступил Зоненшайн, предательски оставивший нас одних на растерзание научным противникам. Лева внимательно слушал наш эмоциональный, но сбивчивый рассказ, испуганно хлопая своими красивыми длинными ресницами, пока взгляд его не упал на недопитую бутылку «Столичной», торчавшую у Кузьмина из кармана пиджака. «А вы все пьете, негодяи, — неожиданно закричал он на нас, — всю тектонику плит пропили!» Сам Лев Павлович, как я заметил,пил крайне мало, и то по необходимости.

Одной из его главных черт была изначальная доброжелательность. К нему мог обратиться любой геолог из самой глубокой провинции за консультацией или за помощью, и ни разу он не отказал никому, несмотря на постоянную загруженность работой. Сколько диссертаций помог он написать! Обращает на себя внимание, что большинство книг и статей Л. П. Зоненшайна написаны в соавторстве, ибо он был крайне щепетилен, пользуясь чужими материалами или трудом. Однако всегда главный автор — он.

Как я уже упоминал, он был однолюбом, отдавая все свое время и силы науке. Он буквально жил работой, занимавшей всю его жизнь без остатка, как будто чувствовал, что времени ему отпущено мало. Даже прикованный к постели неизлечимой болезнью, и здесь в России, и в США, куда поехал на послеоперационное лечение, он до самого последнего момента старался работать, не давая себе пощады. Бездельников не любил, утверждая при этом, что есть две их категории — одни просто ничего не де-

лают, а другие при этом создают видимость кипучей деятельности.

Справедливости ради следует сказать, что его научный путь был тернистым. Мягкий, отзывчивый и добрый в быту, в научных спорах он был непримирим, чем нажил себе немало недоброжелателей. Мне еще в 1985 г. довелось быть свидетелем его абсолютного научного авторитета среди зарубежных ученых. В этот год в Праге состоялась очередная ассамблея Всемирной ассоциации магнитологов, где у Льва Павловича были запланированы несколько докладов, в том числе и наш совместный доклад о реконструкциях материков в докембрии. В ассамблее принимало участие множество знаменитых ученых из разных стран, известных мне ранее только по работам. «Надо бы подойти к ним, представиться», — волновался я. «Не надо», — спокойно отрезал Зоненшайн, — сами придут». Он оказался прав: они все пришли на его доклад и толпились вокруг него, задавая вопросы и предлагая сотрудничать. К сожалению, как это часто у нас бывает, его зарубежный научный рейтинг значительно опередил широкое признание в отечественных научных кругах. Высокие слова в его адрес и научные почести несколько запоздали.

И еще одно неocenимое достоинство было у Льва Павловича Зоненшайна — он был блестящим оппонентом. От его беспощадной критики рассыпались в один миг с большим трудом возведенные и, казалось бы, несокрушимые научные построения. Мне неоднократно приходилось с ним спорить, и каждый раз он виртуозно клал меня на лопатки, как олимпийский чемпион неумелого новичка. В то же время, если работа выдерживала его критику, с ней можно было смело выходить на любой уровень — другие оппоненты были уже не страшны.

Лев Павлович оставил после себя немало монографий, посвященных геодинамике Земли, ее геологической истории. Одна из последних книг «Тектоника плит СССР» вышла в США незадолго до его смерти. Когда-то, в 1981 г. в день его рождения, я написал на своей книжечке стихов, подаренной ему:

Не суждено нам умереть
В век общего веселья —
Меня по пьянке будут петь,
Тебя — читать с похмелья.

С горестным чувством вспоминаю я эти строки, когда перелистываю его книги и думаю о тех, что так и не написаны.

О теории Миланковича

И.И.Краснов,

доктор геолого-минералогических наук
Всероссийский геолого-минералогический институт
им.А.П.Карпинского
Санкт-Петербург

С УДОВОЛЬСТВИЕМ прочел в №8 «Природы» за 1993 г. подборку научных сообщений «Климат: проблемы изучения и прогнозирования» и комментарий к ней А.В.Бялко.

По моему мнению, тематические подборки аннотаций новейших работ по актуальным научным проблемам весьма полезны и удобны для читателей, да и комментарий тоже оказался интересным.

Я давно занимаюсь проблемами палеоклиматологии, поскольку работаю в области хроностратиграфии четвертичного периода. Наиболее достоверные данные о ритмичности природных процессов, и в частности палеоклиматов, за-

фиксированы в четвертичных морских и континентальных осадках.

Успехи современной ритмохронологии в стратиграфии достигнуты благодаря сочетанию исследований геологов и астрономов. Астрономическая теория (а не гипотеза!) глобальных климатических колебаний М.Миланковича (1930, 1941, 1957), неоднократно подвергавшаяся ревизии и критике, теперь подтверждена многими новейшими исследованиями. Обычные опровержения этой теории основаны на мелких частных фактах, не соответствующих уровню глобальной теории. Вот и опубликованное в подборке (с.103) сообщение о работах группы А.Винограда, в которых оспаривается вер-

ность теории Миланковича, свидетельствует о недостаточном знании данных палеоклиматологии, астрономии, геологии, океанологии. Следует заметить, что «модели» климатических процессов, составленные с помощью компьютерного моделирования, часто абстрактны и не согласуются с реальными хроностратиграфическими схемами, разработанными геологами и палеогеографами.

В связи с этим считаю вполне целесообразным такой метод публикации подборок новых разнообразных научных сообщений - это дает основу для более полного согласования глобальных исследований в областях климатологии, геологии, астрономии, палеогеографии.

Аномальные гидрометеорологические явления в Санкт-Петербурге

К.С.Померанец,

кандидат географических наук
Санкт-Петербург

Р ЕШИЛ откликнуться на подборку сообщений об изучении и прогнозировании климата, опубликованную в №8 «Природы». Считаю, что и форма и существо публикации заслуживают всяческого одобрения: слишком очевидными стали в последнее время аномалии метеорологических явлений, поэтому регулярные сведения из авторитетных иностранных журналов, несомненно, привлекут всеобщее внимание.

Но я хотел бы воспользоваться случаем и сообщить некоторые дополнительные данные об аномальных гидрометеорологических явлениях в Петербурге за последнее время¹. Они в значительной степени характерны и для акватории Балтийского моря, и для Северо-Запада России. Речь пойдет о наводнениях в устье Невы в зимние месяцы

1964-1993 гг. (исключая декабрь 1993 г.) и о потеплении в эти и особенно в последние годы.

Наводнения преобладают осенью и зимой: за 290 лет истории города их было 283, причем 176 - осенью (62%) и 75 - зимой (27%). За последние 30 лет, с 1964 г. соотношение изменилось в пользу зимних наводнений: из 61 за этот период 31 произошло зимой (51%), 28 - осенью (47%), два случились в марте. Периоды с преобладанием зимних подъемов ранее не отмечались.

В последние 10 лет наводнения зимой стали еще более частыми: с января 1984 до декабря 1993 г. из 20 наводнений 15 (75%) приходится на зиму. Существовало, что в это десятилетие наводнения происходили и во вторую, обычно более суровую половину зимы. За все 290 лет во второй половине января имели место девять наводнений, пять из них - в 1983-1993 гг.; соот-

ветственно в феврале - шесть и два.

Наводнения всегда связаны с циклонами, приходящими с Атлантики, и потеплениями. В последние годы можно говорить не только о временных вторжениях теплого воздуха с циклонами, но и об общем потеплении. Впервые наблюдались подряд шесть теплых зим - с 1987 г. Положительные аномалии температуры воздуха в декабре составляли от 1.5 до 4.5°C, правда, в декабре 1987 г. и декабре 1989 г. температуры были примерно на 0.5°C ниже нормы. Но во все шесть зим воздух был теплее обычного: в январе - на 2-7°C и в феврале - на 1.5-9°C.

Эти данные, возможно, не доказывают еще устойчивого потепления в нашем регионе, но о существенном повышении межгодовой изменчивости они определенно свидетельствуют.

¹Померанец К.С. Наводнения в устье Невы // Природа. 1993. №10. С.9-19.

«ПОДУШКИ» ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ

Подушковидные растения привлекли внимание ботаников более 100 лет назад¹. В 1888 г. знаток флоры Тибета академик К. И. Максимович на торжественном заседании, посвященном памяти известного исследователя Центральной Азии Н. М. Пржевальского, рассказывал о том, что последний неоднократно упоминал о «мелком растении *Androsace tapetae*, образующем на Тибетском нагорье густые коврики до аршина в поперечнике, похожие на ситец с маленькими цветочками». А ровно 80 лет назад в «Природе» появилась первая отечественная публикация палеоботаника И. В. Палибина, в которой автор не только подробно охарактеризовал эти своеобразные растения, но и, возможно впервые, отметил, что «подушкообразный» рост растений — это не морфологическая особенность, свойственная какой-либо определенной группе, а одна из форм адаптации растительного организма².

Более подробно растения-подушки исследовал немецкий ботаник В. Рау, который описал особенности их строения, онтогенеза, экологии и распространения³. Кроме того, Рау создал классификацию, принятую во всем мире и поныне, куда включил не только «настоящие подушковидные растения», но и все, что их сколько-нибудь напоминает, включая дерновинные и розеточные «подушки», суккулентные подушковидные растения, подушковидные мхи и даже ложноподушковидные растения.

Русскоязычный читатель, помимо статьи И. В. Палибина, может познакомиться с «подушками» по обстоятельной монографии И. Г. Серебрякова «Экологическая морфология растений», в которой жизненные формы характеризуются с эколого-морфологических позиций своеобразным общим обликом, возникающим в результате их развития в определенных условиях. Совокупность признаков, позволяющая отнести растения к «подушкам», исторически возникает как выражение приспособляемости растений к условиям обитания⁴.

Желая познакомить читателя со столь своеобразной формой адаптации растений, мы публикуем статью известного ботаника А. П. Хохрякова и небольшой оригинальный обзор о подушковидных растениях Средней Азии К. П. Попова и Э. М. Сейфуллина.

¹ Reiche K. // Verh. wiss. Verz. Santiago, 1893. Bd. 11. Heft. 6. S. 5—6.

² Палибин И. В. Растения-подушки // Природа. 1914. № 12. С. 1441—1450.

³ Rauh W. // Nova Acta Leopoldina. Bd. 7. N 49. S. 267—508; Rauh W. // Bot. Archiv. 1940. Bd. 40. S. 289—462.

⁴ Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. М., 1962.

Активная, а не пассивная жизненная форма

А. П. Хохряков,
доктор биологических наук
Москва

«**П**ОДУШКОВИДНЫЕ растения представляют собой многолетние травянистые, реже деревянистые растения, в большинстве вечно зеленые, с едва заметной главной осью (у основания подуш-

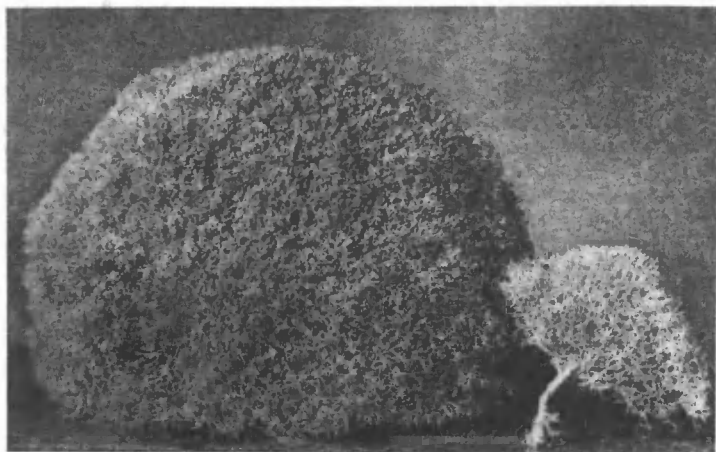
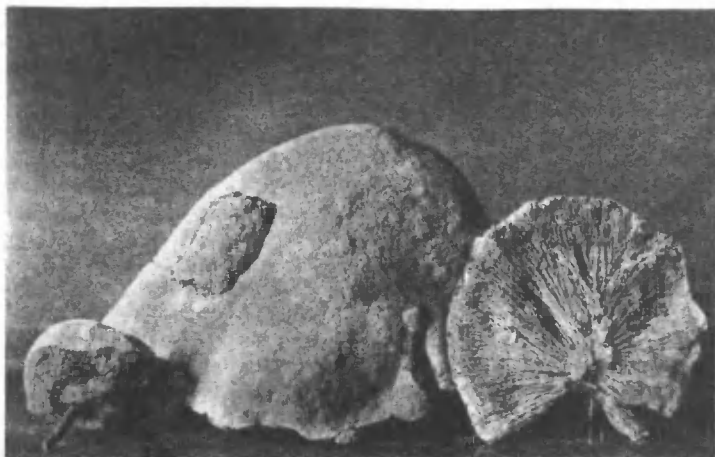
ки) и многочисленными, радиально и этажами расположенными боковыми ветвями, верхушки которых, вследствие одинакового и всегда ничтожного прироста в длину (несколько миллиметров в год), образуют общую для всей подушки более или менее плотную ровную поверхность полусферической или плоскокровлеобразной формы

(выделено мною. — А. Х.), выше которой могут подниматься лишь отдельные ветви, соцветия и цветки. Стебли подушковидных растений с крайне короткими междоузлиями плотно покрыты мелкими, чаще простыми, сидячими ассимилирующими листьями, более или менее длительно сохраняющимися при подсыхании. Живые растущие

стебли и ассимилирующие листья располагаются лишь на поверхности подушки, в ее «коревой» части, а «внутренний объем» подушки между ее ветвями обычно заполнен торфянистой массой из выветривающихся листьев, пронизанной питающими придаточными корнями¹.

Из этого определения Серебрякова ясно, что главное в подушковидной форме роста не столько и не только «крайняя загущенность ветвления», сколько общая поверхность, образованная всеми ветвями, которая может быть то очень плотной (такой, что и револьверная пуля ее не пробивает, как это считается в отношении кочина подушечного), то более рыхлой. Иначе говоря, если этой общей поверхности нет, нет и самой подушковидной формы роста.

Второй важный признак подушковидных растений — ничтожные, миллиметровые приросты побегов. Однако и это нельзя считать абсолютным. Например, на Канарских о-вах растет высокое (до 20 м) драконово дерево (*Dracaena draco*), плотную крону которого образуют длинные листья, собранные в пучки на концах ветвей. Немецкий ботаник В. Рау причислил это дерево к подушкам, хотя его приросты могут быть и сантиметровыми. Поэтому, характеризуя растения-подушки, важно отметить ничтожность прироста побега относительно размера самого растения. Однако таких измерений еще никто не проводил и неизвестно, насколько относительный прирост подушковидных растений отличается от прироста обычных деревьев, кустарников и трав. Верным же признаком подушек считается то, что их листья расположены в виде розеток. Это свойственно всем подушковидным растениям, включая и «ложноподушковидные» В. Рау (современный термин — факультативно-подушковидные). Но не только им, например, гигантские розетки листьев образуют всем известные агавы. Если такая розетка пойдет в рост, хотя бы и ничтожными приростами, то в конце концов она вырастет в ко-



Сухие экземпляры: вверху — плотной подушки кочина подушковидного, внизу — рыхлой подушки эспарцета (по Палибину).

лонну, такую, как пальма. Чтобы подобные колонны превратились в подушки необходимо только одно — интенсивное, очень активное ветвление, и здесь мы подходим к очень важному пункту всей «подушковой логики», а именно: считается, что подушковидная форма роста — это выражение приспособления к крайне угнетающим условиям среды (иссушению, холоду, яркому свету), которые подавляют прежде всего ростовые процессы. Растение существует и растет десятки, сотни и даже тысячи лет, оставаясь карликом (об этом писал еще И. А. Палибин, а за ним и другие авторы). Возможно, так оно и есть.

Но все же следует обратить внимание и на то, что растение не только «терпит», не только съезживается, но и активно ветвится. Таким образом, суровые условия обитания вызывают активизацию процесса размножения точек роста, притом что каждая из них в отдельности «работает» в замедленном темпе. Без этого невозможно существование подушковидной жизненной формы². Более или менее плотная поверхность подушки на разных стадиях фенологического развития отнюдь не постоянна, и чем плотнее подушка, тем контрастнее выглядят сезонные изменения ее поверхности. Поэтому можно сказать, что по-

² Существует и иная точка зрения. См.: Зайцев А. М. Г. О развитии формы у растений-подушек // Сообщ. Тадж. фил. АН СССР. 1949. Вып. 17.

¹ Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. М., 1962. С. 348.



Цветущая «подушка» колючелистника железистого.

Здесь и далее фото
Э. М. Сайфулина

душковидные растения (впрочем, как и многие другие) представлены несколькими фенобиоморфами: вегетативной (основной), во время которой поверхность подушки более или менее плотная, гладкая и зеленая; цветочной (флоральной) — с поверхностью, буквально цветущей белыми, желтыми, красными, синими цветками или соцветиями в зависимости от видовой, родовой и семейственной принадлежности; плодоносной (карпальной) — это фенобио-

морфа не столь экспрессивно выражена, как флоральная, тем не менее отличается и от той и от другой.

Странным образом исследователи подушковидных растений были столь загипнотизированы основной, вегетативной, фенобиоморфой подушек, что мало обращали внимания на особенности двух других. Между тем способность подушек полностью покрываться цветками и плодами — выражение их активности и даже процветания (в прямом смысле) в избранных ими условиях существования. Кроме того, яркость цветков подушек свидетельствует об их энтомофильности, в то время

как по способам распространения плодов большинство подушек либо анемохоры (растения, у которых диаспоры рассеиваются по воздуху), либо баллисты (растения с морфологическими приспособлениями, препятствующими самопроизвольному осыпанию диаспор, которые разбрасываются лишь при раскачивании растения ветром, животными и т. д.). Только некоторые, так называемые «дерновинные подушки» (дерновинны и кочки, т. е. вовсе не подушки. — А. Х.), относятся к анемофилам (ветроопыляемые растения) и анемохорам. И, наконец, соцветия подушковидных растений отличаются крайней просто-

той — это либо одиночные цветки — результат редукции более сложных соцветий, часто почти без цветоножек, как бы лежащие на самой поверхности подушки, либо кисти и иные кистевидные соцветия — также результат редукции более сложных ди- или монохазиев (соцветие с верхушечным цветком на главной оси, ниже которого развивается другой цветок, зацветающий позднее), что свойственно, например, многим гвоздичным, бурачниковым, свинчатковым. Упрощение соцветий вплоть до единственного сидячего цветка и распространение плодов и семян с помощью абiotических факторов (прежде всего ветра) есть выражение приспособления к крайне неблагоприятным условиям среды. Но почему в тех же условиях растения не переходят и к анемофилии?

И еще одна особенность флоральной фенобиоморфы подушковидных растений: цветки на плотных подушках всегда актиноморфные, т. е. с правильной, радиальной симметрией, крестообразные или пятилучевые. Исключение составляют лишь подушковидные бобовые родов астрагал, остролодочник, копеечник, эспарцет и др. Однако это именно то исключение, которое подтверждает правило, ибо, во-первых, большинство подушковидных бобовых образует подушки рыхлые, как, например, трагакант (*Tragacantha*), соцветия у них формируются на приросте прошлого года. Во-вторых, если подушки более или менее плотные, то цветоносы у них достаточно длинные, цветки парные, как, например, у байкальского остролодочника трехлистного (*Oxytropis triphylla*) или алтайского колючего (*O. acanthacea*).

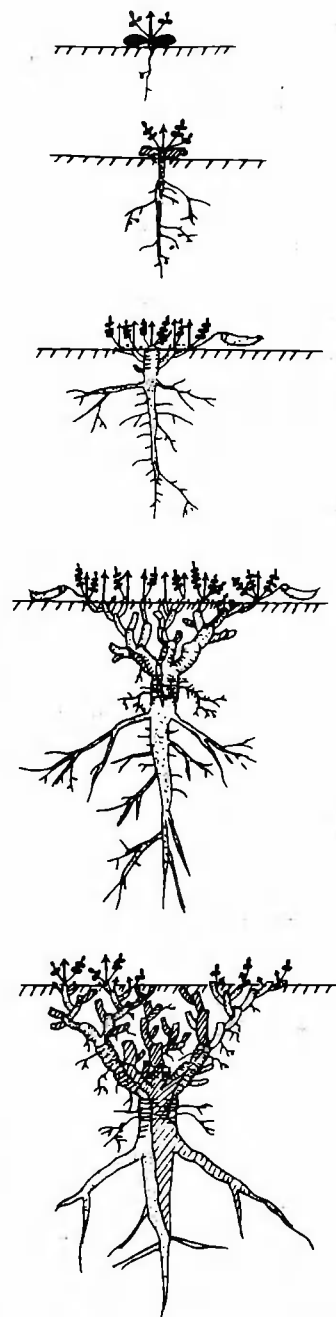
Многие подушковидные растения колючие, и колючесть их связана с особенностями строения листьев. Колючки — узкие, длинные, заостренные на конце, как стальное шило листья, — им нужны, видимо, для защиты от травоядных животных. Но не означает ли это, что растения-подушки живут не в таких уж плохих условиях? По крайней мере, не совсем уж в экстремальных. Это хорошо объясняет энтомофильный характер их флоральной фенобио-

морфы, но затрудняет объяснение анемохории. Те же бобовые, например, предпочитают рассеивать свои семена с помощью ветра, поэтому бобы у них как воздушные шарики. Причем растения из этого семейства, населяющие высокогорья Средней Азии, такие же, как и в арктических тундрах.

А теперь обратимся к нижним этажам подушек и даже к самому их фундаменту. Вспомним, что об этом говорится у Серебрякова: «Подушковидные растения... с едва заметной главной осью (у основания подушки)...», осями же у высших растений называются стебли и корни. Следовательно, подушковидные растения, по крайней мере настоящие, должны иметь в основании один стебель и один корень, т. е. это — стержнекорневые растения³. Большинство из них сохраняет мощный стержневой корень на всю жизнь, но у некоторых развиваются и достаточно сильные придаточные корни, пронизывающие торфянистую толщу самой подушки (у плотно-подушковидных растений) и уходящие в грунт. Вовсе не имеют стержневого корня дернины и кочки, включенные в круг подушковидных растений Рау. Именно поэтому их принадлежность к данной группе и оспаривается. Кроме того, большинство дерновинных растений обитает в степах, а кочкообразующих — на болотах, где настоящие подушки не растут.

До последнего времени исследователи уделяли недостаточно внимания корням подушковидных растений. Между тем на всех схемах и рисунках у этих растений есть крупные стержневые и меньших размеров придаточные корни. У разных растений они могут быть разными, так же как побеги: у деревянистых растений они твердые, деревянистые, а у травянистых — мягкие и сочные.

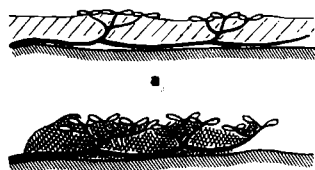
Кроме того, у деревянистых корень не способен ни к каким движениям и только медленно утолщается соответствен-



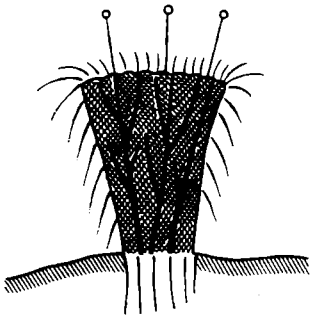
Этапы формирования «подушки» остролодочника чукотского.

-  отмершие части растений
-  живые части растений
-  нарастающие побеги

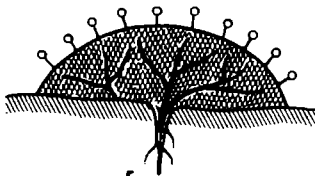
³ Жмылев П. Ю., Алексеев Ю. Е., Карпухина Е. А. Основные термины и понятия современной биоморфологии растений. М., 1993.



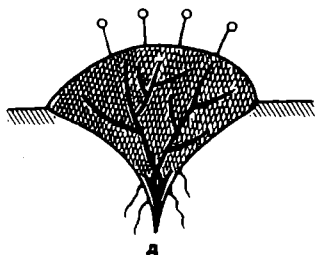
6



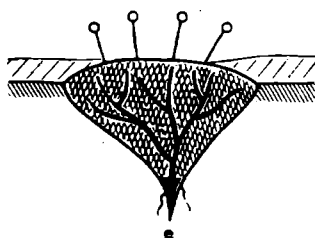
в



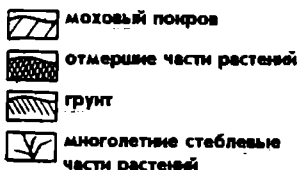
г



д



е



Морфологические типы подушковидных растений; а — корневищные растения со стеблями, спрятанными во мху; б — кустарнички с опадающей листвой; в — почкообразующие растения; г — непогруженные подушки; д — полупогруженные подушки; е — погруженные подушки.

но возрасту всего растения. Травянистый же стержневой корень способен скручиваться как штопор и за счет этого сокращаться в линейных размерах, втягивая все растение-подушку в грунт. Нижняя часть подушки приобретает форму конуса, обращенного острием в глубь почвы, и не может быть плоской, как это обычно изображают на всех схемах строения подушковидных растений. Пожалуй, только О. Хедберг верно изобразил нижнюю часть некоего подушковидного растения из восточноафриканских высокогорий⁴.

Стоит подчеркнуть еще раз: нижняя поверхность плоская лишь у древеснистых подушек, многие же травянистые подушки в той или иной степени погружены в грунт благодаря втягиванию главным стержневым корнем⁵. Более того, в зависимости от степени втянутости в грунт нижней поверхности подушковидного растения меняется и его верхняя поверхность, которая становится все более и более плоской и, наконец, может сравняться с грунтом. Такое растение трудно даже заподозрить в принадлежности к подушковидным, так как выглядит оно сверху просто как плоский блин, часто даже с вогнутой, а не выпуклой поверхностью. Таковы, например, в тундрах остроолодочник чукотский (*O. szucotica*), сиверсия ледяная (*Sieversia glacialis*), смолевка бесстебельная (*Silene acaulis*).

Полупогруженные и погруженные подушки существуют совсем уж в крайне неблагоприятных условиях и потому, видимо, почти целиком прячутся в грунт. Способность же втя-

гиваться, прятаться, противостоять таким условиям — признак активности растительного организма даже в таких экстремальных условиях. Свидетельством тому служит также и интенсивное развитие придаточных корней, всасывающих перегнивший собственный опад (листья и отмирающие части побегов и цветonoсов).

Теперь несколько слов о подушковидных растениях тех мест, где мне пришлось долго работать самому, — северо-восточной Азии с прилегающей частью Северной Америки (Аляска), а также западного Закавказья с прилегающей частью Турции.

Северо-восток Азии и северо-запад Северной Америки лежат частью в Арктике, а частью в Субарктике, причем высокогорья здесь еще очень похожи на соседнюю Арктику по климату и продолжительности дня. Подушковидные растения здесь не столь многочисленны, как в Средней Азии, и не образуют больших сообществ подушечников или колючеподушечников, но достаточно часто встречаются на сухих каменистых склонах гор и в тундрах. Однако из-за мелких размеров и слабовыпуклой формы они мало заметны. Наиболее крупные подушки образуют проломник охотский (*Androsace ochotense*) — до 20 см в диаметре и до 5 см высотой. Его стержневой корень не имеет втягивающей способности, и нижняя поверхность всегда плоская, повторяет рельеф грунта.

Очень много подушковидных растений в роде крупка (*Draba*). Наиболее высокие (до 5 см) подушки образует крупка бородатая (*D. barbata*), растущая на самых высоких вершинах. Зацветает она в начале июня, сразу после схода снега, а уже в середине августа ее подушечки опять заносит снегом. Среди крупок есть как обычные, так и погруженные в почву формы. К последним принадлежат крупки узкопестная (*D. stenopetala*) и Май (*D. majae*) — обитатели щебнистых плато. Сверху они выглядят как обычные латки, тесно скученные розетки, и только выкопав их, понимаешь, что имеешь дело с подушковидными растениями. Таковы и уже упомя-

⁴ Hedberg O. Nature in utilization and conservation of high mountains in Eastern Africa // The use of high mountains of the world. Villington, 1978. P. 42—56.

⁵ Мазуренко М. Т. Биоморфологические адаптации растений Крайнего Севера. М., 1986.

нутые остролодочки, однако некоторые другие их виды, как, например, остролодочки Гордовкова и Майделя (*O. gorodkovii*, *O. maydelliana*), имеют выпуклые поверхности подушек.

Много подушковидных форм в родах лапчатка (*Potentilla*), минуарция (*Minuartia*) и незабудочник (*Eritrichium*). У некоторых из них нет придаточных корней, однако главный корень исправно «втягивает» подушки в почву. Полупогруженные типы подушек образуют виды — *P. elegans* и *M. tricostata*. Другие виды этих родов замечательны тем, что образуют как бы все переходные формы от типичных подушковидных растений до обычных. Такой ряд можно выстроить, например, от *P. elegans* через *P. uniflora* до *P. niyea* или от *M. tricostata* через *M. arctica* до *M. macrocarpa*.

Все вышеперечисленные виды — подушки мягкие. Но есть и колючие, например, некоторые виды камнеломок (*Saxifraga*). Они могут образовывать достаточно большие (до 25—30 см), но менее плотные, как бы «расплывающиеся», подушки за счет укоренения придаточными корнями и роста краевых побегов. В особенности это касается камнеломок многоцветковой, Фэнстона и колымской (*S. multiflora*, *S. funstonii*, *S. kolymensis*).

Кроме того, есть небольшие кустарники и кустарнички, относящиеся к группе ложно-подушковидных, по Рау, которые могут приобретать в определенных условиях подушковидный облик. Чаще всего это рододендрон Редовского (*Rhododendron redowskii*) и некоторые ивы. Например, ива Хохрякова (*Salix kshokhrjakovii*) в наибольшей степени напоминает какой-нибудь трагакант, имея в основании один ствол и зонтиковидную крону с плоской верхней поверхностью. Листья у этого вида не опадают после осеннего пожелтения, гладкие и неколючие. У ив барбарисолистной (*S. berberifolia*) и чукоотской (*S. szukotica*) листья, напротив, колючие (колючки образуют окончания боковых жилок листа), крона не столь правильная и не образует ровной поверхности. Довольно плотные подушки с достаточно гладкой

поверхностью образует ива красноплодная (*S. erythrocarpa*), прячущаяся обычно среди крупных камней. Она же имеет и типичную для плотных подушек внутреннюю среду, образованную листовым перегноем, пронизанным придаточными корнями.

Подушковидные ивы — характерная принадлежность флоры только северо-восточной Азии и прилегающей части Аляски. И по всей видимости каждый крупный ботанико-географический район имеет нечто специфическое в своей пульвинофлоре (от лат. *pulvinus* — подушка). В сухих тропиках это, например, суккулентные подушки, в высокогорьях Африки — гигантские подушковидные крестовники (*Senecio*). А для Арктики характерны подушковидные маки (*Papaver*), которых нет в субарктических, не говоря уже о более южных высокогорьях, хотя маки есть и там. В юго-западном Закавказье, например, пульвинофлора носит явно двойственный характер. Подушковидные растения здесь сосредоточены, с одной стороны, в высокогорьях (на высоте 2500 м и выше), а с другой — в ксерофитных низкогорьях. При этом подушковидные растения высокогорий весьма напоминают таковые Арктики и Субарктики. Это в основном травянистые растения небольшого диаметра (10—25 см) со слабовыпуклой поверхностью тех же самых родов: крупка, камнеломка, лапчатка, минуарция, проломник. Из них наиболее подушковидный, выпуклый облик имеет минуарция черепитчатая (*M. imbricata*), которая часто населяет почти отвесные скалы. Соцветия ее, как у типичных подушковидных растений, редуцированы до одного цветка. В пору цветения почти вся поверхность подушки покрывается белыми цветками.

Специфическая черта пульвинофлоры высокогорий Кавказа — присутствие скальных подушковидных колокольчиков, таких как ардонский (*Campanula ardonensis*), холодолюбивый (*C. cryophila*), безенгиский (*C. besengenica*), а в юго-западном Закавказье — колокольчик Оше (*C. aucheri*). Но наиболее типичные подушки из всех

кавказских колокольчиков формирует эдрайантус Оверина (*Edraianthus ovverinianus*) в горах Дагестана. Как и минуарция черепитчатая, он имеет одиночные сидячие цветки, только не белого, а ярко-синего цвета.

Пульвинофлора низкогорий юго-западного Закавказья (включая и прилегающую часть Турции, а именно провинции Арвин, Карс и Эрзерум) представлена более крупными растениями. Одни из них формируютрыхлые с плоской верхней поверхностью подушки типа трагакантовых астрагалов, а другие — более плотные, со сферической поверхностью подушки типа колючелистников. Все они, в отличие от подушек высокогорий, колючие. Некоторые из них, как, например, астрагал мелкоголовчатый (*Astragalus microcephalus*), растут достаточно высоко в горах (до 3 тыс. м). Однако и здесь они сохраняют специфику своих местообитаний: травянистые подушки северно-арктического типа приурочены в основном к скалам и ровным каменистым местам, а южные, деревянистые, колючие — к щебенчатым склонам южных экспозиций.

В заключение несколько слов об эволюционных взаимоотношениях подушек и других жизненных форм растений. Серебряков считал их завершающим звеном следующего эволюционного ряда: деревья → стланны → подушки. «Основным содержанием этого ряда является крайне резкая редукция роста побегов в последнем звене ряда». Изложенный материал, однако, я надеюсь, не оставит у читателя впечатления о растениях-подушках как о чем-то застывшем и закоренелом, не способном к дальнейшим преобразованиям. Напротив, пластичность этой жизненной формы, способной противостоять давлению крайне неблагоприятных факторов внешней среды и не утратившей элементов активности, свойственна жизни в целом.

Подушковидные растения Средней Азии

К. П. Попов,
кандидат биологических наук
Институт пустынь АН Туркменистана
Ашхабад

Э. М. Сейфулин,
кандидат биологических наук
Институт ботаники АН Туркменистана
Ашхабад

В СОСТАВЕ богатейшей флоры гор Средней Азии подушковидные растения не составляют и 2 % видового разнообразия этого обширного региона. Тем не менее они

достаточно широко распространены и образуют здесь формацию колючеподушечников, а в высокогорьях слагают пояс нагорных ксерофитов¹.

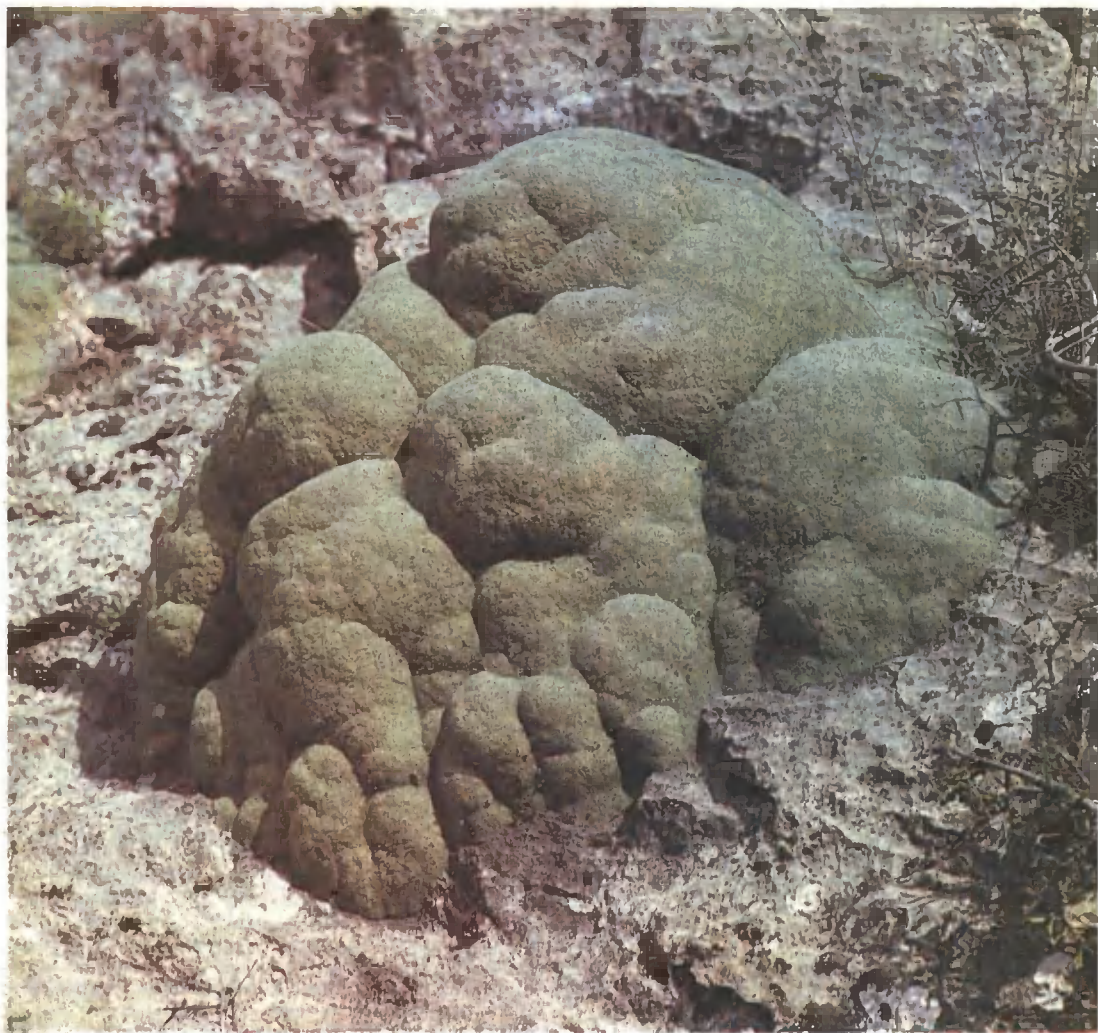
В составе региональных флор Средней Азии много эн-

демиков, среди которых немало подушковидных растений. Богат подушками-эндемиками Копетдаг (80 %), есть они и на Тянь-Шане (40 %) и Памиро-Алее (28 %). Необычайно высокая оригинальность копетдагских подушек связана с близостью Иранского нагорья — одного из центров формирования нагорно-ксерофитной фло-

© Попов К. П., Сейфулин Э. М.
Подушковидные растения Средней Азии.

¹ Станюкович К. В. Растительность гор СССР. Душанбе, 1973.





Качим подушковидный не знает себе равных по плотности.

В крайне суровых условиях растет туркменский можжевельник [арча] на Копетдаге.

ры². Вторым центром видообразования подушковидных растений, очевидно, являются нагорья Центральной Азии, где сформировалась относительно молодая флора нагорных криофитов, мигрировавших затем в высокогорья Памиро-Алая. Ра-

нее считалось, что большинство (до 40 %) видов подушковидных растений мировой флоры произрастает в Патагонии и на склонах Анд в Южной Америке. Второе место в мире по богатству этими растениями (24 %) было отведено Гималаям, Центральной и Малой Азии, Кавказу³. Между тем флора «подушек» Тянь-Шаня, Памиро-Алая и Копетдага значительно богаче. По нашим подсчетам, она включает 148 видов 24 родов, входящих в состав 9 семейств. Приходится признать, что в этом отношении горная Средняя Азия

не знает себе равных среди всех региональных флор планеты.

Менее заметны подушки в горах Тянь-Шаня, что связано с относительно благоприятными почвенно-климатическими условиями «Голубых гор». Здесь они оттеснены лугово-степными и лесными ценозами в альпийский пояс, где образуют фрагменты формаций с преобладанием сиббальдии (*Sibbaldia tetrandra*), акантолимона тянь-шаньского (*Acantholimon tianschanicum*), смеловскии чашечной (*Smelovskia calycina*) и некоторых видов остролодочника (*Oxytropis*). В высокогорье Центрального Тянь-Шаня в пределах высот 3400—4000 м над ур. м. эти растения образуют пояс криофильных по-

² Агаханянц О. Е. Аридные горы СССР. М., 1981.

³ Зеленский О. В. // Ботан. журн. 1946. № 6. С. 571—581.

душечников с пятнами альпийских лугов. На открытых ветрам участках под защитой подушек развивается низкотравье с вкраплениями подушечек эдельвейса (*Leontopodium ochroleucum*).

К югу от Тянь-Шаня располагается горная система Памиро-Алая, отличающаяся аридным климатом. Древесная растительность здесь в основном представлена сильно нарушенными человеком можжевельниками (арчевыми) редколесьями, а в юго-западной части — остатками фисташковых полусаванн на сероземах, где подушек практически нет. Они спорадически встречаются на каменистых склонах в поясе арчевников (1800—2900 м). Выше этой отметки, в субальпийском поясе, подушковидные растения представлены шире. В их составе — сиббальдия, смеловския, некоторые виды родов колючелистник (*Acanthophyllum*) и акантолимон (*Acantholimon*), а также эспарцет ехидна (*Onobrychis echidna*) и копеечник головчатый (*Hedysarum cerphalotes*). Истинное украшение района — два узколокальных эндема реликтового рода *Dionysia* из семейства примуловых. Дионисия обертковая (*D. involucrata*) нашла свое убежище на скалах в Варзобском ущелье, а дионисия гиссарская (*D. hissarica*) — в ущелье Сангардак на южном склоне Гиссарского хребта. Эти замечательные в цвету очень редкие растения занесены в «Красную книгу СССР».

Горная система Западного Памира, или Бадахшана, отличается крайне сложной геоморфологией с грандиозными ущельями, по дну которых kloчут бурные притоки Пянджа. Климат здесь резко континентальный, сухой, годовые осадки в пределах 200—300 мм, зимние морозы до —30—40 °C. На высоте 4200—4800 м над ур. м, где склоны хребтов сплошь покрыты скалами и осыпями, на грани возможной жизни растений располагается подлинное царство подушек, среди которых доминируют смеловския чашечная, лапчатка памиро-алайская и разные виды остролодочника. По мнению большого знатока Памира К. В. Станюковича, здесь, как нигде более в горных

системах, развиты колючеподушечники.

Сколь ни тяжелы климатические условия Бадахшана, однако Восточный Памир, обширное плоскогорье которого располагается на высоте около 4000 м, еще более суров. Морозы на «Крыше Мира» достигают —45—50 °C, а годовые осадки обычно не превышают 100 мм, засуха здесь проявляется в течение всего года. Плоскогорье Памира — подлинная пустыня, даже по сравнению с Каракумами, крайне скудная растительность которой на обширных пространствах представлена лишь редкими кустиками терескена (*Ceratoides*). Но подушки прижились и здесь, находя убежища под защитой скал и склонов. Прячась от свирепых ветров, они прижимаются к каменистому грунту, образуя своего рода лепешки шириной до 1,5 м, а высотой 5—15 см. Среди этих растений на Памире наиболее распространены виды акантолимона. Вместе с тем здесь типичны карликовые виды подушковидных растений, из них миниатюрная аяния тибетская (*Ajania tibetica*) встречается вплоть до высоты 5050 м над ур. м. Однако абсолютный рекорд «по альпинизму» принадлежит смеловский Кельца (*S. koelcii*) из семейства крестоцветных. Ни одно другое растение богатой флоры Средней Азии не забирается на высоту 5400 м! В целом флора подушковидных растений Памиро-Алая заметно богаче, чем на Тянь-Шане. Только в пределах Таджикистана насчитывается около 70 видов этой жизненной формы, входящих в состав 15 родов шести семейств.

Горы Туркменистана отличаются экстремальным климатом, что связано с жарким «дыханием» Каракумов. К тому же они не отличаются высотой. В частности, вершина Копетдага достигает только 3117 м над ур. м.; снеговой покров долго не лежит, годовые осадки в пределах 200—320 мм, максимальные температуры в тени достигают 43—45 °C. В флоре Копетдага насчитывается 26 подушковидных растений, среди которых преобладают виды из родов колючелистник и акантолимон, но полностью отсутствуют смеловския, сиббальдия и остролодоч-

ники, широко распространенные в высокогорьях Тянь-Шаня и Памиро-Алая. Копетдагские подушки встречаются на всем профиле хребта, но в целом они тяготеют к верхней части склонов. Так, в самой высокой центральной части Копетдага произрастает 21 вид этих растений, в средней части склонов их число сокращается до 12, тогда как у подножия и до высоты около 800 м встречаются лишь четыре вида подушек, в пески пустыни проникают только три вида колючелистника. В Центральном Копетдаге выделяется своим необычным обликом качим подушковидный (*Gypsophila aetnoides*), произрастающий еще лишь в восточном Закавказье и Иране. Это замечательное растение «спрессовано» настолько плотно, что его не пробивает пуля пистолета.

У многих подушек Копетдага развиты колючки или шипы, особенно колючки акантолимона, трагаканты (*Tragacantha*) и эспарцет рогообразный (*O. cornuta*).

Если в горах Памиро-Алая колючеподушечники наиболее распространены в субальпийском и альпийском поясах, то на Копетдаге они занимают каменистые склоны в пределах сильно нарушенных человеком можжевельников редколесий. По опубликованным данным, еще в начале века подушечники Копетдага занимали десятки тысяч гектаров, но в результате массовых заготовок камеди из трагакантов и «мыльного корня» (отдельных колючелистников) для технических и пищевых целей пострадали от человека и эти растения. В то же время вследствие чрезмерной пастбищной нагрузки местами развились вторичные заросли чрезвычайно колючих акантолимона. Эволюция подушковидных растений проходила при жестком естественном отборе среди наиболее пластичных видов отдельных родов и семейств региональных флор (этим, возможно, объясняется бедность флор подушками при их необычайно высоком эндемизме). К сожалению, деградация горных пастбищ Копетдага продолжается, что ставит под угрозу исчезновения уникальные виды копетдагских подушек.

Происхождение изумруда

Е. А. Одинцова



Елена Алексеевна Одинцова, аспирантка отдела метаморфизма Института геологии, геофизики, геохимии рудных месторождений РАН. Область научных интересов — термодинамические условия образования минералов и их парагенезисов.

ИЗУМРУД — ярко окрашенная разновидность берилла $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ — относится к числу драгоценных камней, стоимость которых обычно выше равных по величине кристаллов алмаза. При каких же геохимических условиях образуется этот удивительный камень, столь явно отличающийся от бледно окрашенных разновидностей бериллия: голубоватого аквамарина, розового воробьевита, желтого гелиодора и других? Ключом к пониманию особенностей его образования служит необычный состав изумруда, обусловленный присутствием хрома, изоморфно замещающего алюминий — $\text{Be}_3(\text{Al}, \text{Cr})_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$.

Вообще, для берилла характерна связь с гранитами (гранитными пематитами, грейзенами, кварцевыми жилами), но указанная особенность состава изумруда определяется его образованием в таких обстановках, где граниты внедряются в хромитосные ультраосновные породы — дуниты или перидотиты. В результате сложных процессов на контакте гранитов (или родственных им гранодиоритов, диоритов) с гипербазитами и образуются месторождения изумруда. Классический пример месторождений этого типа — уральские Изумрудные Копи.

Ультраосновные породы в районе изумрудных месторождений на Среднем Урале входят в состав так называемой офиолитовой формации нижнепалеозойского возраста (рис. 1). Она представлена не только ультраосновными породами — дунитами и перидотитами, преобразованными в результате метаморфизма, но и перемежающимися с ними амфиболитами, слюдяными сланцами и гнейсами. Весь этот сложно дислоцированный комплекс нижнепалеозойских пород пронизан интрузиями гранитов и диоритов верхнепалеозойского возраста. Диориты этого комплекса сформировались при взаимодействии гранитной магмы с основными и ультраосновными породами офиолитов.

Граниты и диориты образуют как крупные массивы, так и небольшие тела и жилы,



Рис. 1. Центральное рудное поле Уральской изумрудной полосы (Средний Урал, в 100 км к северо-востоку от Екатеринбурга). На схеме хорошо видна приуроченность месторождений изумруда к гипербазитовым породам.

- Вулканы преимущественно основного состава
- Амфиболиты
- Лейкократовые граниты и аляскиты
- Диориты и габбро
- Серпентинизированные перидотиты
- Серпентинитовый медяк
- Месторождения и проявления изумруда

внедрившиеся в основные и ультраосновные породы. Контактные зоны представлены метасоматическими породами — магнетитовыми слюдитами, сложенными главным образом биотитом и флогопитом, а также более низкотемпературными породами, состоящими из талька, актинолита и хлорита. Слюдяные метасоматические породы, в которых на месторождениях Изумрудных Копей сосредоточена почти вся бериллиевая минерализация, приурочены большей частью, к жиллообразным телам диоритов, внедряющихся в серпентинизированные перидотиты.

Рассмотрим в качестве примера одну из таких жил, детально описанную В. И. Жернаковым¹ (рис. 2). Эта сложная по конфигурации жила замещена в периферических частях плагиоклазитами. За ними следуют биотит-флогопитовые породы, образова-

вшиеся отчасти на месте диоритов (аподиоритовые), а отчасти и замещившие ультраосновные породы и отличающиеся светлой окраской. Зарисовка этой жилы хорошо отражает основные закономерности распределения на этом контакте бериллиевой минерализации.

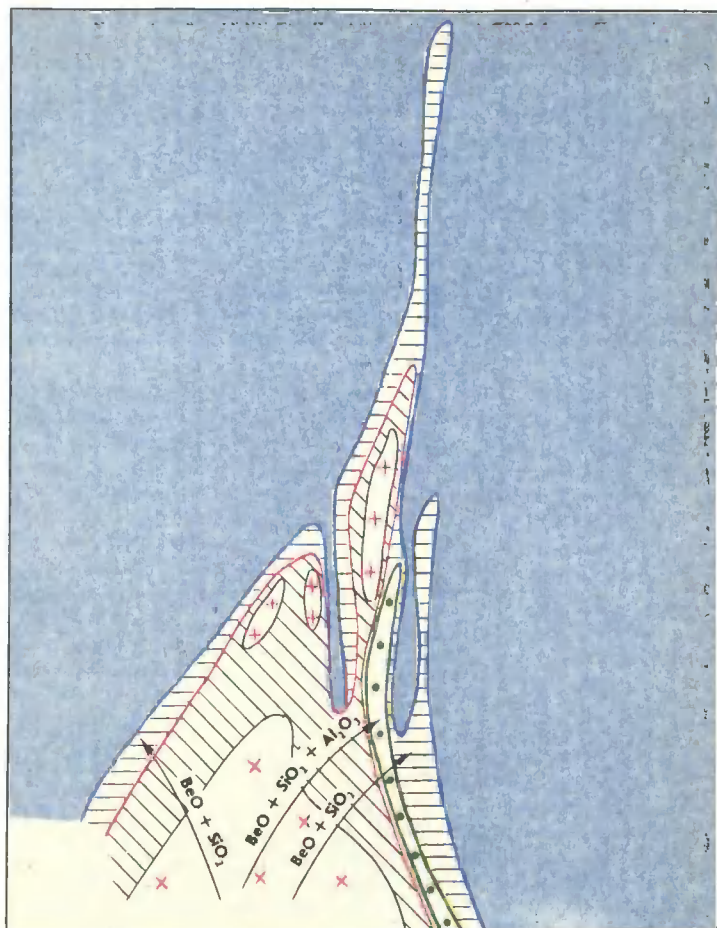
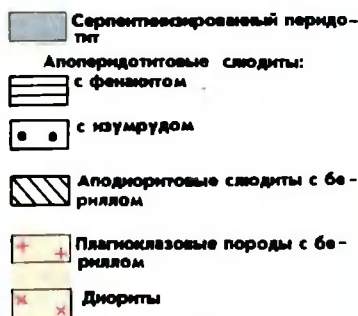
Во внешнем ореоле слудитового тела минерализация представленная фенакитом (Be_2SiO_4) — минералом, не содержащим в своем составе алюминия. Эта закономерная позиция фенакита обусловлена более подвижным поведением кремнезема по сравнению с глиноземом. Можно предположить, что его образование связано с миграцией бериллия из гранитного интрузива во внешнюю метасоматическую зону в виде фторидных комплексов бериллия и кремния. Об участии фтора свидетельствует, в частности вхождение в парагенезисы флюорита (CaF_2).

Изумруд в отличие от фенакита при-

¹ Жернаков В. И. Минералогия и петрография Урала. 1976. Вып. 124. С. 81.

Рис. 2.

Схема, отражающая зональное строение биотит-флогопитовых слюдитов на контакте между серпентинизированным перидотитом и диоритом.



урочен к внутренней части зоны апогипербазитовых слюдитов. Такая позиция объясняется миграцией в апогипербазитовую зону не только бериллия и кремния, но и алюминия, содержащегося в гипербазитах в количестве, явно недостаточном для образования изумруда.

Подобные условия благоприятны для образования не только изумруда, но и александрита — благородной разновидности хризоберилла Al_2BeO_4 , которая еще более богата алюминием и отличается от других разновидностей хризоберилла наличием примеси хрома. Явно ограниченная миграционная способность алюминия в сочетании с инертным поведением хрома обуславливает закономерную позицию изумруда и александрита в рассматриваемых метасоматических ореолах: их приуроченность к апогипербазитовым слюдитам, богатым хромом, причем только вдоль границы с аподиоритовыми слюдитами. В отличие от апогипер-

базитовых зон для аподиоритовых слюдитов характерны бледно окрашенные бериллы, которые встречаются также в плаггиоклазовых и кварц-плаггиоклазовых породах. Для берилла типичен парагенезис с маргаритом и флюоритом, а в непосредственном контакте с диоритами — также с ильменитом.

Изумруд, как уже отмечалось, гораздо более редкий минерал, чем бледноокрашенные разновидности берилла. Связано это с тем, что берилл богат кремнеземом и образуется в апогранитных и аподиоритовых метасоматических зонах в парагенетической ассоциации с кварцем. Проникновение же берилловой минерализации в удаленные от гранитов апогипербазитовые хромсодержащие зоны флогопитовых слюдитов (недосыщенных кремнеземом), где только возможно образование изумруда, требует особых условий. Рассмотрим их путем физико-химического анализа парагенезисов минералов по методике Д. С. Кор-

жинского², используя при этом треугольную диаграмму, на которой показано два варианта типичного для берилла парагенезиса с маргаритом и железомagneзиальными слюдами — биотитом и флогопитом (рис. 3).

Биотит и флогопит образуют ряд твердых растворов, охватывающий как аподиоритовую зону, где слюда представлена относительно бедной магнием бурой разновидности — биотитом, так и апогипербазитовую зону, в которой слюда находится в виде магнезиального серебристо-серого флогопита. На диаграмме эти аподиоритовые и апогипербазитовые части зоны слюдитов разделены штриховой линией и соответственно им выделены два парагенезиса минералов: маргарит-биотит-берилловый и маргарит-флогопит-берилловый (изумрудный).

На той же диаграмме (рис. 3) нанесен состав гранитов, диоритов, измененных гипербазитов и твердых растворов биотит-флогопитового ряда, а также тальковых пород. Как диориты, так и метасоматические породы (кроме тальковых) значительно богаче алюминием, чем породы гранит-гипербазитового состава. Это обусловлено тем, что при метасоматическом преобразовании гранитов на контакте с гипербазитами происходит накопление глинозема, обусловленное десиликацией гранитов и диоритов. Возникает так называемый зигзаг десиликации, характерный для метасоматических преобразований гранитов на контакте с ультраосновными породами или доломитами. Он характерен, например, для месторождений магнезиальных скарнов³.

В результате на контакте возникают относительно богатые алюминием слюдяные (биотит-флогопитовые) породы, содержание глинозема в которых значительно выше, чем в исходных гранитах и диоритах. Эта десиликация обусловлена выносом кремнезема в апогипербазитовую зону слюдяных пород со свойственной им изумрудной и фенакитовой минерализацией.

Аподиоритовая и апогипербазитовая зоны слюдитов имеют резкую границу, различаясь как по внешнему виду, так и по набору элементов-примесей и акцессорных минералов. Для апогипербазитовых слюдитов — эластичных и мягких — характерна серебристо-белая или зеленоватая окраска. Среднее содержание хрома в них составляет 0,27, титана — 0,05 %. В качестве акцес-

сорных минералов в их состав входят хромит и пирротинит. Аподиоритовым же слюдитам присущи буроватая окраска и массивная структура. Среднее содержание хрома в них составляет 0,08, титана — 0,68 %. Акцессорные минералы представлены ильменитом, цирконом и рутилом.

Основная цель наших исследований — выяснить, какие геохимические условия развития метасоматической зональности в диорит-гипербазитовых породах способствуют распространению бериллиевой минерализации на апогипербазитовые хромитоносные зоны изумрудообразования.

Этому должно способствовать, на наш взгляд, усиление бериллиеносности гидротермальных растворов (повышение химического потенциала бериллия), которое расширяет область стабильности берилла и способствует образованию его парагенезиса с флогопитом. Особенно наглядно все это можно выразить на диаграмме химических потенциалов бериллия и воды (рис. 4), построенной по методике Коржинского.

На этой диаграмме схематически намечены поля устойчивости главных парагенезисов бериллиевых минералов с корундом, мусковитом, маргаритом и калиевым полевым шпатом (поля обозначены цифрами в порядке повышения химического потенциала бериллия).

При относительно невысоком химическом потенциале бериллия в растворах берилл образуется за счет парагенезиса мусковита с кварцем. Затем становится устойчивым парагенезис берилла с маргаритом, далее — с маргаритом и биотитом и, наконец, — с маргаритом и флогопитом. На этой последней стадии берилл проникает в зону апопериодитовых флогопитовых пород, богатых хромом. Именно это и дает возможность сформироваться здесь благоприятной разновидности берилла — изумруд.

Диаграмма показывает, что изумруд образуется на пределе устойчивости берилла, который при дальнейшем повышении химического потенциала бериллия вытесняется парагенезисом фенакита с хризобериллом. Это еще одно свидетельство исключительности условий образования изумруда. Развитие хризоберилла в апогипербазитовой флогопитовой зоне ведет к появлению его хромсодержащей благородной разновидности — александрита. Таким образом, на диаграмме намечается минеральная фация изумруда, отвечающая высокому химическому потенциалу бериллия в гидротермальных растворах. Это поле устойчивости изумруда сравнительно узко.

² Коржинский Д. С. Теоретические основы анализа парагенезисов минералов. М., 1973.

³ Перцев Н. Н., Зиновьева Н. Г. // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1984. № 3. С. 66—78.



Кристалл зеленоватого берилла в слюдяной породе.
Фото М. А. Богомолова



Бразильские изумруды.

На линейных схемах диаграммы парагенезисы берилла и других минералов выражены в системе Si—Al . Более полную характеристику минеральных парагенезисов можно получить с помощью треугольных диаграмм, выраженных в системе Si—Al—Mg . Такие диаграммы наглядно отражают разделение слюдяных пород на аподиоритовые (бериллиеносные) и апогипербазитовые (изумрудоносные). Последние характеризуются высоким химическим потенциалом бериллия в гидротермальных растворах.

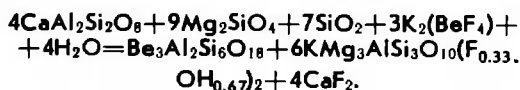
На уральских Изумрудных Копях флогопитовые тела с изумрудами обычно имеют небольшие размеры. Лишь в исключительных случаях они прослеживаются на сотни метров на глубину или по простиранию. В слюдитах находятся крупные кристаллы изумруда, отдельные его желваки и крупные гнезда, которые ориентированы вдоль сланцеватости или же расположены беспорядочно. Обычно они приурочены к участкам выщелачивания в гипербазитах — так называемым камерам, в которых могут возникать крупные кристаллы изумрудов.

Многие исследователи обращались к проблеме образования изумрудов в апогипербазитовых флогопитовых породах. Так, А. А. Беус и А. А. Гинзбург показали, что по геофизическим и минералогическим особенностям эти породы относятся к гидротермальным образованиям, генетически связанным с остаточными расплавами гранитной магмы. Именно она и является источником бериллийсодержащих гидротермальных растворов.

Беус подчеркнул также амфотерный характер бериллия и его универсально высокую миграционную способность: бериллий легко мигрирует как в кислой среде (в форме растворимых фторидов и хлоридов), так и в слабокислой и щелочной среде (в виде комплексных бериллатов и карбонатбериллатов)⁴.

Комплексные соединения, особенно фторидные, являются главными формами переноса бериллия гидротермальными растворами, поражаемыми бериллиеносными гранитными магмами. Все это определяет вполне подвижное поведение бериллия при формировании бериллиевых оруденений.

Осаждение бериллия и образование его минеральных парагенезисов регулируется соотношением в породах инертных компонентов — SiO_2 , Al_2O_3 , MgO . Под воздействием гидротермальных растворов происходит и флогопитизация пород на контакте диоритов с гипербазитами. Более того, флогопитизация способствует осаждению из растворов бериллия при распаде его фторидных комплексов. Схематически это можно выразить в виде следующей реакции:



Важная роль хрома в образовании изумрудной разновидности берилла, связь с



2-сантиметровый кристалл изумруда из Колумбии.

гипербазитами подчеркивались многими авторами, например Т. Б. Здорик⁵. В настоящей же работе впервые выделена минеральная фация, в которой образуется изумруд в общей системе парагенезисов бериллиевых минералов, показана ее зависимость от химического потенциала бериллия и воды в гидротермальных растворах. (Общая система парагенезисов бериллиевых минералов рассмотрена нами в специальной статье⁶.)

С повышением химического потенциала бериллия парагенезисы бериллиевых минералов изменяются следующим образом. При умеренном потенциале бериллия в растворах возникает парагенезис берилла с кварцем и мусковитом. С повышением химического потенциала бериллия образуется его ассоциация с фенакитом и берtrandитом, с одной стороны, и хризобериллом —

⁵ Здорик Т. Б. Изумруд // Природа. 1990. № 5. С. 36—40.

⁶ Одинцова Е. А. // Докл. РАН. 1993. Т. 328. № 4. С. 502—505.

⁴ Беус А. А. Геохимия бериллия и генетические типы бериллиевых месторождений. М., 1960.

с другой. Если химический потенциал бериллия высок, возникает парагенезис хризоберилла с фенакитом или берtrandитом, так как сам берилл становится неустойчивым. Другим следствием повышения химического потенциала бериллия является расширение области устойчивости его парагенезисов в сторону пород, обогащенных магнием. Данная область охватывает породы все более бедные кремнием, что, по-видимому, служит причиной развития бериллиевой минерализации в апогипербазитовых зонах, где состав берилла может обогащаться хромом с вытеснением его аквамаринových разновидностей изумрудом. Этот процесс выражается в реакции смещенного равновесия с разложением слюды на берилл и более магнезиальную слюду (при участии маргарита и флюорита): биотит + $\text{BeO} = \text{берилл} + \text{флогопит} + \text{H}_2\text{O}$.

В результате последовательного развития подобных реакций и возникает характерный парагенезис изумруда с магнезиальным флогопитом и бериллиеносным маргаритом. Более того, содержание бериллия в виде примеси в составе маргарита может служить индикатором химического потенциала бериллия в гидротермальных растворах. Но это еще предстоит изучить.

Гидротермальные изменения самих гипербазитов связаны с воздействием гидротермальных растворов, порождаемых остаточными очагами гранитных интрузий. С привносом кремния и воды энстатит вытесняется тальком. Но если кремния не хватает, энстатит реагирует с оливином, образуя серпентинит.

Дальнейшая гидратация приводит к вытеснению энстатита и образованию ассоциации талька с серпентинитом. Из первичных минералов гипербазитов наиболее устойчив оливин, который наблюдается в парагене-

зисе с серпентинитом и только при очень низкой температуре вытесняется ассоциацией серпентинита с бруситом, образующим в нем мельчайшие зерна. С привносом калия в гипербазиты связано образование в них мусковита и железомagneзиальных слюд (биотита в аподиоритовых и флогопита в апогипербазитовых слюдитовых породах).

Судя по литературным данным, месторождения, аналогичные уральским Изумрудным Копям, находятся и в Африке, и в Австралии, и в Европе. На болгарских месторождениях гранитные пегматиты и связанные с гранитами кварцевые жилы внедряются в гидротермально измененные ультраосновные породы. Здесь отмечено необычное образование изумрудов и в самих пегматитах, что, по-видимому, связано с их формированием путем магматического замещения гипербазитов, способствовавшего обогащению пегматитов хромом.

Вообще, формациями пород, возникающих при взаимодействии с гипербазитами, не исчерпываются все возможные условия образования изумрудов. Особый тип его месторождений был обнаружен, например, в Колумбии, где изумруды встречаются в черносланцевых породах, обогащенных углеродом и углистым веществом, вроде бы совсем не связанных с гранитами и гипербазитами. В прожилках кварца, кальцита и доломита в этих породах содержатся превосходные кристаллы изумруда в ассоциации с баритом, пиритом и халькопиритом. Этот парагенезис отражает гидротермальный характер минерализации так называемого телетермального типа (речь идет о месторождениях, удаленных от порождающих их гранитных интрузивов). Появление в этих условиях изумруда связано, скорее всего, с особой геохимической спецификой черносланцевых толщ, обогащенных хромом, железом и минералами платиновой группы.

Охрана природы

Эффективность рынка и окружающая среда

В наши дни все большее число людей начинает говорить на языке экономической эффективности и эффективности охраны окружающей среды. Так, в недавнем выступлении в конгрессе США председателя правления фирмы «Доу кэмикл» подчеркивалось, что для решения проблемы охраны окружающей среды необходимо использовать расчеты стоимости и фактических цен товаров, основанные на анализе всего их «жизненного цикла», при этом в полную стоимость товаров должна включаться и стоимость охраны окружающей среды.

По мнению президента Национальной федерации охраны живой природы США, язык эффективности требует предотвращать загрязнение среды, чтобы не приходилось затем оплачивать очистку уже произведенных выбросов из заводских труб и дымоходов. Самое же главное, с его точки зрения, заключается в том, чтобы складывающиеся взаимоотношения в сфере общегосударственных и частных инициатив (касаются ли они использования научных кадров в поддерживаемых правительством исследовательских лабораториях с целью продвижения высоких технологий или же открытия новых рынков для вывоза за границу товаров, произведенных на основе этих коммерческих технологий) включали готовность всех партий вести диалог о поиске путей построения здоровой экономики и сохранения окружающей среды, которую нужно поддерживать не только ради себя, но и ради грядущих поколений.

International Wildlife. 1993. V. 23. N 5. P. 30 (США).

Охрана природы

Выживет ли бразильская дикая лошадь?

В труднодоступном районе Рораима, расположенном на севере Бразилии близ границы с Венесуэлой, встречается дикая лошадь. Считают, что это животное происходит от завезенных сюда в XVI в. испанскими конкистадорами домашних лошадей, которые полностью одичали, попав в безлюдные ущелья гор Серрадо.

Группе зоологов под руководством А. К. Мотта (А. С. Motta; Национальный институт сельскохозяйственных исследований Бразилии) удалось установить, что рораимская лошадь способна поддерживать скорость 60 км/ч намного дольше, чем лучшая скаковая лошадь, и при этом может значительно быстрее набирать скорость на старте.

Эти животные весьма неприхотливы в еде; в природе основу их диеты составляют плоды дикой анакардии западной (*Anacardium occidentale*). Они отлично приспособлены к суровому климату Рораимы и отличаются высокой плодовитостью. Выяснилось, что некоторые рораимские лошади являются носителями конской анемии, от которой сами не страдают, вероятно, благодаря врожденному иммунитету.

В последнее время численность этого животного снизилась примерно с 4 тыс. до 200. Интенсивное заселение Рораимы угрожает будущему дикой лошади: фермеры усиленно охотятся на нее ради мяса, а также скрещивают ее с домашними лошадьми, что лишает потомство уникальных характеристик.

Есть опасность, что рораимская дикая лошадь может исчезнуть с лица Земли прежде, чем ее удастся достаточно

хорошо изучить и понять механизмы невосприимчивости к конской анемии.

New Scientist. 1993. V. 139. N 1887. P. 9 (Великобритания).

Охрана природы

Опасность употребления загрязненной рыбы снижена

По мнению специалистов из Национальной федерации по охране живой природы США и Фонда охраны окружающей среды, опасность употребления в пищу рыбы, нагруженной токсичными веществами, сильно приуменьшена в последнем исследовании, которое было проведено Управлением по охране окружающей среды. Управление недооценило масштабность этой проблемы по нескольким аспектам.

В свое время был составлен перечень более чем 4 тыс. водоемов на территории США, относительно которых считалось необходимым выпустить предупреждение о загрязненности в них рыбы, однако Управление в своем отчете выделило лишь 46 водоемов. Далее, им неправильно оценена опасность накопления в рыбе токсичных веществ: по данным Управления, получается, что каждая рыба загрязнена как бы только одним химическим веществом, что в действительности бывает крайне редко. Наконец, оценки Управления основаны на данных 20-летней давности; указывается, например, что человек в среднем съедает в месяц 230 г рыбы, тогда как сегодня в США ее потребляют в два раза больше.

International Wildlife. 1993. V. 23. N 2. P. 29 (США).

ЮПИТЕР И КОМЕТА

Обработка последних наблюдений за кометой Шумейкеров–Леви 9 показала, что ее столкновение с Юпитером неизбежно. Интерес астрономов и научной общественности быстро возрастает по мере приближения этого уникального события. В предыдущих сообщениях в нашем журнале уже рассказывалось о необычной комете, ставшей спутником Юпитера (Б. Я. Я. и А. В. «Кометный поезд» на пути к Юпитеру // Природа. 1993. № 8. С. 21–22; Кометная цепочка: рождение и гибель // Там же. 1993. № 12. С. 80–82). Кроме того, там же были даны физические оценки (важные для наблюдательных следствий) взрывов на Юпитере, ожидаемых в промежутке от 18 до 24 июля 1994 г. Мы продолжаем тему и публикуем сокращенное изложение статьи сотрудников Объединенного института высоких температур РАН, Института динамики геосфер РАН и Института теоретической астрономии РАН «Столкновение кометы с Юпитером: что мы увидим!», которая в полном объеме выйдет в одном из ближайших выпусков УФН, и сравнительный обзор публикаций, посвященных предстоящему столкновению.

Падение кометы: что мы увидим?

Б. А. Клумов, В. И. Кондауров, А. В. Конохов, Ю. Д. Медведев, А. Г. Сокольский,
С. В. Утюжников, В. Е. Фортос

В ИЮЛЕ 1994 года произойдет грандиозное событие: комета Шумейкеров–Леви 9 столкнется с Юпитером. Вхождение кометы в атмосферу Юпитера будет сопровождаться быстрым выделением энергии – взрывом. Высвобождаемая энергия составит порядка 10^7 Мт тротилового эквивалента.

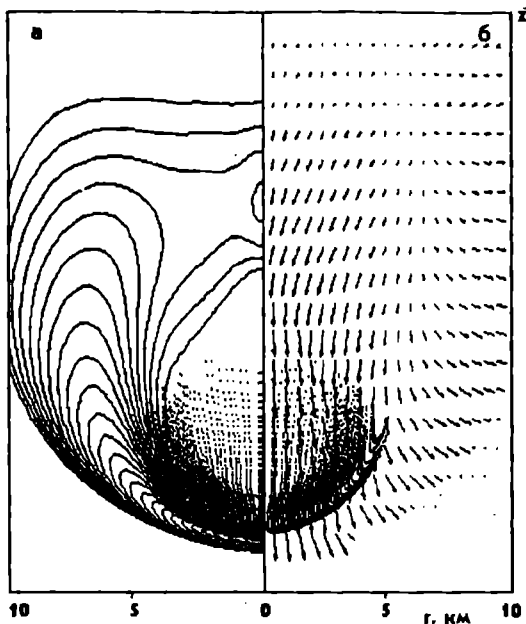
Сам процесс столкновения будет похож на бомбардировку Юпитера глыбами льда (с вкрапленной в них пылью), падающими со скоростью $v=64\text{--}65$ км/с. Предварительно вычисленное место падения обломков находится на обратной стороне Юпитера в районе 45° ю.ш. Плотность кометного вещества, по-видимому, варьирует в пределах от 0.3 до 3 г/см³, а размеры фрагментов – от 300 м до 3 км. В настоящий момент надежно установлена только скорость падения, поэтому возникающая неопределенность в плотности кометного вещества и размера фрагментов приводит к значительной (до трех порядков величины) неопределенности для максимальной массы фрагментов и их кинетической энергии.

Кратко перечислим возможные наблюдаемые следствия столкновения кометы Шумейкеров–Леви 9 с Юпитером: образование в атмосфере Юпитера долгоживущих вихрей с масштабами порядка тысячи километров; вспышки оптического излучения, сопровождающие взрывы фрагментов; генерация внутренних гравитационных волн поднимающимся облаком взрыва, которые могут стимулировать конденсацию в тропосфере и образование аномального облачного покрова; возмущения ионосферы и магнитосферы Юпитера после взрыва кометы в

атмосфере; аномалии в радионизлучении из радиационных поясов Юпитера, в частности, в силовой трубке магнитного поля, проходящей через точку взрыва; особенности свечения ионосферы и верхней атмосферы в оптическом, ИК- и радиодиапазонах.

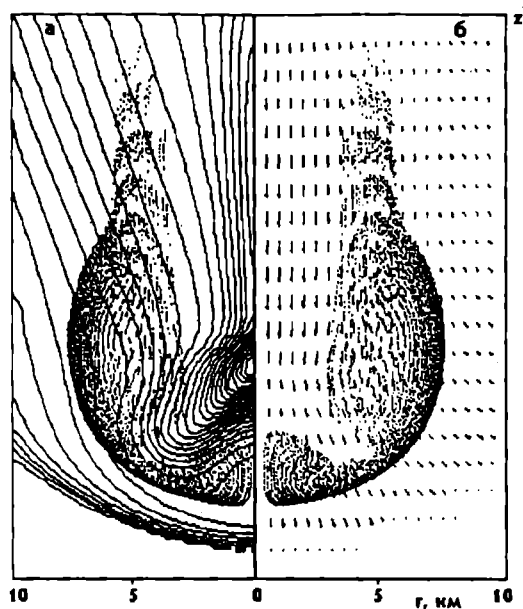
Каждый из фрагментов кометы будет входить во вращающуюся атмосферу Юпитера независимо. Вхождение приведет к интенсивным механическим и радиационно-тепловым нагрузкам на твердые фрагменты кометы. Перед каждым фрагментом, движущимся со скоростью, на два порядка превышающей скорость звука в атмосфере, образуется скачок уплотнения атмосферного газа – отошедшая ударная волна, располагающаяся впереди фрагмента на расстоянии порядка одной десятой характерного размера твердого тела. Область между ударной волной и лобовой поверхностью фрагмента (так называемый ударно-сжатый слой) будет заполнена атмосферным газом с примесями паров вещества кометы, сжатым до давлений в несколько тысяч атмосфер и разогретым до температур порядка 10 – 30 тыс. К.

Явления разрушения, дезинтеграции компактного фрагмента кометы, которые связаны, главным образом, с растягивающими напряжениями, фазовыми превращениями вещества фрагмента и неравномерностью давления в ударно-сжатом слое, будут накладывать отпечаток на весь процесс движения фрагмента. Передача растягивающих нормальных напряжений, способных вызвать откольные явления, будет обусловлена отражением волн сжатия, создаваемых газодинамической нагрузкой на лобовую часть фрагмента, от тыльной и боковой поверхностей твердого тела. Однако вследствие отно-



Картина газодинамических течений, возникающая через 0.6 с после взрыва кометы на высоте -150 км (атмосферное давление 31 бар): а — изолинии температуры с интервалом 850 К, максимальная температура 25500 К; б — поле скоростей. Максимальная скорость потока 42 км/с. Точки на рисунке — маркеры, относящиеся к частицам фрагмента кометы. Форма, которую принимает вещество кометы, объясняется тем, что передний фронт облака испытывает сильное торможение при вхождении в плотные слои атмосферы, а основная часть вещества кометы продолжает по инерции движение с большой скоростью.

сительной плавности роста газодинамических нагрузок и длительности их действия, отражение волн сжатия от свободной поверхности приведет, по-видимому, к заметным растягивающим напряжениям только в областях схлопывания, т.е. геометрического схождения волн разгрузки. Оценки показывают, что существенно большее разрушительное действие на фрагмент кометы будут оказывать непосредственно волны сжатия. Быстрое, практически адиабатическое, деформирование передней части фрагмента приведет к тому, что по твердому телу вслед за упругим предвестником начнет распространяться волна фазовых (структурных) превращений. При относительно низких газодинамических нагрузках, соответствующих началу движения фрагмента в атмосфере Юпитера, эта волна структурных превращений будет представлять собой волну дробления. С ростом газодинамических нагрузок при движении в глубь атмосферы, к дроблению кометного вещества добавляется и его испарение. Помимо непосредственно разрушения (плавления, испарения) передней части фрагмента происходит его деформация как целого.



Момент времени 4 с. Изолинии температуры (а) с интервалом 230 К и максимальной температурой 4900 К; поле скоростей (б) — максимальная скорость потока составляет 19 км/с. Наиболее интенсивно газ движется в хвостовой части облака. Частицы вещества метеорита занимают при этом по периметру характерную грушевидную область. Радиус облака составляет 7-8 км. Часть вещества кометы остается в застойной области в лобовой части, в то время как большая часть захвачена вихрем. При этом за облаком тянется шлейф из кометного вещества на расстоянии около 4-6 км от оси.

Эта деформация обусловлена неравномерностью давления в ударно-сжатом слое.

Поскольку давление максимально в центре лобовой поверхности и быстро убывает к его краям, то оно приведет к сносу раздробленного вещества, выдавливанию жидкой (или газообразной) фазы на периферию лобовой части и последующему ее уносу набегающим потоком, а также к пластическому растеканию фрагмента в направлении, перпендикулярном направлению движения, и, в конечном счете, разделению тела на ряд отдельных осколков. Дробление вызовет резкое возрастание теплового потока (обратно пропорционального радиусу кривизны обтекаемого тела) и переход вещества из конденсированного состояния в газообразное. При этом образуется газовое облако, имеющее температуру, давление и плотность значительно превышающие соответствующие значения в окружающей невозмущенной атмосфере. Такое облако начинает интенсивно расширяться, продолжая с большой скоростью двигаться вниз. Подобный быстропотекающий процесс образования газодинамического облака и его даль-

нейшее расширение в начальный период времени можно рассматривать как взрыв. Перед облаком так же, как и на ранней стадии (до взрыва), движется сильная ударная волна, опережающая его приблизительно на одну десятую радиуса облака. Взрыв кометы будет сопровождаться вспышкой оптического излучения, генерируемого, как ударной волной, так и горячими продуктами взрыва.

На рисунках представлены некоторые результаты численного моделирования газодинамических процессов, возникающих после взрыва одного из фрагментов кометы, вошедшего в атмосферу Юпитера с начальной скоростью 60 км/с по нормали к поверхности Юпитера. Предполагалось, что сферический фрагмент радиуса 1 км, имеющий начальную плотность 1 г/см^3 взрывается на высоте $\sim 150 \text{ км}$, где давление около 30 бар (отсчет высоты ведется от уровня с давлением 1 бар). Скорость фрагмента непосредственно перед взрывом полагалась равной 50 км/с, давление в начальный момент времени считалось равным давлению на линии торможения, которое имеет место при обтекании твердого фрагмента.

Картина газодинамических течений, возникающая после взрыва кометы, характеризуется следующими основными особенностями. Через короткий промежуток времени (десяти доли секунды) после взрыва основная часть вещества фрагмента соберется в чашеобразном слое радиуса около 3 км и толщиной около 1 км с обращенными вверх краями чаши. Непосредственно за облаком образуется область разрежения, в которую устремляется атмосферный газ. В хвостовой части облака газ, втекающий в область разрежения, испытывает торможение, что вызывает в дальнейшем образование локального скачка уплотнения.

К моменту времени 6 с после взрыва передний фронт облака практически затормозится, но газ в хвостовой части продолжит интенсивное движение вниз со скоростью до 8 км/с. Радиус облака равен 10 км. Основная масса вещества оказывается втянутой в ядро вихря, образующего тор. Ядро вихря движется вниз со скоростью 4 км/с, а на периферии облака газ поднимается вверх со скоростью 1 км/с. Облако кометы достигает минимальной высоты около $\sim 240 \text{ км}$. Головная ударная волна к этому моменту времени в значительной степени теряет свою интенсивность и отходит от облака на расстояние около 4 км. В дальнейшем ударная волна продолжает движение вниз и быстро затухает. Максимум температуры перемещается из области ударно-сжатого слоя к центру облака. Его температура достигает 4000 К (при этом облако в значительной степени состоит из газа атмосферы). Для этого момента времени характерно

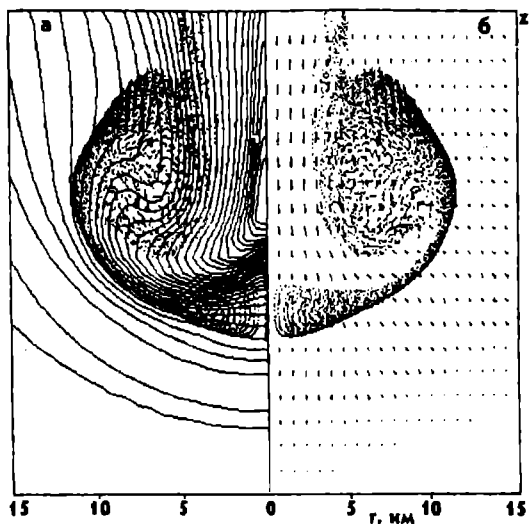
образование термика (облака нагретого газа в слабо возмущенной атмосфере).

Следующая стадия движения облака газа характеризуется его всплытием под действием архимедовой силы. При этом формируется сложная картина газодинамического течения, сопровождающаяся образованием отчетливо выраженного струйного течения. На поздней стадии всплытия газового облака существенно турбулентное перемешивание. При расчете стадии всплытия термика атмосфера считалась невозмущенной выше высоты взрыва и влияние метеорного следа фрагмента не учитывалось.

При всплытии термиков наблюдаются две качественно различные картины течения. В одном случае газ сворачивается в крупномасштабное всплывающее вихревое кольцо, в другом случае образуется струйное течение, направленное вверх. Реализация того или иного сценария зависит от различных факторов, но в первую очередь — от высоты образования термика. Заметим, что в атмосфере Земли граница между двумя возможными картинами течения соответствует высоте примерно 40 км.

В начале этой стадии наблюдается струйное течение, направленное вверх и увлекающее новые массы атмосферных газов. При этом максимальная скорость подъема равна 3.5 км/с. Заметим, что основная часть вещества кометы собирается не на оси, а в вихре на некотором расстоянии от нее. Высоты, вдоль которых распространилось вещество кометы, включая шлейф, лежат в диапазоне от ~ 180 до $\sim 130 \text{ км}$. Колонка восходящего газа имеет диаметр порядка 40 км, она лишь на 10–15% состоит из вещества кометы. Во время всплытия облако как бы подбрасывается, так как нижние слои движутся быстрее верхних. Затем облако вещества кометы постепенно изменяет топологию, собираясь в диск с радиусом 30 км. Максимальная скорость газа достигает 4 км/с. С течением времени движение газа замедляется, и на поздней стадии (близкой к моменту зависания облака) важное влияние на процессы его формирования начинают оказывать турбулентное перемешивание. Облако всплывает на высоту 250 км, т.е. существенно выше высот естественных облаков Юпитера. Максимальная температура газа в восходящем потоке около 700 К. Хотя скорость подъема еще составляет 500 м/с, облако в дальнейшем уже практически не всплывает.

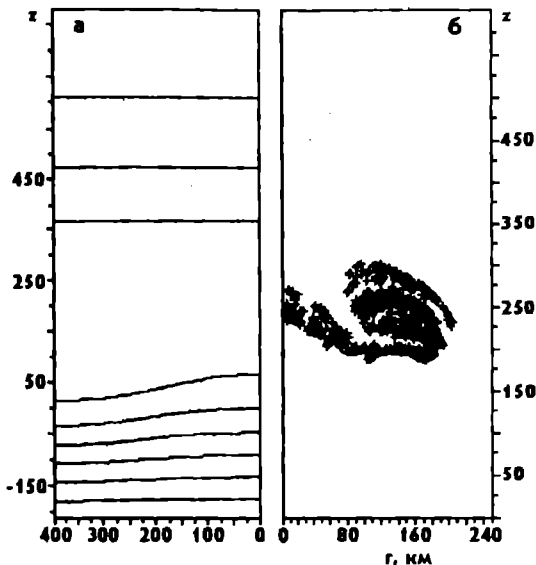
Расчеты, соответствующие моменту 1 ч после взрыва, показывают, что к этому времени температура выравнивается с точностью до десятков градусов. Ее изменения обусловлены продолжающимся медленным растеканием, радиус облака составляет уже 200 км. При этом его толщина практически не возрастает, так как энергия турбулентного перемешивания в вертикальном направлении в основном идет на ра-



Через 6 с после взрыва кометы — момент полного торможения фронта облака и максимального погружения в атмосферу Юпитера. Фронт облака соответствует высоте —240 км и давлению 100 бар; а — изоляции температуры с интервалом 140 К и максимальной температурой 4400 К; б — поле скоростей. Видно образование вихревого кольца.

боту против сил тяжести. В дальнейшем облако может растечься на несколько тысяч километров. Заметим, что расчеты проводились в предположении, что облако поднимается по невозмущенной атмосфере. Учет интенсивных конвективных потоков в атмосфере Юпитера может заметно исказить эту картину.

Таким образом, торможение и взрыв фрагмента кометы в атмосфере Юпитера приведут к образованию облака и его быстрому подъему за счет архимедовой силы до высот около 250 км, где оно и останавливается. Через несколько часов после взрыва, когда в результате вращения Юпитера место взаимодействия фрагмента с атмосферой станет доступно наземным



Последствия входа кометного фрагмента в атмосферу Юпитера через 1 ч после взрыва: а — изоляции температуры, б — маркеры вещества кометы. Параметры газа в облаке и окружающей среде почти выравниваются. Остатки фрагмента кометы оказываются на высотах порядка 200 км.

наблюдателям, облако взрыва приобретет форму диска с характерным диаметром порядка тысячи и толщиной порядка сотни километров.

Отметим, что крупные фрагменты кометы проникнут глубже в атмосферу Юпитера, чем мелкие, но диапазон высот, на которых произойдет торможение тех и других фрагментов, окажется не слишком велик. Следует ожидать, что остатки всех двадцати фрагментов кометы Шумейкеров—Леви 9 займут свое место в атмосфере Юпитера на высотах порядка 200 км — высоты, на которых будет происходить зависание облаков разных фрагментов, будут незначительно отличаться друг от друга.

«Ждем-с»

А.В. Бялко

В ЯНВАРЕ 1994 г., когда Юпитер вышел из положения, наблюдательно близкого к Солнцу, на комету, стремящуюся к нему, был направлен космический телескоп Хаббла (только что прошедший успешный ремонт на своей орбите). Серия фотографий высокого раз-

решения позволила уточнить параметры орбиты и предсказать, что падение ее фрагментов произойдет на 44-й параллели южной широты Юпитера, причем они должны врезаться в атмосферу под углом около 45° со скоростью $v = 65$ км/с, которая складывается из второй космической скорости 59.6 км/с и встречной скорости вращения планеты. Таким образом, все пара-

метры, относящиеся к движению кометы, постепенно уточняясь, стали известны более или менее надежно.

Однако удивителен разноречивый в попытках предсказать, как именно будет происходить вход наибольших фрагментов кометы в юпитерианскую атмосферу. Казалось бы, теория сверхзвукового обтекания достаточно развита, аналогичные явления меньшего масштаба наблюдаются весьма часто в земной атмосфере (болиды). Тем не менее оценки невозмущенного давления атмосферы, на уровне которого произойдет взрыв (наибольшее выделение энергии), в расчетах различных гидродинамиков расходятся на четыре порядка! Анализ этих разногласий и аргументация сторон весьма поучительны, они демонстрируют, как меняется результат от выбора физической модели и как не просто бывает решить, какая из моделей верна.

Есть два источника такого значительного расхождения оценок. Один из них связан с неуверенным определением массы наибольших фрагментов кометы. По светимости фрагментов максимальный размер кометных тел оценивается в 5 км (что дает массу порядка 10^{14} кг). В то же время моделирование распада кометы, приводящее к правильной длине кометной цепочки, дает максимальный размер фрагментов около 1 км (с массой порядка 10^{12} кг). На наш взгляд, предпочтительнее вторая (физическая) оценка размера, астрономическая же оценка в данном случае менее надежна, поскольку при дроблении кометы вблизи Юпитера могло образоваться большое количество малых, оптически неразрешимых осколков, которые тем не менее вносят значительный вклад в наблюдаемые светимости. Поскольку скорость вхождения в атмосферу для всех фрагментов одинакова, их энергия зависит только от массы, а ее пропорциональность кубу размера и дает разброс на два порядка величины.

Второй, более сложный источник расхождений в оценках связан с разными физическими моделями взаимодействия рыхлых кометных ядер с атмосферой. Одна модель, качественно представленная в предыдущем обзоре¹, исходит из предположения, что масса тела при торможении его атмосферой и испарении вещества с поверхности убывает на большей части траектории достаточно медленно и только в ее конце в плотной атмосфере происходит взрыв. Это дает оценку давления в тех слоях атмосферы, куда проникнет тело километровых размеров, до 300 бар в зависимости от угла входа.

Близкая оценка (100 бар) получена группой американских астрономов².

Иной подход базируется на утверждении, что гораздо раньше, на больших высотах начнется фрагментация метеорного тела, она приведет к существенному увеличению торможения и, следовательно, к заметно меньшему давлению на высоте взрыва. Действительно, для начала фрагментации достаточно, чтобы ускорение при торможении атмосферой вызвало в теле кометы напряжения, достаточные для их разрушения. Для рыхлых кометных тел прочность разрушения S составляет только 10–100 Па (для данной кометы оценка этой величины была получена при моделировании ее распада³ в полости Роша Юпитера). Это позволяет оценить плотность атмосферы при начале фрагментации как S/v^2 , т.е. порядка 10^{-8} кг/м³, что соответствует давлению всего лишь 10^{-6} бар или высоте около 300 км над облачным слоем Юпитера. При развитии фрагментации происходит резкое усиление атмосферного торможения, а оно, в свою очередь, вызывает дальнейшее дробление. В таких моделях взрыв кометного тела предсказывается⁴ в диапазоне высот, соответствующих атмосферным давлениям от 0.01 до 0.1 бар.

Поскольку полностью раздробившееся тело можно считать жидкой каплей (отнюдь не испаряющейся мгновенно), то истина, возможно, лежит где-то посередине этого широкого диапазона. Поэтому оценка⁵, сделанная по аналогии с метеорными телами в земной атмосфере, выглядит вполне разумной (приведенный там диапазон высот соответствует атмосферным давлениям от 0.3 до 3 бар).

Такая неопределенность высоты взрыва сильно затрудняет моделирование дальнейших событий. Именно по этой причине группа ученых из Массачусетского технологического института (США) моделировала распространение волн в атмосфере быстро вращающегося Юпитера в двух вариантах энерговыделения⁶: тропосферном (в слое с давлениями от 0.287 до 1.197 бар) и стратосферном (от 0.016 до 0.069 бар). Атмосфера Юпитера в расчетах была представлена пятью взаимодействующими слоями с горизонтальным разрешением около 0.7° , что на экваторе соответствует 900 км. На поле ветров, отвечающее наблюдениям зон в атмосфере Юпитера, накладывались случайные возмущения, отражающие погодные вариации, после чего программа прогонялась некоторое время для установления динамического равновесия. Затем имитировалось падение кометы.

¹ Scotti J.V., Melosh H.J. // *Nature*. 1993. V.365. N 6448. P.733.

² Sekanina Z. // *Science*. 1993. V.262. P.382.

³ Березной А. // *Природа*. 1994. N 5. С.83

⁴ Harrington J., LeBeau R.P., Backes K.A., Downing T.E. // *Nature*. 1994. V.368. N 6471. P.525.

¹ Бялко А.В. Кометная цепочка: рождение и гибель. // *Природа*. 1993. N 12. С.80–82.

² Ahrens N.J., Takata T., O'Keefe J.D. // *Bull. Amer. Astron. Soc.* 1993. V. 25. P. 1043.

Выделяющаяся энергия рассматривалась как параметр, независимый от высоты взрыва. Хотя физически это и не так, такой подход позволяет применить полученные результаты для разных вариантов предстоящего события. Эти грубые расчеты нужны, главным образом, для качественного понимания атмосферных явлений, для обработки данных последующих наблюдений.

При численном моделировании были обнаружены два явления, которые принципиально будет возможно наблюдать в течение нескольких суток после столкновения. Одно из них достаточно очевидно: от места падения распространяются круговые инерционно-гравитационные волны. Бегущее возмущение (его скорость составит 400 м/с в стратосфере и несколько меньше в тропосфере) соответствует вариациям температуры в диапазоне от 0.004 до 1.2 К. Эта амплитуда зависит от выделившейся энергии слабее, чем линейно. Принятая в расчетах модель атмосферы, к сожалению, не позволяла имитировать сопутствующие звуковые волны, которые принципиально могут дать сейсмическую информацию о недрах Юпитера.

Конечно, даже наибольшие из предсказанных возмущений температуры представляют значительные трудности для прямого наблюдения. Авторы отмечают возможный эффект вариаций прозрачности облачных слоев Юпитера при прохождении волн. Увеличению чувствительности обнаружения (отношения сигнал/шум) может также помочь методика выделения когерентных мод волн, распространяющихся кругами от точки падения. Авторы дают рекомендации наблюдателям, но отдают отчет, что возможности обнаружения таких волновых структур тем не менее минимальны. Кроме того, надо принять во внимание, что в данном случае предстоит множественное падение фрагментов кометы.

Другое явление, обнаруженное при численном моделировании, более неожиданно, оно может представить не только наблюдательный, но и принципиальный интерес. В окрестности точки падения во всех вариантах расчетов образуется долгоживущий вихрь малых размеров. Авторы не приводят детальных данных для характерных размеров вихря, по-видимому, по той причине, что они сравнимы с размерами области

энерговыведения (несколько тысяч километров), которое моделировалось слишком грубо. Поведение вихря в расчетах зависит от зональных ветров в точке падения, в наиболее протяженном счете (36 дней для варианта выделения энергии 10^{21} Дж) было отмечено разделение этого вихря на две компоненты, движущиеся в противоположных направлениях.

Предсказание долгоживущей вихревой структуры атмосферы, образующейся в точке падения кометы, важно по нескольким причинам. Во-первых, вполне возможно, что оно-то как раз будет обнаружимо. Дело в том, что локальное повышение температуры в момент взрыва достигнет десятков тысяч градусов и вызовет ряд химических реакций среди тех атмосферных (органических?) примесей, которые определяют оранжевый цвет Юпитера. Эти реакции трудно рассчитать конкретно, поскольку состав этих примесей известен плохо, — важно то, что они, вероятно, локально изменят цветовую гамму видимой поверхности облаков. Это может выявить образовавшийся малый вихрь, который будет контрастен так же, как Большое Красное Пятно, наблюдаемое на Юпитере со времен изобретения телескопа.

Расчеты американских и российских⁷ специалистов по моделированию сверхзвуковых процессов дают пример удачной конверсии компьютерных программ, разработанных для иных задач. Отметим, что это не первое их использование для астрономических приложений: разработка моделей сверхзвукового удара уже была успешно применена в космических целях при конструировании приборов на станциях «Вега», которые передали на Землю распределение по массам пылинок около кометы Галлея. Надо, однако, иметь в виду, что эти программы из-за жесткого лимита времени до предстоящего события пока описывают адекватно не все процессы в атмосфере с экспоненциально меняющейся плотностью.

Итак, наука сосредоточилась: теоретические предсказания даны, астрономы готовы к наблюдениям. Вспышка на Юпитере состоится. Ждем.

⁷См. предыдущую статью в этой подборке.

Пезским волоком к Пустозерску

Н. А. Окладников
Архангельск

В 1991 г. с помощью спонсоров из Мариуполя, Новгорода и Нарьян-Мара была организована российско-украинская историко-географическая экспедиция «Ушкунники». Ее руководителем стал уроженец Нижнепечорья, ветеран-североморец, председатель Мариупольского историко-патриотического клуба «Родина» И. Н. Просвирин.

© Окладников Н. А. Пезским волоком к Пустозерску.

Маршрут второго этапа экспедиции «Ушкунники». Буквой «В» отмечен Пезский волок.

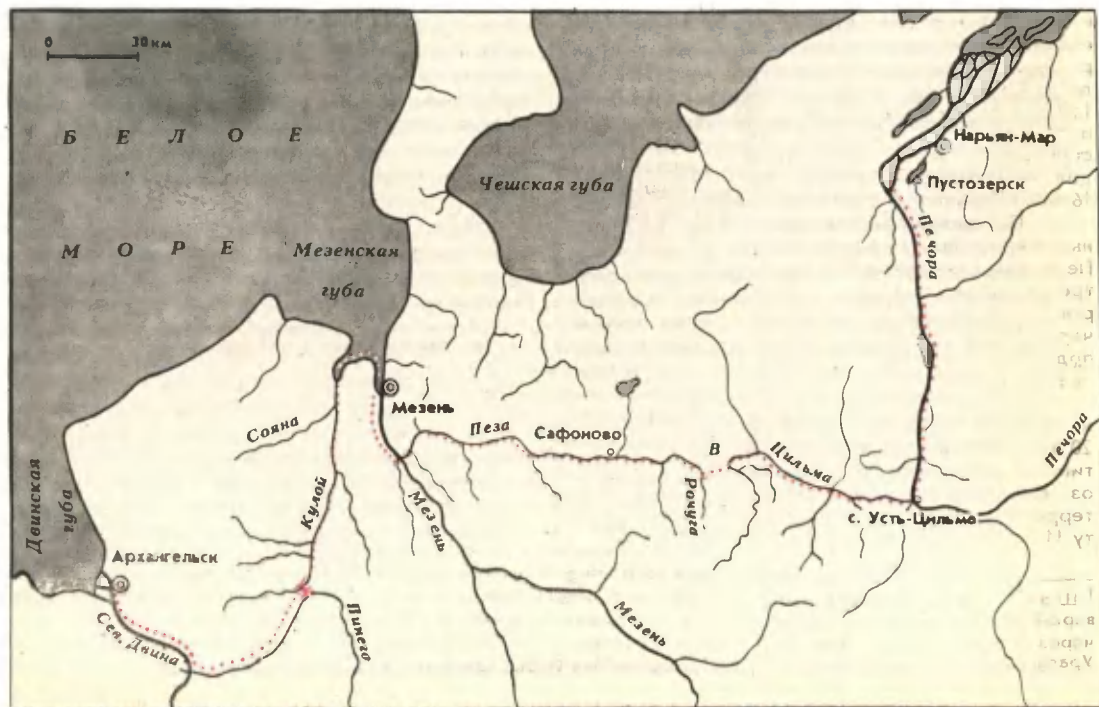
На лодьях, построенных ладожскими корабелями по типу старых новгородских лодок-ушкунк, экспедиция должна была пройти древним водно-волоковым путем от Новгорода в низовья Печоры, до места, где некогда находилась древняя столица Заполярья — город Пустозерск, основанный в 1499 г. московскими воеводами по указу Ивана III.

Пустозерск сыграл выдающуюся роль в продвижении русских на крайний северо-восток Европы, в Западную Сибирь и далее в сказочную «златокипящую» Мангазею. В то же время этот город, находящийся «на краю земли», в XVII—XVIII вв. был местом ссылки лиц, негодных властям и церкви, и сыграл трагическую роль в судьбе многих видных деятелей того вре-

мени. После 15-летнего заточения в земляной тюрьме в 1682 г. здесь был сожжен знаменитый протопоп Аввакум. Ныне об исчезнувшем Пустозерске напоминает лишь обелиск, установленный в 1964 г., да памятный знак на месте казни Аввакума.

Во время первого этапа экспедиции летом 1991 г. на трех парусно-гребных пятидесятельных лодках удалось пройти от стен древнего Новгорода через Волхов, Свирь, Онежское озеро, по р. Водле, через Кемский волок, Онегу, затем через Емецкий волок по Северной Двине. Этот этап успешно закончился в Архангельске.

Второй этап экспедиции на лодьях «Печора» и «Ильмень» начался в Архангельске 14 мая



1992 г. Маршрут должен был проходить по Северной Двине, Пинеге, Кулою, Мезенской губе, Мезени, ее притоку Пезе, через древний Пезский волок на Цильму и далее вниз по Печоре.

Путь на нижнюю Печору через Пезский волок — самый древний из всех водно-волоковых путей Севера. Он был известен еще в IX в. и в течение пяти столетий был главной дорогой из России на Печору и в Зауралье. Даже после открытия в дальнейшем новых более легких дорог для жителей Печорского края этот путь был главной дорогой на Архангельск до конца XIX в., вплоть до постройки Печорского тракта.

Этим путем летом 1499 г. шел один из отрядов московских воевод, основавших Пустозерск. Летом 1837 г. здесь проезжал член Петербургской Академии наук ботаник А. Шренк и описал путешествие в своей книге¹. Шренк и другие путешественники, ранее побывавшие здесь, отмечают, что на этом пути самым трудным является переход через 15-верстный Пезский волок.

Проплыва по Северной Двине, Пинеге, Кулою, Мезенской губе, Мезени и Пезе около 900 км, на 13-й день нашего путешествия, 26 мая, мы оказались в селе Сафонове, последнем населенном пункте в верховьях р. Пезы, на пути к Пезскому волоку. Отсюда до волока около 130 км. На этом этапе нашего пути и без того небольшой состав нашей экспедиции поредел — осталось 8 человек из 16 намечавшихся участников.

Преодолев многочисленные мели и пороги в верховьях Пезы и на извилистой Рочуге, на третий сутки плаванья, во второй половине дня 30 мая, ровно через 155 лет после Шренка, мы дорысали к тому месту на Рочуге, где начинается Пезский волок.

Место это расположено на высоком правом берегу, в 20 км от устья Котвиски, напротив юго-восточного конца оз. Олино. Берег здесь двумя террасами поднимается на высоту 11 м. Почти в центре верхней



Лодья «Печора».

Фото К. Гринченко

террасы имеется небольшой «костровок» из елей и берез. Похоже, именно здесь стояли когда-то почтовые избы для временного проживания ямщиков, которые были обязаны держать восемь лошадей для перевозки путешественников и их лодок через волок. Об этом свидетельствовали обнаруженные нами куски обожженной красной глины, древесные угли и черепки. В ожидании ямщиков и лошадей уже упомянутый Шренк со своими спутниками жили здесь неделю. Нам же приходилось надеяться только на собственные силы. Правда, мы и раньше перетаскивали лодки через волок вручную, но делали это большими силами. А в былые времена через этот волок в основном ходили большими ватагами.

Выгрузив все из лодок и подняв груз наверх (а его насобиралось не менее тонны), вечером того же дня мы приступили к подъему лодок. Поднимали их в гору с помощью веревки, один конец которой, пропустив через одношквивный блок, крепили на-

верху за дерево. Предварительно из тонких деревьев нарубили и напилили катки и подкладывали их под киль лодок. Вся эта операция заняла у нас немногим более двух часов.

На следующий день, взяв топоры и пилы, пошли готовить волок. Начало его настолько заросло, что нам пришлось вырубать просеку заново. Из стволов тонких деревьев заготовили около 40 метровых катков. Решили использовать их неоднократно. Лодки облегли до предела (примерно 400 кг), выкинув из них даже настилы. Перетаскивали лодки через волок так: двое тянули лодку спереди за веревки, как бурлаки, двое толкали со стороны кормы, а остальные — по бортам. Сначала укладывали катки, потом по ним протаскивали одну лодку, за ней другую; собирали катки, укладывали их снова и действовали так же далее. В зависимости от грунта катки укладывали на расстоянии 1,5—0,5 м друг от друга.

В тот же день вечером приступили к изготовлению памятного восьмиконечного креста, который на следующий день установили на краю поляны у начала волока.

¹ Шренк А. Путешествие по Северо-Востоку Европейской России через тундры сарматов к Северным Уральским горам. СПб., 1855.



На волоке у выхода к Первому Волоковому озеру.

Фото В. Корепанова

Выбираемся из болота.

Фото К. Гринченко



На седьмые сутки с начала форсирования волока, 6 июня, мы вышли к Первому Волоковому озеру, которое называется еще Половинным, так как находится на половине волокового пути, петляющего сначала между холмами по болотистым низинам, потом на протяжении 3 км по сухому бору. Примерно в 5 км от начала волока по этому бору протекает ручей, впадающий в Рочугу. Высота его берегов около 3 м. Лодки через этот ручей мы также перетаскивали с помощью веревки и одношкивного блока. За ручьем на протяжении 1,5 км волок снова проходит по бору, затем по сырому болоту протяженностью около 800 м. Его преодоление стоило нам больших усилий. Пришлось дополнительно заготавливать катки, так как многие из них утонули. За этим болотом до Первого Волокового озера волок проходит по бору протяженностью около 650 м. Местность здесь неровная, холмистая, с болотистыми низинами.

Итак, мы преодолели первую половину волока. Пройдено более 7 км трудного пути с многочисленными завалами. Нам пришлось распиливать и оттащить в сторону немало поваленных



Среди завалов на Рубке.

Фото автора

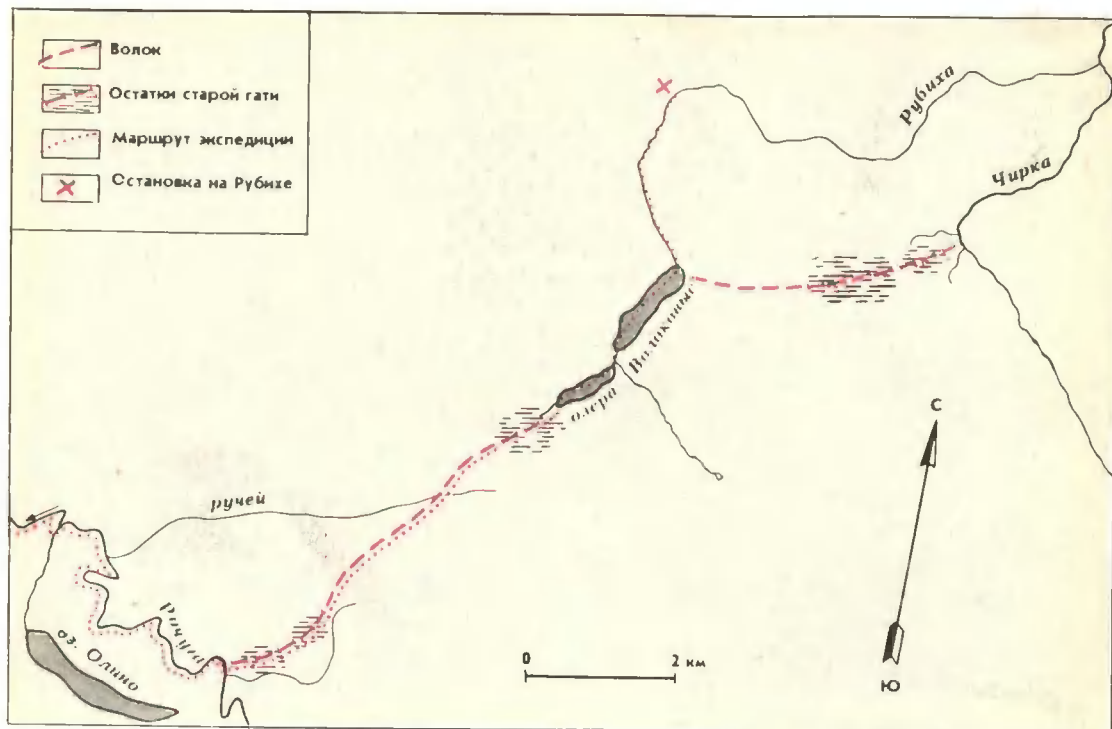
Колода с надписью, сделанной в 1813 г.

Фото К. Гринченко

деревьев, а также срубить и спилить те, что выросли за эти годы на самом волоке. Чтобы преодолеть этот путь, пришлось приготовить не одну сотню катков. А сколько километров мы прошагали, перетаскивая лодки и переноса вещи!

На всем протяжении пройденного пути на затесах старых деревьев, стоящих на волоке, мы встречали любопытные зарубки. Все эти меты мы тщательно зарисовали, а отдельные сфотографировали. Некоторые из них сделаны на стволах деревьев, затесанных с двух, трех, а то и четырех сторон и затесы эти в основном ориентированы по странам света. Чувствуется, что зарубки сделаны довольно давно, так как находили мы их на старых, высохших деревьях, в таюке на полусгнивших, лежа-





Пезский волок.

ших на земле. Многие из этих отметок по бокам заросли болонью, наслонившейся за многие годы. Некоторые из зарубок сделаны на стволах обгоревших, обуглившихся деревьев, сохранившихся среди нового леса, выросшего здесь уже после пожара, свежие следы которого отмечал еще Шренк.

Попадались нам зарубки с текстом и датами. Так, на стволе старой, высохшей сосны вырезаны буквы «МВ», а на другой стороне этого же ствола — дата «1918». На затесе ствола другой такой же сосны вырезан текст «Василий Мамонтов». Чуть выше этого текста — буквы «КП». Встречали мы также на стволах деревьев загадочные буквы «ТПБ», «КПМ» и дату «1886 г.»

Зарубки обнаружили в 1983 г. московские туристы-байдарочники, а за ними в 1985 г. их исследовала Архангельская арктическая экспедиция под руководством археолога О. В. Овсянникова, высадившаяся здесь на вертолете и вывезшая в Архангельск две колоды с зарубками.

Первое Волоковое озеро, простирающееся с запада на восток на километр, соединяется со Вторым, более широким и протяженным, Волоковым озером протокой (виской), сильно заросшей кустарником и заваленной деревьями, — на ее расчистку мы потратили целый день:

От этого озера, правее истока Рубихи, выходит вторая половина волока на р. Чирку. Ее протяженность 5 км. Разведка на месте показала, что волок здесь более тяжелый, чем мы предполагали. Вначале он идет по моховой тайге и светлому сухому бору, а затем на протяжении 2 км — по топкому болоту. Все сильно заросло, и лишь затесы и зарубки на отдельных деревьях свидетельствуют о том, что здесь проходил волок. А на болоте вообще нет никаких ориентиров, только местами, глубоко под топкой болотиной, прощупывается старая гать. Еще Шренк отмечал, что путь через это болото — самая трудная, «несносная часть волока».

В этой половине волока мы также обнаружили зарубки на деревьях. Наиболее интересную, выполненную 11 июня

1813 г. неким Старковым, впоследствии передали Усть-Цилемскому краеведческому музею.

В конце волока, на берегу Чирки обнаружили сгнившие нижние венцы стоявших там некогда изб. Предстояло решить, как быть дальше. Чтобы пройти вторую половину волока нашим малочисленным составом экспедиции, нам потребовалось бы не менее 10 дней. Но время нас поджимало, так как 12 июня был установлен контрольный срок нашего выхода на Цильму, где нас должен был встречать экипаж лоды «Сурож», а 21 июня — в древнем печорском селе Тельвиска под Нарьян-Маром по случаю нашей встречи должен был состояться большой фольклорный праздник.

Поэтому принимаем решение идти по Рубихе. Шренк сообщает, что по Рубихе еще очень недавно ездили на маленьких лодках, чтобы из озер водою же попасть в Чирку, причем затруднительная дорога сухим путем сокращалась наполнину, а самая непроходимая в стороне.

Сначала нам показалось,

что заросли и завалы у истоков Рубихи вполне преодолимы, но за два дня напряженной работы мы расчистили Рубиху примерно на протяжении 3,5 км и 10 июня, снявшись с базы у Второго Волокового озера, вошли в нее на лодках. Дополнительно расчищая русло, на следующий день мы продвинулись по ней примерно на 4 км.

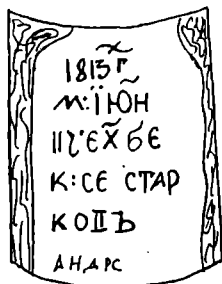
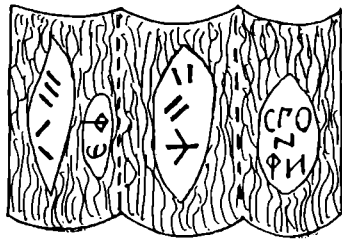
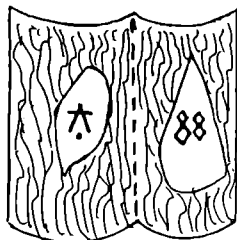
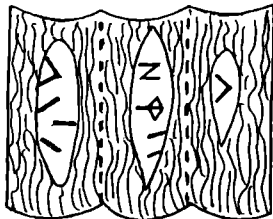
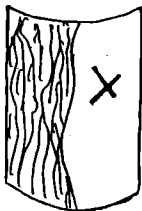
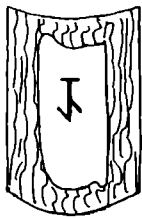
Дальше идти по Рубихе стало еще труднее. За день вода в ней сильно упала. Обнажились пороги и мели, черные плиты глинистого сланца торчали из-под воды. Пустые лодки с большим трудом протаскивали через пороги и мели. За день прошли только 500 м. Днища лодок ободраны, того и гляди останемся вообще без лодок. Решили остановиться и тщательно обследовать речку ниже по течению — там нас ждали сплошные пороги, завалы, речка местами сужалась до метра. Становилось ясно, почему, несмотря на всю тяжесть пути, путешественники шли от Волоковых озер по волоку, а не по Рубихе.

Недалеко от нашей остановки на левом берегу Рубихи нашли старую вертолетную площадку. Расчистили ее, увязали лодки, стали ждать вертолет. Этот аварийный вариант был нами заранее обговорен на тот случай, если к контрольному сроку, т. е. к 12 июня, мы не выйдем на Цильму. Нас разыскали.

Обидно, что пришлось прибегать к помощи вертолета, но все же мы полностью обследовали волок, а расшифровка «наших» зарубок, возможно, позволит открыть новую страницу в истории древнего волока. Мы также полностью обследовали речку Рубиху, полного описания которой еще никто до сих пор не давал.

После высадки на Цильме мы в тот же день вечером двинулись в дальнейший путь. Преодолев многочисленные пороги и мели в верховьях Цильмы, в 3 часа ночи 19 июня мы подошли к устью р. Космы, где и встретились с ожидавшим нас здесь экипажем лоды «Сурож». Дальнейшее путешествие продолжали уже на трех лодках.

Пройдя на этом этапе экспедиции более 1700 км, на 44-е



Зарубки, обнаруженные нашей экспедицией на второй половине волока.

сутки нашего плавания мы достигли конечной цели нашего путешествия — городища Пустозерск, полностью выполнив задачи, поставленные перед экспедицией.

Я благодарен судьбе за то, что свела меня с мужественными людьми, нарьянмарцами В. Шишловым, В. Корепановым, М. Фешуком, А. Зобниным, В. Пуниным и мариупольцем М. Сличенко. Все они были участниками первого этапа экспедиции. К. Гринченко, представитель космодрома Плесецк и автор очерка были новичками в этом походе.

«Как Сирано де Бержерак, он мог гордиться белым султаном своего боевого шлема...»

К 100-летию со дня рождения Л. А. Зильбера

Л. Л. Киселев,
член-корреспондент РАН
Институт молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта РАН

Г. И. Абелев,
член-корреспондент РАН

Ф. Л. Киселев,
доктор биологических наук
Онкологический научный центр им. Н. Н. Блохина РАН
Москва



ЛЕВ АЛЕКСАНДРОВИЧ ЗИЛЬБЕР
(15 (28). III 1894 — 16.XI 1966)

Фото 1945 г.

Посвящается памяти Зинаиды Виссарионовны Ермолевой и Валерии Петровны Киселевой в знак признательности и преклонения перед их гражданским подвигом.

ПОЧЕМУ Владимир Александрович Энгельгардт — близкий друг Зильбера со студенческих лет до последних дней жизни Льва Александровича — говоря об ученом, нашем современнике, обращается к средневековой романтической поэме Ростана и сравнивает бактериолога, иммунолога, вирусолога и онколога Зильбера с Сирано, чьи устремления были столь далеки от науки? И наконец, почему «боевой шлем»?

Этот документальный очерк — попытка рассказать о судьбе одаренной, совершенно незаурядной творческой личности в переломную историческую эпоху, об ученом, чей разум, воля, талант и мужество победили все внешние обстоятельства. Это рассказ о том, как внутренний мир человека способен противостоять миру внешнему и в конечном счете его преодолеть.

В повествовании о Зильбере невозможно разделить события научной карьеры и события жизни — они переплетаются друг с другом, и фрагменты этой мозаики можно воспринять только целиком, не пытаясь разнять на части.

СЕМЬЯ, ДРУЗЬЯ, ГИМНАЗИЯ, УНИВЕРСИТЕТЫ, ВОЙНА

Лев Зильбер родился 15 (28) марта 1894 г. в селе Медведь Новгородской губернии в семье музыкантов: мать была учительницей музыки, а отец — военным дирижером, капельмейстером духового оркестра, и в момент рождения старшего сына (всего в семье было две дочери и четверо сыновей) полк стоял поблизости от этого места.

Лев учился в первой Псковской гимназии, которой уже тогда было больше 100 лет; ее также окончили младший брат Льва Вениамин, впоследствии известный писатель В. А. Каверин, друг Льва, академик медицины и мирового класса альпинист А. А. Летавет, известный физик академик И. К. Кикоин, ближайший друг Льва, замечательный писатель и литературовед Ю. Н. Тынянов. Это была высоконравственная и высокоинтеллек-

туальная среда, которая сыграла огромную роль в формировании личности Льва Александровича¹.

Семья музыкантов (кроме родителей к музыке были причастны сестра и брат Льва, братья отца), разумеется, пророчила ему именно эту стезю. Он обладал абсолютным музыкальным слухом, и его учили играть на скрипке; отец не мыслил для сына никаких других занятий. Вопреки воле отца, но пользуясь тайной поддержкой матери, Лев отказался от музыкальной карьеры подобно тому, как десятью годами позже отказался от карьеры военной. Это стоило ему полного разрыва с отцом, лишения духовной и материальной поддержки. Отец не разговаривал с сыном 20 (!) лет и заговорил уже не с «Левкой», а с известным ученым-профессором незадолго до своей смерти.

Из Пскова Лев в 1912 г. едет учиться в Петербургский университет на естественное отделение физико-математического факультета. Однако музыка настигла его и здесь: умение пригодились — в безденежные и голодные годы студенчества он играл на скрипке в кафе за еду, а аккомпанировал ему брат Александр, будущий композитор.

Через три года Лев перевелся на медицинский факультет Московского университета, сохранив за собой право заочного обучения в Петербурге. В 1917 г. он окончил Петербургский университет с дипломом бакалавра естественных наук, а в 1919 г. — медицинский факультет в Москве с дипломом врача.

Основательное биологическое и медицинское образование, полученное в двух лучших университетах России, предопределило в дальнейшем широту научных интересов Зильбера и его способность плодотворно работать на стыке биологии и медицины. О годах гражданской войны Лев Александрович рассказал в своих воспоминаниях очень красочно и живо², но для нас интересно,

© Киселев Л. Л., Абелев Г. И., Киселев Ф. Л. «Как Сирано де Бержерак, он мог гордиться белым султаном своего боевого шлема...»

¹ О друзьях юности и атмосфере того времени прекрасно рассказано в воспоминаниях Зильбера. См.: Природа. 1984. № 3. С. 82; Наука и жизнь. 1974. № 3. С. 67; Каверин В. А. Освещенные окна. М., 1968.

² Зильбер Л. А. Записки военного врача // Прометей. 1968. № 5.



В гимназию. Псков. 1900 г.

Здесь и далее фото из семейного архива.

что молодой врач, доброволец, сделавший за год военной службы стремительную карьеру и дошедший в 26 лет до должности начальника санитарной части дивизии, легко расстался со своим успехом, льстившим, конечно, его самолюбию, и пытался заниматься наукой даже в ходе военных действий. В 1920 г. Зильбер меняет высокую военную должность (и коня, о котором он очень сожалел) на скромное место лаборанта в бактериологической лаборатории санчасти фронта. Его мечта — попасть на кафедру бактериологии Ростовского университета к известному профессору В. А. Барыкину.

Госпиталь, при котором была лаборатория, переполнен сыпнотифозными больными, и Лев пытается их лечить: подкожно вводит их собственную сыворотку, прогретую, чтобы убить возбудителя. Больным становится лучше, но отчего? Зильбер вдохновлен результатами. Они составляют предмет его первой научной публикации. Он докладывает свою работу перед военно-медицинской комиссией фронта под председатель-

ством Барыкина. Но вместо ожидаемого восторженного приема его встречает полный разгром. Сколько-нибудь серьезного обоснования метода нет, как нет и контролей. Лев спорит, не соглашается, пытается доказать свою правоту — безрезультатно... Однако Барыкину он явно понравился, и тот приглашает Льва к себе на кафедру. Тяжелейший сыпной тиф рушит внезапно возникшую и столь желанную перспективу.

ПЕРВЫЕ ШАГИ В НАУКЕ И ПЕРВОЕ ОТКРЫТИЕ

Только после выздоровления Лев Александрович начинает работать в Москве, в лаборатории Института микробиологии Наркомздрава, организованного Барыкиным. Полный энергии, честолюбия, стремления к самоутверждению, он буквально врывается в новую для себя область, становится ближайшим сотрудником Барыкина. Работы этого периода посвящены проблемам иммунологии — иммуногенности металлов, механизму связывания комплемента, а его первая монография — «параиммунитету», т. е. иммунному ответу организма на антигены, неродственные возбудителю заболевания.

Изучение природы «параиммунитета» привело Зильбера к открытию совершенно неожиданного феномена — наследственного превращения одного вида протея в другой при его культивировании в организме морской свинки. В этих опытах он вплотную подошел к открытию серологической трансформации бактерий, позже описанной для пневмококков Гриффитсом.

НАГОРНЫЙ КАРАБАХ И ПЕРВЫЙ АРЕСТ

В 1929 г. Зильбер избирается заведующим кафедрой микробиологии в Баку и там же возглавляет Институт микробиологии. Страстный темперамент ученого не мог исчерпать себя только в экспериментальных исследованиях. Его романтическая и героическая натура жаждала борьбы, преодоления трудностей. И судьба предоставляла ему такие возможности, пожалуй, в избытке.

Зимой 1930/31 г. в Нагорном Карабахе, недалеко от границы, в селении Гадрут и прилегающей местности вспыхивает эпидемия чумы. Зильбер возглавляет отряд, специально направленный в район вспышки.

Нагорный Карабах — гористый район, не имевший в то время удобного сообщения с Баку, заселенный главным образом крестьянами, в основном армянами. В то время это был совершенно дикий, нецивилизо-

ванный край, никто не говорил по-русски, царили средневековые обычаи³.

Готовность Зильбера броситься на помощь была связана не столько с его профессией (он не был ни специалистом по чуме, ни лечащим врачом, ни эпидемиологом), сколько с жадой риска, желанием испытать себя в экстремальной ситуации и, конечно, помочь людям в беде. Проехав верхом на лошадях от станции железной дороги до Гадрута много часов, отряд достиг цели и застал мрачную картину: в первый момент местные врачи спугали чуму с воспалением легких, что позволило вспышке распространиться. Сообщение о чуме пришло в Баку от молодого военного врача Л. Марголина, судьба которого была трагичной: несмотря на все усилия, заболевшего врача спасти не удалось.

Условия работы были смертельно опасными — не хватало даже резиновых перчаток. Зильбер, заражая морских свинок для выделения возбудителя, работал голыми руками (1), просто опуская их время от времени в дезинфицирующий раствор.

Дальнейшие события приобрели еще более напряженный характер: «Как-то поздно вечером ко мне на квартиру зашел уполномоченный НКВД.

— У меня к Вам серьезный разговор, профессор, — сказал он, садясь по моему приглашению на единственный стул. — Дело в следующем. У нас получены весьма достоверные сведения, что здесь орудуют диверсанты, переброшенные из-за рубежа. Они вскрывают чумные трупы, вырезают сердце и печень и этими кусочками распространяют заразу. Эти сведения совершенно точны, — сказал он еще раз, заметив недоверие на моем лице.

— Вы знаете, товарищ, — сказал я, — чумной микроб очень легко выращивается на питательных средах. За несколько дней можно получить в лаборатории такое количество этих микробов, что их хватило бы для заражения сотен тысяч людей. Зачем же диверсантам вырезать органы из трупов? Вероятно те, кто послал их, могли бы иметь чумные культуры.

— Не стоит обсуждать эти вопросы, необходимо убедиться, целы ли уже захороненные трупы. Можете ли вы немедленно организовать вскрытие могил и осмотр всех захоронений? Придется это делать тайно, ночью, потому что население будет считать это осквернением могил, и могут начаться волнения...



На Международном бактериологическом конгрессе в Берлине. 1927 г. Слева направо: В. А. Энгельгардт, Э. В. Ермольева, Л. А. Зильбер.

Мы условились, что через час он подойдет к зданию школы вместе с пятью вооруженными красноармейцами (для охраны, как он сказал, на всякий случай) с лопатами и прочим. Все это казалось мне какой-то фантастикой. Ведь диверсанты, которые вскрывали трупы и вырезали сердце и печень, неминуемо должны были сами заразиться чумой, если только они не были бактериологами или врачами, знающими, как предохранить себя от заражения. Нет, тут что-то не так!

На кладбище было тихо и темно. Фонарь «летучая мышь» тускло освещал небольшое пространство. Мы заслонили его со стороны селения, чтобы оттуда не был виден огонь на кладбище. Захоронение было неглубокое, и вскоре показалась крышка гроба. В гробу лежала средних лет женщина. Не было никаких признаков, что кто-то нарушил покой этого захоронения...

При вскрытии третьего захоронения у всех вырвался возглас изумления. Голова

³ Зильбер Л. А. Операция «Руда» // Наука и жизнь. 1966. № 12. С. 57—61.

трупа была отделена от туловища и лежала с наклоном на бок. Одежда разрезана, грудь и живот вскрыты. Сердца и печени не было. Из десяти вскрытых за эту ночь могил в трех были трупы с отрезанными головами, без сердца и печени. Это было страшно не только своей необыкновенностью, но и тяжелыми последствиями. Чумной микроб, высушенный в тканях, может годами оставаться живым. Если кусочки чумных органов остались у населения, то как их найти, чтобы обезвредить? Ничего подобного не знала история чумных эпидемий во всем мире. Я не спал всю ночь⁴.

Разгадка вскрытия трупов и исчезновения органов пришла случайно. Местный учитель рассказал Зильберу о существующей здесь легенде: если после смерти одного члена семьи продолжают умирать другие, то первый умерший на самом деле жив и тянет за собой в могилу остальных. Согласно поверью, чтобы этого не было, надо разрыть могилу, отрезать голову, взять сердце и печень, нарезать кусочками и дать съесть членам семьи.

Этот рассказ объяснил все. Диверсия не состоялась, причина оказалась в древнем и страшном обычае. Стало ясно, что единственный путь — это, с одной стороны, сжечь трупы, чтобы устранить источник заражения, а с другой — уничтожить смертоносные куски органов умерших, спрятанные в жилищах. Зильберу это удалось: людей выселили из их домов, зараженных изолировали,



Первая экспедиция. 1930 г.

постройки продезинфицировали и вспышку чумы ликвидировали.

По возвращении в Баку Зильбера избрали кандидатом в члены АзЦИКа (высший орган советской власти в Азербайджане) и представили к ордену Красного Знамени. Однако вместо этих почестей наш герой вскоре оказался за решеткой и провел там несколько месяцев. К счастью, тогда ему удалось вырваться, и в 1931 г. он вернулся в Москву.

Что же послужило основанием сделать преступника из человека, победившего за две недели чуму? Местные органы НКВД утверждали, что Зильбер скрыл «диверсионное» происхождение вспышки и привез чумную культуру в Баку, чтобы заразить население. К счастью, тогда абсурдность этих обвинений быстро доказали, но оставаться в Баку Зильберу уже не хотелось...

Гадрутская история как прожектором высветила многое в характере Зильбера: блестящие организаторские способности, проявленные в самых необычных ситуациях, смелость перед лицом смертельной опасности, готовность брать на себя ответствен-



С известным эпидемиологом А. А. Захаровым. Москва. 1932 г.

ность, действовать решительно и быстро и, наконец, особый «эпидемиологический дар».

Этот эпизод биографии Зильбера был не единственным: в 1932 г., став одним из главных участников ликвидации крупной вспышки оспы в Казахстане, он на месте организовал выпуск оспенного детрита для прививок против оспы. Позже он руководил подавлением крупной вспышки брюшного тифа в России. Здесь проявились не столько научные интересы и пристрастия Зильбера, сколько его вулканическая энергия в рискованных ситуациях, страсть к быстрому разгадыванию природы и источника эпидемий, возможность самому принимать решения и видеть их результат. Это была как бы постоянная самопроверка своих возможностей, тренировка остроты ума и твердости характера. В последующие годы этот бесценный опыт помогал ему и на Дальнем Востоке, и в тюрьмах, и в лагерях.

ОТ БАКТЕРИЙ К ВИРУСАМ

Вернувшись в Москву, Зильбер работает в Институте вакцин и сывороток им. И. И. Мечникова. В то время его занимают две главные проблемы — приготовление термоинактивированных вакцин и адсорбция риккетсий на дрожжах.

Основой для первой послужили его ранние наблюдения, что порог термоденатурации белковых антигенов существенно повышается в присутствии антиденатурантов, например сахарозы. Бактерии же при этом погибали. Так возникли «сахарные» вакцины, которыми Лев Александрович занимался в начале 30-х годов, доведя некоторые из них до практики.

Вторая проблема — адсорбция риккетсий на дрожжах и их возможное культивирование — возникла в ходе исследований по парамунитету⁵. Эти первые вирусологические исследования ввели Зильбера в вирусологию, область, которая как нельзя более соответствовала его характеру.

В 1934 г. он организует первую в СССР Центральную вирусную лабораторию, к числу крупнейших достижений которой (да и российской вирусологии вообще), несомненно, относится открытие вируса — возбудителя тяжелейшего заболевания нервной системы, весенне-летнего дальневосточного энцефалита, и его переносчика — клеща.



Начало работ по вирусологии. Институт вакцин и сывороток им. И. И. Мечникова. 1932 г.

ПОДВИГ В ТАЙГЕ

С начала 30-х годов в ряде мест Дальнего Востока вспыхивали тяжелые острые заболевания, часто кончавшиеся смертью больных: поражалась центральная нервная система. Тогда эту совершенно неизученную болезнь местные врачи классифицировали как «токсический грипп». Врач А. Г. Панов, работавший на Дальнем Востоке в 1935 г., впервые установил, что это заболевание — энцефалит. Однако врачи местной Пастеровской станции, вводя мышам в мозг эмульсию мозга погибших от энцефалита людей, не смогли выделить возбудителя.

Стало ясно, что необходимо организовать экспедицию, которую после небольших административных неурядиц единоначально возглавил Зильбер. Спустя много лет он вспоминал: «Я взял исключительно молодежь, и сделал это совершенно сознательно: молодые люди имели в моих глазах огромное преимущество — они не были связаны старыми заблуждениями в отношении этого заболевания. До нас местные невропатологи утверждали, что это заболевание является японским летним энцефалитом... Я не был убежден в этом, и мы составили три научных плана. Первый план на тот случай, если это действительно летний энцефалит, второй план — если это какой-нибудь другой энцефалит. И наконец, третий план — на случай, если это вообще не энцефалит»⁶.

⁵ А б е л е в Г. И. Творческий путь выдающегося ученого // З и л ь б е р Л. А. Избранные труды. Л., 1971. С. 21.

⁶ З и л ь б е р Л. А. Стратегия научного поиска // Природа. 1969. № 10. С. 50.



С. А. К. Шубладзе в дальневосточной экспедиции. 1937 г.

Дальнейшее написано сразу после экспедиции. «При первом же выезде 19 мая 1937 г. с группой сотрудников в тайгу в северный район заболеваний я столкнулся с фактами, которые заставили меня взять под сомнение существующую концепцию об эпидемиологии этого заболевания. В небольшой больничке расположенного в тайге леспрохоза я нашел истории болезни за последние три года. Их просмотр показал, что энцефалитом болеют преимущественно весной и только люди, работающие в тайге и часто не имеющие никакого контакта между собой. Эти данные никак не увязывались с теорией контактной или капельной инфекции. В этой же таежной больничке 19 мая я нашел больную энцефалитом, которая заболела 4 мая и уже поправлялась к моменту моего посещения. Она была первой больной этого сезона, и установление источника ее заражения могло иметь решающее значение для последующих исследований. Больная оказалась домашней хозяйкой, никуда не выезжавшей в течение двух лет из таежного поселка, где она жила, и не имевшей никакого

контакта ни с больными, ни с их семьями... После длительного расспроса больная вспомнила, что за 10—14 дней до заболевания она собирала в тайге прошлогодние кедровые орехи и, вернувшись домой, обнаружила у себя впившихся клещей. Этот единственный факт, с которым можно было связать ее заболевание, естественно, привлек мое внимание...

Вероятность переноса заболевания этим путем была для меня столь очевидной, что уже в конце мая я направил ряд врачей, в том числе и сотрудников экспедиции, в тайгу к партиям лиц, работающих исключительно в тайге, чтобы проинструктировать их об опасности укуса клещей. В последующем оказалось, что из этих лиц в 1937 г. заболел только один человек, хотя в предыдущие годы это были наиболее поражаемые группы.

Вместе со сбором эпидемиологических данных была организована и экспериментальная проверка клещевой теории... Эти и все последующие работы, особенно обширные исследования академика Е. Н. Павловского и его сотрудников, полностью подтвердили выдвинутую мной теорию о передаче заболевания иксодовыми клещами⁷.

⁷ Зильбер Л. А. Эпидемические энцефалиты. М., 1945. С. 125—126.

Клещевая теория Зильбера поражает нас даже спустя более 50 лет после этих событий. Идея появилась 19 мая — через 2 дня (!) после начала непосредственной работы в очаге заболевания, а уже спустя всего 20 (!) дней: «Я взял на себя ответственность, — пишет Л. Зильбер, — предложить на специально созванном 10 июня совещании местных органов здравоохранения в корне изменить все мероприятия по борьбе с этими заболеваниями, сосредоточив основное внимание на противоклещевой профилактике»⁸.

Однако было бы неточно и наивно думать, что одна больная, одно озарение, одна догадка обеспечили успех экспедиции. Сам Зильбер считал, что «...громадную роль в научном поиске играет подготовка исследования. Когда я думаю о той роли, которую играет подготовка исследований, я всегда вспоминаю нашу экспедицию 1937 г. Все, от самого совершенного аппарата до последнего гвоздика было предусмотрено при снаряжении нашей экспедиции, не хватало только тропических обезьян. Я попросил достать их. И вот из Японии навстречу экспедиции были отправлены срочно закупленные обезьяны. Они были нужны для решающих экспериментов»⁹.

Клещевая теория ответила на вопрос о переносчике заболевания и путях его распространения и тем самым имела, помимо теоретического, огромное практическое значение. Однако, разумеется, она не отвечала на вопрос о природе возбудителя болезни: клещи в принципе могли переносить и бактерии, и риккетсии, и вирусы. Только тщательно поставленные опыты (нелишне напомнить, что речь идет о дикой тайге, бездорожье, деревянных домишках, а отнюдь не о стерильных «боксах» и «ламинарах»!) могли дать ответ на этот вопрос. Придерживаясь исторической точности, предоставим слово первоисточнику: «...первые же летальные случаи заболевания дали материал, с помощью которого почти одновременно мной и Шубладзе на юге и Левкович и Чумаковым на севере был выделен возбудитель заболевания, оказавшийся ультравирусом, имеющим некоторое сходство с вирусами японского и американского энцефалитов. Несколько позже подобные же штаммы были выделены Соловьевым. В июне и июле 1937 г. мной и Шубладзе поставлены опыты заражения обезьян эмульсией мозга погибших от энцефалита людей и полученным к тому времени пассажным вирусом. Эти



Экспедиция завершена. 1937 г.

опыты также подтвердили этиологическое значение выделенных нами штаммов, но нейтрализация этих штаммов сыворотками реконвалесцентов, т. е. людей, перенесших энцефалит, долго нам не удавалась. Только после того, как в опыты были взяты сыворотки более поздних сроков реконвалесценции, мы получили отчетливые положительные результаты, и стало ясным, что в наших руках находится возбудитель заболевания»¹⁰.

Зильбер со свойственным ему лаконизмом подвел итоги работы экспедиции: «В течение трех месяцев нами было установлено существование новой, неизвестной ранее формы энцефалита, выделено 29 штаммов ее возбудителя, установлена эпидемиология заболевания и ее переносчик, в основном изучены клиника, патологическая анатомия и гистология заболевания. Этот успех был омрачен лабораторными заражениями сотрудников... Трудно установить обстоятельства, при которых они заразились... В конце концов мы были пионерами в этой области, мы были первыми людьми на Земле, которые держали в руках этот неизвестный ранее вирус... В последующие годы смертельные заражения имели место при работе с нашим

⁸ Там же. С. 127.

⁹ Там же. С. 128.

¹⁰ Там же. С. 129.

вирусом в Москве в специальных вирусологических лабораториях даже и в тех случаях, когда принимались специально разработанные меры для предупреждения заражений. Эти факты заставляют думать о необычайно высокой инфекциозности нашего вируса, и не удивительно, что первое знакомство с ним не обошлось без жертв. Они могли быть гораздо более значительными»¹¹.

НАУКА В НЕВОЛЕ

Казалось бы, люди, в течение трех месяцев буквально ежечасно рисковавшие не только здоровьем — жизнью, вправе рассчитывать хотя бы на благодарность. Однако шел 1937-й год, и по чудовищному, абсурдному и кощунственному доносу руководителя экспедиции и два его близких сотрудника А. Д. Шеболдаева и Т. М. Сафонова были арестованы по обвинению в распространении японского энцефалита.

В отсутствие арестованных и без их фамилий публикуется первое научное сообщение об этиологии клещевого энцефалита. Спустя 20 лет соавторы этой работы пишут специальное письмо в редакцию журнала «Вопросы вирусологии», где просят восстановить историческую и научную истину и цитировать авторов этой статьи, начиная с Зильбера и кончая Шеболдаевой.

Ряд участников зильберовской экспедиции, а также руководители и участники второй и третьей экспедиций 1938—1939 гг. (Е. Н. Павловский, А. А. Смородинцев, П. А. Петрищева) награждаются Сталинской премией I степени. Среди лауреатов нет Зильбера, Шеболдаевой, Сафоновой.

О периоде с 1937 по 1939 г. Лев Александрович почти никогда не рассказывал, однако изредка упоминал Лефортово, Лубянку, Бутырки, Суханово. Для тысяч и тысяч граждан нашей страны эти названия означали чудовищные физические и душевные муки, почти неизбежную гибель. Зильбер прошел через все это, не подписав признания в несуществующих преступлениях. Однажды, много лет спустя, на диспансерном приеме врач, глядя на снимок его грудной клетки, воскликнул: «У вас же сломаны ребра! А в карточке об этом не написано». «Да,— ответил Зильбер,— до войны я попал в тяжелую автомобильную катастрофу». Он был очень доволен, как ловко провел доверчивого молодого врача.

В 1939 г. Зильбер освобожден. Мы не можем сказать сейчас, что было решающим

в этом освобождении — абсурдность ли обвинений, энергичные ли и бесстрашные действия его преданных друзей или «пересменка». (В НКВД на смену кровавому Ежову пришел новый палач — Берия, начавший свою деятельность с некоторой «либерализации» — освобождения небольшой части заключенных.)

Выйдя на свободу, Зильбер публикует классическую, основополагающую работу по клещевому энцефалиту, написанную еще в 1937 г., готовит монографию по энцефалитам. Книга, набранная в типографии, должна выйти в свет в следующем году, но этому не суждено случиться (к счастью, чудом сохранилась корректура этой книги). В 1940 г. Зильбер снова арестован, в третий раз.

В годы войны судьба была благосклонна к Зильберу. В лагере, в районе р. Печоры, он оказался не на тяжелейших общих работах, где большинство заключенных погибало, а врачом в лазарете. Там нет избиений, можно думать, можно помогать людям, и Зильбер опять — истинный исследователь, который делает науку там, где, казалось бы, и думать о ней невозможно. Удивительный пример тому — создание витаминного препарата из дрожжей, выращенных на экстракте из оленьего мха (ягеля), эффективного при тяжелом авитаминозе (пеллагре), буквально косившем заключенных северных лагерей. Целебный препарат, приготовленный Зильбером в лагерных условиях, спасает жизнь сотням заключенных. Мало того, на способ выращивания дрожжей арестованный врач получает еще и авторское свидетельство, заявленное от Печорского лагеря с сохранением фамилии изобретателя. Зильбер не успокаивается на создании препарата и создает конференцию врачей и сестер, работающих в других северных лагерях, где рассказывает о своем опыте, добивается его распространения и использования для лечения.

Семейный архив хранит письма бывших заключенных, которых Зильбер поддерживал и своим мужественным поведением, и врачебной помощью. В одном из них о периоде следствия инженер Г. И. Меньшиков (провел в тюрьмах и лагерях более 15 лет) писал: «С образом Льва Александровича у меня неразрывно связаны понятия чести, гуманизма, преданности своему делу. Я познакомился с Львом Александровичем в самый трудный период его жизни — в дни, когда над ним тяготело обвинение из семи пунктов 58-й, каждый из которых карался расстрелом... Я оценил его как мужественного человека, полюбил за оптимизм, юмор, за

¹¹ Там же. С. 130.

редкую готовность, будучи самому голодным, поделиться с соседом единственным хвостиком ржавой селедки, последним куском мороженной брюквы. Я ...помогал ему во время мучительных припадков удушья; перевязывал ему кровоточившую после побоев в Сухановке спину, но... я ни разу не слышал от него малодушной жалобы».

Вот еще одно письмо — С. С. Васюхнова, товарища Зильбера по лагерю: «Много на своем веку я встречал хороших, отзывчивых, внимательных людей... но тем, кто вошел ко мне в душу, особым, ни с кем не сравнимым чудо-человеком с большой буквы, был Лев Александрович Зильбер... Лев Александрович особого склада человек, он всегда выручит в беде, поделится последним куском хлеба, своим советом укажет правильный путь в жизни. В моем сердце он остался навечно волевым, смелым, сильным, прекрасным, непревзойденным».

И сколько таких людей, если им удавалось выжить, оставались друзьями Льва Александровича, находили его после освобождения и всегда были желанными гостями в его доме.

Работая в лагере, Зильбер неоднократно обращался в органы НКВД с просьбой пересмотреть его дело. Уже после создания лекарственного препарата из дрожжей его неожиданно вызвали в Москву. Лев Александрович был почти уверен в том, что дело будет пересмотрено — его везли без вооруженного конвоя. Но в Москве Зильбера ожидает очередной удар: ни освобождения, ни уменьшения срока, ему просто предложили работу в тюремной бактериологической лаборатории, так называемой «шарашке». Альтернатива — возвращение в лагерь или на лесоповал. Он наотрез отказывается. Почему? Мы не можем точно сказать. Скорее всего, по двум причинам — из-за нежелания работать по биологическому оружию и из-за невозможности для него быть научным «рабом» — безликим, безымянным, подчиненным чужой воле. К счастью, его направляют в химическую «шарашку», где он должен был заниматься получением спирта из оленьего мха. И здесь наступает самый «счастливый» (если вообще уместен такой эпитет) период тюремной жизни. Хотя каждый его шаг находился под строгим контролем (в штат был введен специальный лаборант, который каждый день составлял отчет, что делал Зильбер в течение дня), но стала доступной научная литература, появилась возможность заниматься новыми научными проблемами и редких свиданий с близкими. Для Зильбера это было счастьем.

ВИРУСЫ И РАК

Придя в вирусологию в середине 30-х годов и имея за плечами опыт выделения вируса клещевого энцефалита, Зильбер возвращается к мысли о важной роли вирусов в возникновении рака у человека, которую он обдумывал еще в 1934 г. Мысль эта возникла не на голом месте: к тому времени были выделены несколько вирусов, вызывающих опухоли у животных (среди них вирус саркомы Рауса у кур и вирус папилломы Шоупа у кроликов). Зильберу было ясно, что начинать надо с экспериментальных животных, но где их взять? Он договаривается с заключенными, и они ловят ему за табак мышей, благо их вокруг предостаточно...

Напомним, что в 40-х годах было известно, что опухоли можно вызвать канцерогенными веществами и очень немногими вирусами и перевивать их на животных. Для доказательства участия вируса в образовании опухоли использовали бесклеточные экстракты, пропущенные через фильтр, задерживающий бактерии и вирусы. С помощью канцерогенных веществ Зильбер вызывал у «тюремных» мышей опухоли, бесклеточными экстрактами из которых заражал здоровых грызунов. Вызвать образование опухолей не удавалось, напротив, клетки, не прошедшие через фильтр, при введении мышам вызывали опухоли.

Поворотным моментом послужили два исключения. В первом в опыт случайно попала беременная крыса, придавленная дверцей клетки. На вскрытии у нее обнаружился маленький опухолевый узел («молодая опухоль»), экстракт из которого и вызывал опухоль у мыши. Во втором фильтрат готовили из мышинной опухоли, по свойствам похожей на молодую опухоль. На основании этих единичных и, казалось бы, случайных наблюдений Зильбер приходит к выводу: вирус потому обнаруживается в молодых опухолях, что он только начинает процесс, а дальше он опухолевыми клеткам не нужен. Широкомасштабные опыты на мышах и кроликах, подтвердившие это предположение, дали толчок новой концепции о роли вирусов в происхождении опухолей.

В отличие от онковирусологов того времени, полагавших, что вирус служит постоянным инфекционным агентом, Зильбер считает, что механизм действия опухолеродных вирусов не инфекционный. Но как донести эти сведения до научной общности?

Заявление с просьбой о публикации полученных результатов и последующий раз-

говор с тюремным начальством, естественно, не встретили понимания, но Зильбер не сдается и решается на сверхсмелый шаг — передать на волю им написанное. Как это сделать? Обратимся к воспоминаниям: «Не знаю, откуда и зачем, но у нас в лаборатории была папиросная бумага очень высокого качества. Карандашом можно было писать очень, очень мелко... Два, даже три листика этой бумаги можно было сложить таким образом, чтобы они занимали объем не больше пуговицы средних размеров. Такую «вещь», может быть, и можно будет передать при свидании.

Это была трудная работа не только потому, что приходилось писать микроскопическими буквочками, но и потому, что это нужно было делать так, чтобы решительно никто этого не видел, не только стража, которая ежеминутно наблюдала за нами через «глазок» в двери, но и другие работающие в лаборатории... Я писал только тогда, когда в лаборатории никого кроме меня не было. Это было нечасто, и работа шла очень медленно... Я торопился закончить к очередному свиданию с родственниками, которые были раз в 2—3 месяца. Но как передать незаметно на свидании хотя бы и такую маленькую вещь размером с пуговицу?.. Я сделал 4 фигурки из хлеба. Пользуясь ими, разрабатывал всевозможные варианты, чтобы встать, заслоняя от наблюдавших правую или левую руку или хотя бы кисть руки... Настал день свидания. К среднему и безымянному пальцам левой руки я приклеил «пуговицу» с рукописью: ее легко можно было освободить движением большого пальца этой же руки. Свидание протекало обычно... Прощаясь, я стал лезть боком ближе к Ермольевой¹². Один из наблюдателей был за моей спиной, другой за ее спиной. Я уронил носовой платок, который был в правой руке, и тут же вложил пуговицу в ладонь Ермольевой. Ладонь закрылась, рука не дрогнула. Наблюдатель подал мне платок, который он тщательно осмотрел. Ермольева и Каверин вышли. Кажется удалось!»¹³

Вот как вспоминает Каверин об этом эпизоде: «Оглушенные, подавленные, растерянные идем мы с Ермольевой по затемненной Москве. — Он сунул мне записку, — шепчет она... Не помню, как мы добрались до ее квартиры...

Сверточек-записка сложен в 10—

20 раз. Ермольева осторожно разворачивает его... и перед нами исписанный мельчайшими буквами лист, озаглавленный — это можно прочесть без лупы — «Вирусная теория происхождения рака».

У Ермольевой есть большая хорошая лупа. Начинаем читать, и чтение продолжается долго, хотя почерк отчетливый, каждая буква ясна. Ни слова о ложных обвинениях, за которые его пятый год держат в тюрьме, ни слова о том, что делать, куда обращаться кто, по его мнению, может помочь. Перед нами — изложенная с предельной краткостью, почти формулами, вирусная теория происхождения рака»¹⁴.

Зильбер добился своего, его теория в надежных руках, и если с ним что-нибудь случится, его трудами смогут воспользоваться другие. Но судьба оказывается благосклонной к Зильберу — его освобождают в марте 1944 г., накануне его 50-летия. Но почему? Неужели это результат его разговора с комиссаром НКВД? Вряд ли. По-видимому, истинная причина освобождения Зильбера в другом.

На имя Сталина было написано коллективное письмо, организованное Ермольевой и подписанное академиками Н. Н. Бурденко, главным хирургом Красной Армии, Л. А. Орбели — вице-президентом АН СССР, В. А. Энгельгардтом, ученым с мировым именем, писателем В. А. Кавериним и другими. Можно думать, что это письмо, где говорилось, что Зильбер не виновен и его необходимо освободить, не дошло до адресата, но вызвало замешательство в органах НКВД, и Зильбера предпочли освободить, даже без документов, которые ему дали лишь спустя три дня.

Было бы крайне удивительно, можно даже сказать, «ненормально», если бы такая яркая личность, как Лев Зильбер, остался бы в то время на свободе. Удивительно другое — как он выжил, уцелел, сохранил интеллект и волю к жизни, к научному творчеству. Мы думаем, что Зильбера спасло два обстоятельства. Он не подписал признаний своей «вины», несмотря на пытки. Его друзья, несмотря на террор НКВД, не убоились письменно заявить о его полной невиновности, что было, безусловно, их гражданским подвигом, если вспомнить, что это было военное время, а Зильбер обвинялся не больше ни меньше как в «измене Родине». Его возвращение на свободу — не результат «восстановления истины», «признания ошибки» со стороны державших

¹² З. В. Ермольева — известный микробиолог, создатель отечественного штамма, продуцента пенициллина.

¹³ Зильбер Л. А. Передать людям... // Огонек. 1988. № 21. С. 11—12.

¹⁴ Каверин В. А. Эпilog. М., 1989. С. 136.

его за решеткой, а следствие его невероятного мужества, силы воли, с одной стороны, и проявления высочайшей человеческой солидарности — с другой. Это был результат борьбы нескольких людей со сталинской машиной смерти, борьбы, увенчавшейся победой. В этом, может быть, главный нравственный урок жизни Зильбера, имеющий непреходящую, абсолютную ценность.

БЕЗ ВЕСТИ ПРОПАВШИЕ

В самом начале войны, спасаясь от бомбежек, его жена В. П. Киселева перевезла детей под Москву, на дачу друзей. Обстоятельства сложились так, что при подходе немецких войск к Москве семья оказалась на оккупированной территории, а затем при их отступлении — в Германии. В мае 1945 г. в г. Хемнице их освободили части Красной Армии. В течение всей войны Зильбер знал, что его семья пропала без вести. С марта 1944 г. он делал все возможное и невозможное, чтобы выяснить ее судьбу.

Сразу после освобождения Валерия Петровна написала своей матери почтовую открытку, которая пришла в Москву только через полтора месяца. Почта пришла вечером, и мать В. П. бросилась к зятю. Сжимая полученную открытку в руке, он как был, в костюме, помчался в Наркомат здравоохранения. Правительственные учреждения в то время по ночам работали — Сталин страдал бессонницей и мог потребовать какие-либо материалы ночью, и Зильбер застал наркома Г. А. Митерева в рабочем кабинете. По номеру полевой почты, стоявшему на открытке (тогда нельзя было сообщать в открытке обратный адрес), буквально через несколько минут выяснили, что семья находится недалеко от Бреслау (ныне Вроцлав в Польше). В ответ на просьбу Зильбера срочно командировать его в Германию нарком нашел блестящий выход из положения: достал из сейфа особый бланк с факсимильной подписью Сталина. Согласно этой могучей бумаге, ее предъявитель получал право инспектировать санитарное состояние советских войск на территории Германии.

С драгоценным мандатом на груди Зильбер, не заезжая домой, на машине наркома поехал на московский аэродром и оказался в первом же самолете, летевшем в Берлин. С момента получения открытки не прошло и суток, а он уже был в Главном санитарном управлении в Берлине, где генерал распорядился выделить ему любой автотранспорт вместе с шофером, вооруженным автомобилем с большим запасом патро-

нов. Благодаря своему экспедиционному опыту Зильбер великолепно водил машину и каждые два часа сменял шофера за рулем.

Встречу с семьей после пяти лет разлуки, ареста, страшной войны, полной неизвестности друг о друге описать невозможно. Тогда он впервые увидел младшего сына Федора, которому было уже четыре с половиной года.

И последние два штриха: семья Зильбера уже после освобождения попала в серьезную железнодорожную катастрофу и чудом уцелела, а самолет, на котором все они должны были лететь из Берлина в Москву, попал в грозу и разбился — в последний момент, уже на взлетной полосе, их высадили и попросили лететь следующим рейсом. Лев Александрович после всего произошедшего с ним и его семьей часто повторял: — «Я — фаталист».

Зильбер должен был быть счастлив: жизнь на свободе, найдена и спасена семья, возвращение к работе — и не с пустыми руками! Выходит небольшая, но очень цельная монография, посвященная новой теории происхождения опухолей; издана сохранявшаяся в корректуре книга по энцефалитам. Присуждена Сталинская премия, правда, не за открытие возбудителя и переносчика дальневосточного энцефалита, а за книгу об энцефалитах; наконец, избрание в академички только что созданной Академии медицинских наук, минуя промежуточную стадию члена-корреспондента. Все эти события, и все радостные, вместились в два первых послевоенных года.

ЧЕМ ТРУДНЕЕ — ТЕМ ЛУЧШЕ

Последние 20 лет жизни (1946—1966) Зильбер целиком отдал изучению рака. В онкологии его привлекает полная, как тогда казалось почти всем его современникам, нерешаемость этой проблемы, отсутствие подходов к изучению происхождения злокачественных опухолей.

Зильбер пришел в онкологию профессиональным и зрелым вирусологом, иммунологом и бактериологом, что позволяло ему подойти к проблеме вне традиционных рамок и давало несомненные преимущества перед патологами и клиницистами, которые были сосредоточены на изучении опухолей как таковых.

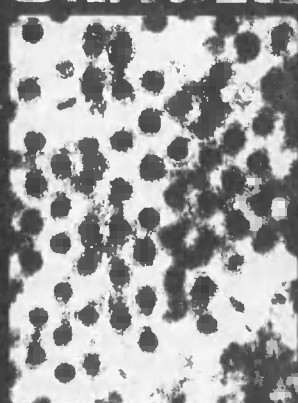
Зильбер продолжает развивать основные идеи, сложившиеся за годы размышлений в тюрьме и в лагере. Вирусная теория Зильбера в первом ее варианте постулировала ряд принципиально новых положений, среди которых главное — взаимодействие



L.A. Zilber and G.I. Abelev

The Virology
and Immunology of

CANCER



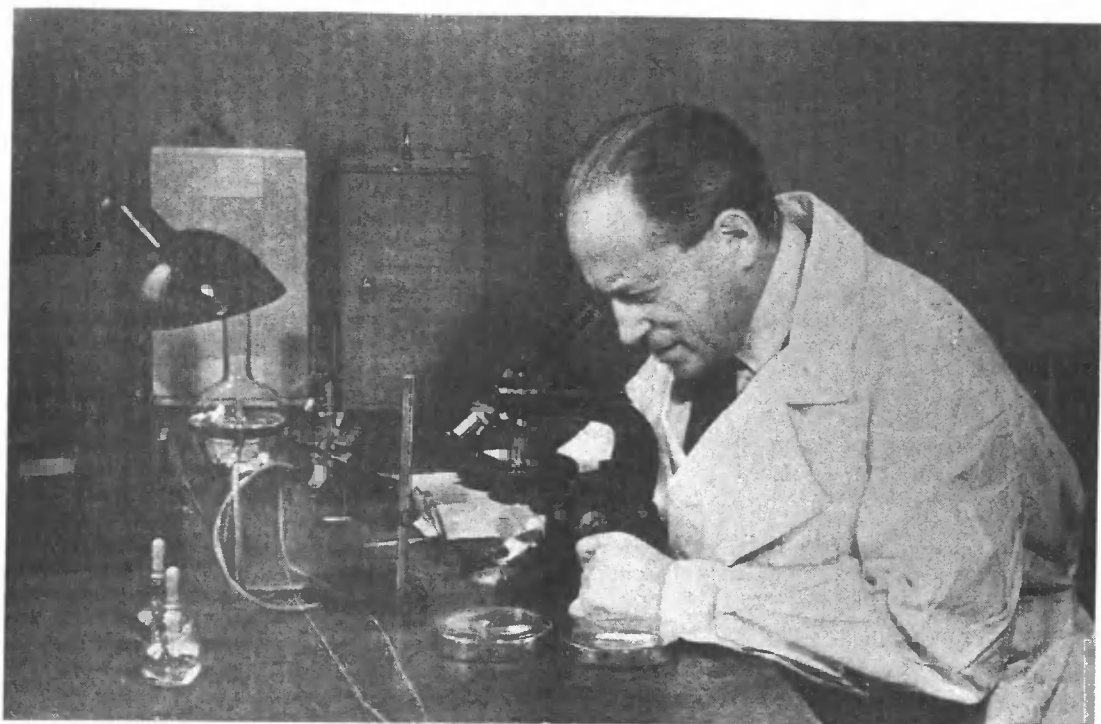
Теоретик и экспериментатор. Институт эпидемиологии и микробиологии им. Н. Ф. Гамалея. 1950 г.

вируса с генетическим аппаратом клетки, вызывающее наследственные изменения.

Зильбер публикует свои тюремные опыты, а затем пытается повторить их с лабораторными крысами вместо диких «тюремных» мышей и с более сильными канцерогенами. Но результаты воспроизводятся с большим трудом. И здесь в параллельных опытах пытается применить новый подход — обнаружить вирус не по его биологической активности, а как новый для клетки специфический опухолевый антиген.

Со своими давними сотрудниками З. Л. Байдаковой и Н. В. Нарциссовым Зильбер получает сыворотки к опухолям, исследует их в иммунологических реакциях, ищет вирус не в экстрактах, а в нуклеопротеидной фракции опухолевых клеток, проверяет сыворотки крыс с перевиваемой опухолью на присутствие противоопухолевых антител. Результаты обнадеживают. В то время суще-

Книга Л. Зильбера и Г. Абелева — первая монография по вирусологии и иммунологии опухолей (английское издание).

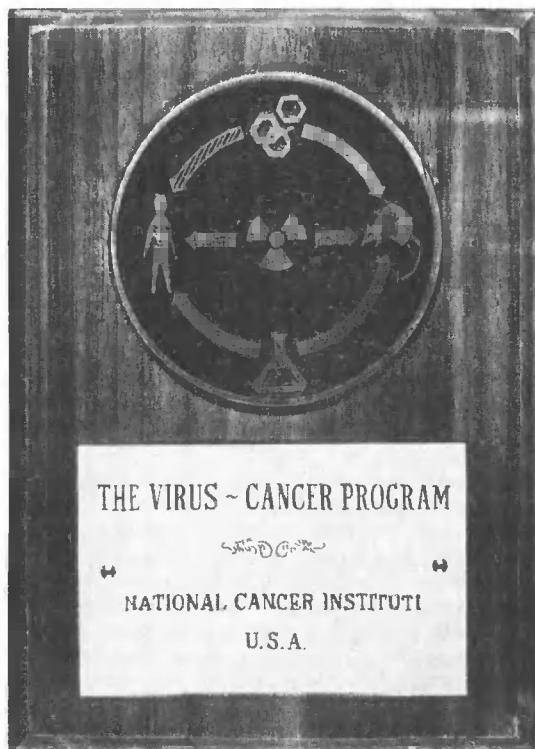


ствовало мнение, что нуклеопротеиды — плохие антигены. Зильбер вместе с биохимиками И. Б. Збарским и С. С. Дебовым изучает антигенность нуклеопротеидов из клеточных ядер в реакции анафилактики на морских свинках.

Свинки отвечали классическим анафилактическим шоком на нуклеопротеиды как из опухолей, так и из нормальных тканей. Тогда после десенсибилизации свинок к нуклеопротеидам из здоровых тканей им вводят опухолевый нуклеопротеид — и сильнейший шок! И только на опухолевый антиген! Так сложилась простая, изящная и наглядная реакция анафилактики с десенсибилизацией (РАД), которая сыграла особую роль и в научной эволюции Зильбера, и в становлении современной иммунологии рака.

Зильбер обращается в Президиум Академии медицинских наук с просьбой прислать самую авторитетную комиссию. Комиссия, куда вошли серьезные, и главное, скептически настроенные ученые (онколог-экспериментатор, ярый противник вирусной

Памятный знак, подаренный американскими онковирологами семье Зильбера в память о его вкладе в онковирологию.





В поисках опухолеродных вирусов. Москва. 1958 г.

теории рака Л. М. Шабад, педантичный генетик Н. Н. Медведев, специалист по тканевым антигенам П. Н. Косяков), приступила к работе, и вся лаборатория несколько месяцев напряженно на них работала. Академическая комиссия зафиксировала антигенные различия между опухолями и здоровыми тканями. Однако не сочла этот факт доказательством присутствия в опухоли вируса.

Несколько последующих лет — победное шествие РАД: опухоли животных и человека, лейкозы и солидные (твердые) опухоли, вирусные и «невирусные» опухоли — во всех случаях четко выявляли антигенные отличия от соответствующих здоровых тканей. В 1955 г. отдел Зильбера посетила первая после «холодной войны» очень представительная американская делегация, на которую работы Зильбера да и он сам произвели сильное впечатление. Ему предлагают опубликовать свои данные в авторитетных международных изданиях, где они и появляются.

РАД вышла на международную арену и, без сомнения, привела к второму рождению иммунологии рака, сама возможность которой к тому времени казалась сомнительной.

В начале 50-х годов воодушевленные успехом сотрудники лаборатории (З. А. Байдакова и Р. М. Радзиховская) начали опыты по экспериментальной противоопухолевой вакцинации. Обнаруженное влияние вакцинации на возникновение первичных вирусных опухолей в случае рака молочных желез стало одним из самых первых и строгих доказательств существования противоопухолевого иммунитета.

Эти опыты сыграли особую роль в судьбе Зильберовского отдела. В конце 40-х —

начале 50-х годов поднялась волна борьбы с преклонением перед Западом», кампания, в которой переплелись псевдопатриотизм и шовинизм, с одной стороны, и откровенный антисемитизм — с другой. В 1952 г. кампания шла к своему апогею — «делу врачей», «убийц в белых халатах», арестованных по обвинению в убийстве высших государственных и партийных лидеров умышленно неправильным лечением.

Зильбер был слишком яркой личностью, чтобы не стать мишенью и жертвой этой кампании, охватившей науку, искусство, интеллектуальную и экономическую жизнь страны.

Одного за другим «разоблачали космополитов», закрывали лаборатории, выбрасывали людей на улицу. Вокруг отдела Зильбера сжималось кольцо вражды и ненависти. Против Зильбера и его «идеологически чуждой» вирусной теории рака уже подготовлена статья в «Медицинском работнике», появление которой должно было стать сигналом к беспощадной травле. Лев Александрович готовится к аресту, дает советы сотрудникам как вести себя на допросах, уничтожает все записные книжки, чтобы не подвести многочисленных друзей, но не ждет пассивно очередного ареста.

Подготовив все материалы, со связкой таблиц Зильбер отправляется прямо к министру здравоохранения СССР, которому сообщает об опытах по вакцинации против опухолей и, по-видимому, заявляет, что он на пути к противораковой вакцине. Он действительно был в этом уверен и действительно шел к этой цели. Результат визита оказался незамедлительным. Кампания была остановлена, кольцо вражды вокруг него распалось, статья не вышла, травля сорвалась. Вместо этого — несколько новых сотрудников и машина со специальной санитаркой для сбора операционного материала в клиниках Москвы. Байдакову и Радзиховскую под завесой глубокой секретности изолировали в отдельных комнатах, едва ли не охраняемых...

Смерть Сталина остановила неизбежно надвигавшийся ужас, врачи были освобождены, и Лев Александрович принимал поздравления счастливых друзей и сотрудников.

ПОСЛЕДНЕЕ СЧАСТЛИВОЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ И ПОСЛЕДНЕЕ ОТКРЫТИЕ

Начиналось счастливое время хрущевской «оттепели». Лев Александрович был на новом подъеме. Осенью 1957 г. после 30-летнего перерыва он выезжает за границу



На юбилей с женой В. П. Киселевой. 1964 г.

Дружеский шарж, подаренный Зильберу на юбилей с напоминанием об организованной им Центральной вирусной лаборатории.



на Международный симпозиум по толерантности в Прагу. Здесь он знакомится с известным биологом М. Гашеком и начинающим свою блестящую научную карьеру Я. Свободой. Затем международные съезды и конференции в Лондоне (1958), Берлине (1959), Амстердаме (1960), Варшаве (1961). Знакомства с П. Грабаром, А. Граффи, К. Дуксом, О. Мюльбоком, сэром Хэддоу, Ф. Мэзеном, Дж. Кляйном, А. Львовым — выдающимися учеными того времени.

В 1955 г. в Москву приезжает П. Медавер и рассказывает о недавно открытой им толерантности. Эти выступления произвели на Зильбера сильное впечатление. Вместе с молодым эмбриологом И. Н. Крюковой, только что пришедшей в отдел, он начинает цикл работ по использованию толерантности для получения специфических противоопухолевых сывороток. Предполагалось, что при индукции толерантности к антигенам нормальных тканей с последующим введением опухолевых антигенов можно получать антитела к специфическим опухолевым антигенам. Опыты проводили на куриной саркоме Рауса, используя их в качестве донора антигенного материала, и крысах и кроликах — в качестве реципиентов.

Совершенно неожиданно обнаружилось, что у новорожденных крыс, получавших клетки вирусной саркомы кур, развивалась своеобразная патология — опухолеподобные геморрагические кисты, а у кроликов — доброкачественные опухоли (фибромы). Одновременно Г. Я. Свет-Молдавский и А. С. Скорикова показали, что вирус саркомы кур вызывает опухоли у взрослых крыс. Позже опухоли были вызваны у самых разнообразных млекопитающих, включая обезьян. Стало ясно, что опухолеродный вирус кур способен преодолевать межклассовые барьеры. Но наиболее интересным оказалось другое. Опухоли млекопитающих, вызванные вирусом птиц, не выделяли инфекционный вирус, но были «виrogenными», т. е. содержали его в особой скрытой форме. Как показал Я. Свобода, при совместном росте донора и реципиента вируса происходило заражение нормальных куриных клеток вирусом. Впоследствии этот феномен был резко усилен за счет стимуляции образования соматических гибридов между опухолевыми клетками и клетками, перmissивными для размножения вируса. «Вирогения» стала первым доказательством присутствия полного вирусного



Среди участников Международного симпозиума по специфическим антигенам опухоли. Слева направо: М. Сакс, П. Харрис, Л. Зильбер, А. Собин. Сузуми. 1965 г.



Последнее выступление. Конференция молодых ученых в Институте вирусологии. 1966 г.

генома в «безвирусных» опухолях, первоначально вызванных вирусом.

Попытки выделить вирус из опухолевых клеток приносят порой неожиданный результат. Так, в соавторстве с В. Н. Степиной при выделении вируса из культуры клеток опухолей молочных желез мышей путем адсорбции на эритроцитах был получен новый вариант вируса лейкоза. В работе с З. А. Постниковой лейкозогенный вирус удалось выделить у мышей, обработанных химическим канцерогеном.

Эти исследования оказали большое влияние на другие группы и лаборатории в СССР. Особое место принадлежит Н. П. Мазуренко, который в 1958 г. выделил новый вирус лейкоза мышей, вводя им вирус оспы.

На основании этих и других исследований Зильбер предположил, что в опухолевых клетках вирусы могут существовать в латентном состоянии и активироваться под воздействием определенных факторов. Имевшиеся данные, соображения и аналогия с процессом лизогении у бактерий

позволили Зильберу впервые в вирусологии рака постулировать интеграцию вирусного и клеточного геномов при опухолевой трансформации клеток. Это и составило основу его вирусогенетической теории¹⁵. Отныне все мысли и стремления Зильбера были направлены к доказательству этого постулата.

В эти же годы в отделе успешно развивается иммунологическое направление. Тогда же была написана монография «Вирусология и иммунология опухолей»¹⁶, первая в этой области, обобщавшая весь опыт работы лаборатории и впоследствии переведенная и изданная в Англии.

Предчувствуя рождение новой иммунологии, Зильбер формирует в своем отделе базу для развития общей иммунологии, которой тогда фактически не было в СССР. В 1961 г. он приглашает А. Е. Гурвича, Л. Н. Фонталина и А. Я. Кульберга и создает им лаборатории; Г. И. Абелев организует лабораторию на основе своей группы; Б. Д. Брондз начинает свои исследования клеточной цитотоксичности.

Отдел Зильбера стал называться Отделом общей иммунологии и онкологии. В таком составе он просуществовал недолго. Лаборатории Гурвича, Фонталина и Кульберга вскоре стали самостоятельными. Но дело было сделано — лаборатории жили, работая в тесном контакте, и в течение многих лет оставались едва ли не единственными, занимающимися у нас в стране проблемами общей иммунологии.

В 1964 г. в Московском университете Зильбер своей лекцией торжественно открыл первую в стране учебную кафедру вирусологии. Это был его юбилейный год. Праздник в институте показал, каким огромным уважением пользуется он сам и созданные им научные направления. Всеобщее признание особенно ярко проявилось на Международном симпозиуме по специфическим опухолевым антигенам, организованном Зильбером в 1965 г. в Сухуми на базе Института экспериментальной патологии, которым руководил Б. А. Лапин. Этот великолепный симпозиум был наполнен духом энтузиазма, открытого и благородного сотрудничества. Всемирно известные ученые из США (А. Сэбин, Р. Хьюбнер, Х. Копровский, Дж. Мельник, К. Саутем), Франции (П. Грабар, П. Бюртен), Швеции (Дж. Кляйн, Г. Сьегрен), Англии (П. Харрис), Израиля (М. Сакс),

¹⁵ Киселев Л. Л. Вирусы, онкогены и рак // Природа. 1984. № 3. С. 72—79.

¹⁶ Зильбер Л. А., Абелев Г. И. Вирусология и иммунология. М., 1962.

Чехословакии (Я. Свобода, П. Колдовский), Японии (Х. Хираи, М. Изава) и других стран приняли в нем участие вместе с сотрудниками Зильберовского отдела и других лабораторий СССР. Труды этого замечательного симпозиума, опубликованные в 1967 г., были посвящены уже его памяти.

Очень важным для Льва Александровича был выход в иммунологию рака человека, который давался ему с большим трудом — нелегко было непрерывно убеждать и переубеждать сотрудников, не желавших отрываться от привычных объектов и методов, ибо это был золотой период экспериментальной иммунологии рака. Но работы отдела были уже у самых истоков иммунодиагностики рака печени, и уже проектировались международные эксперименты в Западной Африке, где эта форма рака доминирует.

Однако самым главным для Льва Александровича в этот период было найти решающие доказательства вирусно-генетической теории. Он видел их в молекулярно-биологической области и стремился организовать такие исследования у себя в отделе, имевшем сильную биологическую базу (тканевые культуры и онкогенные вирусы). Ретроспективно мы видим, что начало 60-х годов было идеальным временем для начала работ по молекулярной онковирусологии. Но Зильбер не успел сдвинуть традиционное мышление ни у вирусологов, ни у биохимиков, не смог начать исследований, которые считал для себя самыми важными.

10 ноября 1966 г. Лев Александрович, не вполне оправившийся от гриппа, в обычное время пришел в институт на еженедельную конференцию отдела, поднялся, как он всегда это делал, сразу, без передышки, на четвертый этаж, так как лифт в новом здании еще не работал, и почувствовал себя плохо. В 10 час. 30 мин. он скончался от обширного инфаркта в своем кабинете, окруженный сотрудниками, пытавшимися ему помочь. Он умер, как и жил, — стремительно, в работе, в деле, не зная слабости и упадка духа. Днем раньше он отдал своему секретарю последние страницы законченной рукописи

книги «Вирусно-генетическая теория возникновения опухолей».

Любя эксперимент и занимаясь им почти всю жизнь, Лев Александрович вместе с тем сумел оставить удивительное по объему и разнообразию книжное наследие. Фактически иммунологи в СССР не менее 40 лет, начиная с 1937 г., учились «по Зильберу».

Говоря об уникальном зильберовском книжном наследии, нельзя не обратить внимания на одну особенность, весьма характерную для него. Большинство книг имеют посвящения, и по ним можно воссоздать круг людей особенно ему близких и дорогих.

«Ю. Н. Тынянову, автору «Кюхли», в память нашей молодости посвящаю» (Параиммунитет, 1928 г.)

«Светлой памяти моей матери Анны Григорьевны Дессон посвящаю эту книгу» (Основы иммунитета, 1948 г.)

«Зинаиде Виссарионовне Ермольевой посвящаю эту книгу автор» (Эпидемические энцефалиты, 1945 г.)

«Моей жене Валерии Петровне — верному и преданному другу в светлые и темные дни — я посвящаю эту мою последнюю книгу» (Вирусно-генетическая теория возникновения опухолей, 1968).

Ю. Н. Тынянов назвал Зильбера «последним гусаром», брат называл его «рыцарем науки», в молодости он дрался на дуэли и хранил до конца дней простреленный манжет своей рубашки. Он водил машину как профессионал, танцевал как солист балета, писал стихи, которые до сих пор помнят наизусть его друзья, кружил головы 16-летним девушкам в 60-летнем возрасте. Это был романтик, смельчак, прозорливец, холодный мыслитель и блистательный экспериментатор, поэтому мы сочли возможным вынести в заголовок слова о незапятнанном султана боевого шлема — в рассказе о Зильбере это сравнение оправдано.

Космические исследования

Запуски космических аппаратов в Российской Федерации: январь — февраль 1994 г.

Космические службы России в январе — феврале 1994 г. с космодромов Плесецк и Байконур запустили 12 космических аппаратов.

Шесть спутников серии «Космос», предназначенные для проведения испытаний в интересах Министерства обороны РФ, были выведены на орбиту одной ракетой-носителем «Циклон».

Транспортный космический корабль «Союз ТМ-18» доставил на орбитальный научно-исследовательский комплекс «Мир» экипаж 15-й длительной экспедиции в составе: летчик-космонавт В. М. Афанасьев (командир экипажа), Ю. В. Усачев (бортинженер) и летчик-космонавт В. В. Поляков (космонавт-исследователь). 14 января 1994 г. члены экипажа 14-й длительной экспедиции — космонавты В. В. Циблиев и А. А. Серебров — вернулись на Землю: спускаемый аппарат космического корабля «Союз ТМ-17» в 11 час. 19 мин. московского времени приземлился в 130 км от Караганды (Казахстан). Продолжительность 14-й длительной экспедиции составила 196 сут 16 ч 46 мин.

Очередной грузовой автоматический корабль «Прогресс М-21» доставил на орби-

тальный комплекс «Мир» топливо для объединенной двигательной установки станции, аппаратуру и оборудование, а также воду и другие расходные материалы.

Новый спутник связи «Галс», выведенный на близкую к стационарной орбиту, был запущен в целях развития телевизионного вещания в России и в рамках международного сотрудничества.

Очередной спутник серии «Радуга» и первый модернизированный спутник этой серии «Радуга-1», выведенные на близкие к стационарной орбиты, несут аппаратуру для обеспечения телефонно-телеграфной радиосвязи и передачи телевизионных программ.

Спутник «Метеор-3» снабжен приборами для получения метеорологической и гелиофизической информации. Кроме того, на этом спутнике установлены: французский прибор «Скараб» — для определения характеристик радиационного баланса Земли; навигационная система ФРГ — для измерения параметров движения космических аппаратов; малый отделяемый субспутник «Туксат» (ФРГ) — для отработки системы точной ориентации с помощью звездных и солнечных датчиков (в тот же день, т. е. 25 января, субспутник был отделен).

Перечисленные выше космические аппараты запускались с помощью ракет-носителей «Союз», «Циклон», «Протон».

© С. А. Никитин
Москва

Астрофизика

«Каннибал» живет по соседству

Ближайшая к нам галактика, расположенная в созвездии Андромеды, всего в 2,4 млрд. св. лет, входит, как и наш Млечный Путь, в состав Местной группы галактик. Из-за огромных размеров и далеко раскинутых спиральных рукавов эту галактику нередко считают «почти близнецом» Млечного Пути.

Недавно американские астрономы во главе с Т. Лаудером (T. Lauder; Китт-Пикская национальная обсерватория, штат Аризона) и С. Фабер (S. Faber; Университет штата Калифорния, Санта-Круз), используя Космический телескоп им. Хаббла, исследовали ядро галактики Андромеды в желтой и инфракрасной частях спектра.

Оказалось, что центральное тело галактики состоит из двух отдельных компонентов, один из которых может быть остатком некой галактики, недавно столкнувшейся с Андромедой. Расстояние между компонентами составляет ныне 0,49", в линейных мерах это соответствует 6 св. годам. Более слабо светящийся компонент расположен точно в центре Андромеды; остальная часть галактики обращается вокруг него. Вычисления, выполненные другой группой ученых, показали, что в этой области находится черная дыра с массой, превосходящей солнечную в десятки миллионов раз.

Более загадочна яркая центральная часть Андромеды. Возможно, что излучение галактики пересекается полосой космической пыли, его поглощающей, так что ядро галактики предстает перед наблюдателем как бы разделенным надвое. Но такое объяснение маловероятно: обычно пыль больше поглощает в желтой, чем в инфракрасной части спектра, а свидетельства этого наблюдения не получено.

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	наклонение, град	период обращения, мин
«Союз ТМ-18»	8.1	244	335	51,6	91
«Галс»	20.1	36 121	36 121	0,3	1453
«Метеор-3»	25.1	1 198	1 221	82,6	107,9
«Прогресс М-21»	28.1	194	236	51,6	88,5
«Радуга-1»	5.11	36 513	36 513	1,4	1473
«Космос-2268—2273»	12.11	1 420	1 441	82,6	114,3
«Радуга»	18.11	36 483	36 483	1,5	1472

Отсюда возникает иное, более «драматическое» объяснение: яркий компонент — это отдельная звездная система, которая обращается вокруг центра галактики на расстоянии всего в несколько световых лет. В этом случае такой компонент должен иметь гигантскую массу, иначе черная дыра в центре Андромеды «растерзала» бы его на части. Не исключено, что в яркой части созвездия находится своя черная дыра, и тогда выходит, что ядро Андромеды содержит пару черных дыр, обращающихся одна вокруг другой.

Свидетельства существования подобных двойных «чернодырных» систем астрономы уже наблюдали в пределах некоторых квазаров. Они могут представлять собой сталкивающиеся галактики. Если и в самом деле в центре Андромеды кроются две массивные черные дыры, то одна из них, вероятно, является центром галактики, некогда захваченной Андромедой.

Возможно также, что Андромеда образовалась путем слияния двух меньших галактик. Такую гипотезу выдвигал недавно М. Валтонен (M. Valtonen; Обсерватория Туорла при Университете в Турку, Финляндия). По его подсчетам, столкновение могло произойти около 5 млрд. лет назад. Идея «пожирания» одной галактики другой приобретает все больше сторонников.

Astronomical Journal. 1993. V. 105. P. 886 (США); *New Scientist.* 1993. V. 139. N 1883. P. 14 (Великобритания).

Планетология

Астероид был намного крупнее

Весной 1993 г. Б. Шарптон (B. Sharpton; Лаборатория наук о Земле и Луне, Хьюстон, штат Техас, США) опубликовал сообщение, свидетельствующее, что кратер Чиксулуб на побережье п-ова Юкатан в Мексике — это след столкновения Земли с небес-

ным телом. Кратер окружен несколькими характерными концентрическими валами, причем диаметр самого внешнего составляет почти 300 км.

Осенью 1993 г. возглавляемая Шарптоном группа исследователей, продолжая работы, пришла к выводу, что внешний концентрический вал представляет собой кромку первоначального кратера, образовавшегося при ударе астероида о поверхность планеты. Они установили, что событие это случилось около 65 млн. лет назад, в конце мелового периода. С тех пор кромка кратера оказалась захороненной под мощным, до 1000 м, слоем известняков.

Если эти выводы подтвердятся, станет очевидным, что столкнувшийся с Землей астероид имел значительно больший поперечник, а не 10 км, как предполагали до сих пор. Падение столь крупного тела было вполне способно вызвать массовую гибель многих представителей земной флоры и фауны.

New Scientist. 1993. V. 139. N 1892. P. 10 (Великобритания).

Физика атмосферы

Молния как «градусник» Земли

В 1992 г. Э. Уильямс (E. Williams; Массачусетский технологический институт, Кембридж, США) высказал предположение, что количество молниевых разрядов по всей Земле находится в прямой зависимости от средней глобальной температуры: чем выше температура подстилающего слоя, тем сильнее конвекция в атмосфере, что и приводит к учащению гроз. Воздушная оболочка планеты играет роль сферического конденсатора: внизу — электропроводная поверхность Земли, сверху — также служащая проводником ионосфера, а между ними — своего рода диэлектрик. Во время грозы происходит зарядка «конденсатора».

Отсюда Уильямс делает вывод, что, в принципе, до-

статочно единожды измерить электрический потенциал ионосферы, чтобы определить активность молний по всему земному шару на данный момент, а тем самым — и среднюю температуру планеты, не затрудняя себя ее измерениями в тысячах точек, зачастую весьма труднодоступных.

Это гипотетическое предположение теперь подтверждается исследованиями, выполненными К. Прайсом (K. Price; Колумбийский университет, Нью-Йорк, США). Используемые им данные дают представление о степени разогретости поверхности Земли в различных ее регионах, причем они, как оказалось, вполне «объективны» и в отношении суши Северного полушария, где количество метеостанций максимально.

Чувствительность электрического потенциала Земли к ее средней температуре позволяет создать идеальную методику для регистрации даже незначительных изменений в разогретости поверхности планеты. Однако Прайс предупреждает: если существование изменение глобального климата будет сопровождаться значительными вариациями содержания в атмосфере количества мелких частиц, ионов и водяных паров, это приведет к иным показателям электропотенциала ионосферы.

Geophysical Research Letters. 1993. V. 20. P. 1363 (США); *New Scientist.* 1993. V. 139. N 1892. P. 15 (Великобритания).

Химия атмосферы. Организация науки

Мировой центр данных по парниковым газам

Национальная академия наук США объявила о создании при Окриджской национальной лаборатории нового центра данных о газах, которые содержатся в атмосфере в малых количествах. Он называется World Data Center A for Atmospher Trace Gases (Мировой центр данных А). Предполагается, что он будет объединен с Информационно-аналитическим центром по диокси-

ду углерода — Carbon Dioxide Information Analysis Center.

МЦД-А — самое молодое учреждение в системе мировых центров, курируемых Международным советом научных союзов. Контроль за его деятельностью, как и в отношении всех других мировых центров данных, расположенных на территории США, взяла на себя Национальная академия наук США.

МЦД-А создан для удовлетворения давно и остро назревшей потребности международного научного сообщества в получении систематизированной и качественной информации о динамике атмосферных газов малых концентраций. В задачи центра входят сбор, качественная оценка, документирование, хранение и распространение материалов наблюдений, а также выпуск соответствующих информационный наблюдений по этим газам.

Информационно-аналитический центр по диоксиду углерода в сотрудничестве со Скриппсовским океанографическим институтом осуществил сбор, качественную оценку и каталогизацию обширного массива данных по содержанию газов в водах Мирового океана. Итогом работ стала сводка данных о содержании диоксида углерода и окислов азота в поверхностных водах океана и в атмосфере, которые были получены на судах автоматическими газохромографами (результаты экспедиций 1977—1990 гг.). Эти материалы необходимы для оценки динамики обмена между океаном и атмосферой наиболее существенными газами парникового эффекта: диоксидом углерода, метаном и окислами азота.

Bulletin of the American Meteorological Society. 1993. V. 74. N 3. P. 469—470 (США).

Физика

Магнитная «память» дислокаций

Ю. И. Головин и Р. Б. Моргунов (Тамбовский государственный педагогический универси-

тет) обнаружили долгоживущие ($\sim 10^3$ с) возбужденные состояния краевых дислокаций в диамагнитных кристаллах NaCl, Al, Zn увеличивается под действием постоянного магнитного поля $B \approx 1$ Тл.

Ранее уже было установлено, что подвижность дислокаций в кристаллах NaCl, Al, Zn увеличивается под действием постоянного магнитного поля¹, однако механизм этого эффекта не до конца ясен.

Были проведены две серии экспериментов. В первой серии в образец вводили свежие дислокации, а затем его помещали в магнитное поле и выдерживали там некоторое время, после чего травлением фиксировали положение дислокаций. После этого образец механически нагружали и повторным травлением определяли новое положение дислокаций. Во второй серии, в отличие от первой, образец сначала помещали в магнитное поле, а затем уже вводили дислокации.

Скорость движения дислокаций определяли усреднением $\sim 10^3$ пробегов индивидуальных дефектов и делением среднего пробега на длительность импульса нагрузки. В обеих сериях наблюдалось увеличение скорости дислокаций по сравнению с контрольными образцами, не подвергавшимися воздействию магнитного поля. Однако в первой серии экспериментов эффект больше, что свидетельствует о «запоминании» дислокациями факта пребывания в магнитном поле.

Средняя скорость дислокаций увеличивается и выходит на насыщение при временах выдержки в магнитном поле $\sim 2 \times 10^3$ с. Последствие магнитного поля ослабевает при увеличении времени между его включением и механической нагрузкой с постоянной времени $\sim 3 \cdot 10^3$ с.

Анализ распределения дислокаций по пробегаем показывает, что рост их скорости происходит благодаря увеличению средней величины скачка

после воздействия магнитного поля. В то же время при некоторых его ориентациях наблюдалась задержка дислокаций у стопоров.

Таким образом, эксперименты показали, что магнитное поле влияет не только на свойства локальных стопоров в структуре кристалла, но и непосредственно на структуру и состояние дислокаций. По мнению авторов, требуется дальнейшее изучение микроскопического механизма магнитной «памяти» дислокаций.

Письма в ЖЭТФ. 1993. Т. 58. № 3. С. 189—192.

Физика

Молекулярная структура воды вблизи критической температуры

Хотя с момента определения химического состава воды прошло уже более 200 лет и за это время детально изучены ее макроскопические свойства, тем не менее в новых экспериментах выявляются неизвестные прежде особенности поведения воды, не находящие объяснения в рамках существующих теоретических моделей. Остается неполным и наше понимание микроскопических сил, определяющих структуру воды.

Обычно теоретические модели, описывающие свойства воды, основываются на представлении молекул воды в виде трех или четырех дискретных зарядов, расположенных друг от друга на расстояниях, соответствующих внутримолекулярным. Используют также модель точечного сферического потенциала. Однако ни эти, ни другие модели не учитывают направленности водородной связи; она проявляется просто как кооперативное электростатическое явление — молекулы воды располагаются близко друг к другу в конденсированной фазе.

Чтобы установить, отражает ли модель сферического потенциала реальное взаимодействие между молекулами воды, большая группа англий-

¹ А л ь ш и ц В. И. и др. // Физика твердого тела. 1987. Т. 29. С. 467; 1991. Т. 33. С. 3001; 1993. Т. 35. С. 320.

ских и итальянских ученых с помощью нейтронографии исследовала структуру воды при температурах, близких к критической ($T_c = 374^\circ\text{C}$, $p_c \approx 221$ бар, $\rho_c = 0,32$ г/см³). В их эксперименте определялась парная функция радиального распределения (ФРР) $g_{\text{H}}(r)$ для атомов О и Н в воде ($g_{\text{H}}(r)$ пропорциональна вероятности найти частицу x на расстоянии r от частицы y).

Наиболее интересные изменения были обнаружены в ФРР атомов О и Н, соответствующих области водородной связи. При комнатной температуре $g_{\text{H}}(r)$ имеет резкий максимум в районе $\approx 1,9$ А. При $T = 300^\circ\text{C}$ и $p = 95$ бар он сдвигается к $\sim 2,1$ А и уменьшается в три раза; при $T = 400^\circ\text{C}$ и $p = 800$ бар этот пик полностью исчезает, что позволяет предположить, что водородная связь в основном разрушена. Координационное число атомов водорода вокруг центрального атома кислорода, определенное из ФРР, равно $0,5 \pm 0,2$ при 300°C и пренебрежимо мало при 400°C , в то время как при комнатной температуре оно составляет $1,6-1,9$. Уменьшается также интенсивность определяемого водородной связью пика $g_{\text{H}}(r)$ (при $r = 2,3$ А), соответствующего ближайшим соседям из разных молекул. При повышении температуры этот пик становится менее интенсивным и сдвигается к $2,6-2,8$ А, что обусловлено ослаблением ориентационной корреляции между соседними молекулами воды.

Это — неожиданные результаты, так как при 400°C энергия $k_B T$ молекул воды составляет $\sim 30\%$ от энергии водородной связи (24 кДж/М). Возможно, тщательный учет энергетических состояний несвязанной молекулы воды позволит объяснить эти данные. Уровень полученной в эксперименте информации о структуре воды является хорошей основой для дальнейших теоретических исследований.

Nature. 1993. V. 366. N 6456. P. 668—670 (Великобритания).

Геофизика

Анизотропная структура земного ядра

Земное ядро — самая загадочная часть нашей планеты: его параметры, по-видимому, определяют ряд геологических и астрономических процессов, таких, например, как продолжительность суток, аномалии гравитационного и магнитного полей Земли. Для исследования структуры ядра применяют различные косвенные методы, в частности изучение сейсмограмм, регистрирующих волны от удаленных землетрясений, прошедшие через глубокие слои планеты, и др.

В последнее десятилетие получены экспериментальные данные, указывающие на необычную форму и структуру земного ядра. Известно, что сферически симметричная Земля должна иметь набор частот собственных колебаний. Ее вращения и эллиптичность формы снимают вырождение собственных частот. Однако величина расщепления, которая получается при снятии вырождения, для более чем 20 частот оказалась аномальной. Принято считать, что такое расщепление определяется расположенной на границе ядра и мантии областью, симметричной относительно оси вращения Земли. В 1992 г. было экспериментально установлено, что скорости сейсмических волн, распространяющихся в мантии над ядром, и волн, проходящих через ядро на небольшой глубине (не более 300 км), сильно различаются. Их разность особенно велика для лучей, параллельных оси вращения Земли.

Для объяснения этих данных Д. Тромп (J. Tromp, Гарвардский университет, США) предложил модель, в которой скорость сейсмических волн представляется как функция направления их распространения, а ядро считается анизотропным на глубину до 300 км. Расчеты удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными, и автор полагает, что земное ядро состоит из ϵ -фазы железа, которая имеет

гексагональную плотноупакованную структуру.

Гипотеза анизотропности верхней части ядра имеет твердую экспериментальную основу, но ее физическая причина остается загадкой. Считается, что анизотропия мантии обусловлена ориентацией анизотропных кристаллов конвективными потоками. Весьма вероятно, что ядро подвержено твердотельной конвекции и это тоже может быть причиной его анизотропии.

Nature. 1993. V. 366. N 6456. P. 629—630, 678—681 (Великобритания).

Биохимия

Ультрафиолет стимулирует макрофаги

Переливание крови, облученной ультрафиолетом (фототерапия), применяется при лечении ряда заболеваний, в том числе и перитонита.

Группа ученых под руководством Д. И. Рощупкина (Российский государственный медицинский университет, Москва) исследовала функциональные показатели макрофагов брюшной полости у крыс при экспериментальном перитоните. Переливание больным животным крови, полученной от здоровых крыс-доноров и облученной ультрафиолетом (при 254 нм), повышало общую фагоцитарную активность популяции этих макрофагов, уровень которой служит одним из показателей состояния системы неспецифической резистентности организма. Переливание необлученной донорской крови не увеличивало этот показатель.

При воздействии ультрафиолета в компонентах крови активируется неферментативное и ферментативное перекисное окисление липидов. В результате образуются биологически активные продукты — такие как простагландины различных классов и лейкотриены (группа так называемых медленно реагирующих веществ, которые вырабатываются клетками крови и влияют на сокращение гладких мышц, гемостазис и выделение клетками ферментов).

Аспирин, ингибирующий ферментативное перекисное окисление липидов, при введении в донорскую кровь до ее облужения снижал благоприятный эффект фототерапии на больных животных. Авторы считают, что активация ферментативного перекисного окисления липидов крови донора под действием ультрафиолета приводит к стимуляции макрофагов реципиента. Полученные данные важны для понимания механизмов неспецифической защиты организма от инфекции.

Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1994. Т. 117. № 2. С. 140—142.

Биология
Организация науки

В компьютере — вся фауна и флора планеты

Всемирный совет по мониторингу охраны природной среды (неправительственная организация с местом пребывания в Кембридже) создал компьютерную базу данных, которая включает сведения о представителях животного и растительного мира, находящихся под угрозой уничтожения; местах гнездования и размножения; местонахождении и состоянии заповедных и иных охраняемых районов; путях миграции животных; степени сохранности тропических лесов, а также другие экологические параметры по всему земному шару.

С начала 1993 г. эта информация доступна миллионам частных лиц и организациям, которые пользуются глобальной электронной сетью «Internet», а также коммерческими сетями «Сis» и «CompuServe». Охват этой компьютерной системы столь велик, что включает даже островки протяженностью всего 500 м. Общий объем хранящейся в памяти данной ЭВМ информации составляет около 1 Гбайт, что в четыре раза превышает объем Британской энциклопедии.

Новая база данных уже была использована для прогноза экологической ситуации на побережьях, оказавшихся на пути нефтяного загрязнения при ава-

риях танкеров, случившихся в 1993 г. в районах Никобарских о-вов (Индийский океан), к северу от о. Суматра (Индонезия), вблизи порта Момбаса (Кения) и у берегов Сардинии (Средиземное море).

Всемирный совет по мониторингу охраны природной среды считает, что наличие такой базы данных будет препятствовать попыткам властей в некоторых странах скрыть от общественности информацию о состоянии среды на их территориях, а также не позволит отдельным недобросовестным ученым и чиновникам продавать подобные сведения. Совет намерен предоставлять свою информацию бесплатно, кроме случаев, когда данные требуются для коммерческих разработок, связанных с получением прибыли (например, определение мест бурения для нефтяной компании).

Инициаторы этой работы планируют также вводить в электронные сети периодически сменяющиеся таблицы, которые будут показывать, какие 20 видов животных и растений на данное время «возглавляют» список находящихся под угрозой. Система будет поддерживать ведение «Красной книги» животных, способствовать охране лесов, подвергающихся чрезмерной вырубке. Все эти сведения теперь могут поступать от местных экспертов непосредственно, что позволит принимать оперативные меры для сохранения природы.

New Scientist. 1993. V. 140. N 1897. P. 9 (Великобритания).

Биотехнология

Карбид кремния в генной инженерии

Исследователи из биотехнологической компании «Zepesa» (Великобритания) предложили новый метод внедрения генетического материала в клетки растений. Он основан на использовании микроскопических кристаллов карбида кремния (диаметром 1 мкм и длиной 20 мкм), которые и образуют нужные отверстия в оболочках растительных клеток.

В воде смешивают клетки подопытного растения, кристаллы карбида кремния и генетический материал (фрагменты ДНК), который должен быть внедрен в растительные клетки; полученную смесь энергично встряхивают. Столь простой метод к тому же дешевле и достаточно эффективен. Кроме того, карбид кремния — весьма доступный материал, в огромных количествах производимый для нужд аэрокосмической промышленности.

New Scientist. 1994. V. 141. N 1909. P. 19 (Великобритания).

Генетика

О чем расскажут собачьи гены!

В Лаборатории им. Лоренса (Беркли, штат Калифорния, США) готовится к реализации крупномасштабный проект под названием «Инициатива собачьего генома», который ставит целью определить гены, ответственные не только за экстерьер, но и за поведение собаки.

По мнению генетика Дж. Райна (J. Rine), работающего по программе «Геном человека» в Беркли, уникальным объектом для генетических исследований как раз и является *Canis familiaris* (собака домашняя). Он убежден, что существует возможность картировать гены, контролирующие поистине огромное морфологическое разнообразие пород собак. Еще более заманчивым представляется намерение калифорнийских ученых определить и картировать гены, отвечающие за особенности их поведения. Возможно, со временем удастся установить, например, генетическую основу преданности хозяину французского бульдога или повышенную агрессивность пит-бультерьера.

Руководимая Райном группа начала свои исследования с поисков генов, отвечающих за великоленные пастушьи качества шотландской овчарки колли: даже щенки этой породы проявляют сильный инстинкт к группированию предметов или людей.

Другой объект исследования — ньюфаундленд, порода, известная своим пристрастием к воде и натаскиваемая на спасение тонущих. У щенка этой породы инстинкт достать пищу из воды оказывается сильнее, чем даже инстинкт утоления жажды.

Выяснить основы наследования поведенческих признаков экспериментаторы намерены на полукровках, но сначала предстоит создать их линию, родоначальниками которой должны стать самец колли и самка ньюфаундленда, принадлежащие Райну и его друзьям. За потомством этой пары будет вестись постоянное наблюдение (анализы крови, фиксация с помощью видеосъемки признаков характерного поведения, наследуемого от предков и т. д.). Для создания генетических собачьих карт предполагается использовать ту же экспериментальную технику, которая применяется в работах по проекту «Геном человека».

New Scientist. 1993. V. 138. N 1879. P. 5 (Великобритания).

Микробиология

Существуют ли «семейные» микробы?

Известно, что у людей из одной семьи наблюдается определенное сходство в микробном составе толстого кишечника. Какие же факторы определяют наличие «семейных» микробов?

Группа исследователей из Московской медицинской академии им. И. М. Сеченова обследовала методами популяционной генетики десять полных семей (отец, мать, двое детей, а также родственники второй степени родства), — всего 50 практически здоровых человек в возрасте от 7 до 75 лет.

При бактериологическом исследовании содержимого кишечника отобранной группы лиц было выделено 13 родов микроорганизмов, причем бактерии родов бифидум, лактобациллы, энтерококки и эшерихии встречались у всех обследованных. Часто высевались также стафи-

лококки, клостридии, цитробактерии и грибы рода кандиды; эти же микробы лидировали и в количественном содержании. Максимальный удельный вес в изученном микробиоценозе (46,6 %) приходился на бактерии рода бифидум.

Выяснилось, что качественное сходство микробного состава у членов одной семьи мало зависит от общности характера питания, привычек, традиций, т. е. от того, что составляет понятие «уклад жизни». Кроме того, изменчивость количественных характеристик изученного ряда микроорганизмов (как транзиторных, так и постоянных для данного организма) обусловлена в основном влиянием случайных факторов. Такие результаты вполне объяснимы. Действительно, за пределами узкого коллектива, среди членов которого могут циркулировать определенные «семейные» микроорганизмы, на человека воздействует внешняя среда, он подвергается влиянию огромного числа случайных факторов, которые по своей совокупной интенсивности превосходят «семейный» фактор.

Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1994. Т. 117. № 1. С. 62—65.

Медицина

Новый способ лечения переломов

Группа исследователей во главе с Ч. Козмом (Ch. Cohen; компания «Biomolecule of Hopkinton», США) предложила новый способ лечения сложных переломов, при которых участки сломанной кости не могут быть соединены. Обычно при таких переломах для замещения недостающих частей хирурги берут фрагменты бедренной кости самого пострадавшего.

В новом методе используется специфический природный белок человека, который смешивается с коллагеном I типа (основным веществом соединительной ткани) крупного рогатого скота и хранится в виде мелкозернистого порошка. Во

время операции порошок разводят физиологическим раствором до получения массы определенной консистенции и соединяют ею оба обломка кости. Через несколько дней в этой массе появляются мезенхимальные стволовые клетки, поступающие из кровеносного русла; размножаясь, они в течение нескольких недель формируют хрящевую ткань; еще несколько месяцев идет окостенение, и в результате образуется полноценная костная ткань, содержащая клетки костного мозга.

Эксперименты на обезьянах показали, что новообразованная кость ничем не отличается от обычной. С помощью этого метода уже проведено успешное лечение сложных переломов у 10 пациентов.

Предложенный исследователями новый препарат с успехом может быть применен также при лечении зубов, поскольку он стимулирует рост зубной ткани между пульпой и эмалью зуба.

New Scientist. 1993. V. 140. N 1904. P. 20 (Великобритания).

Медицина

Курение и рак мочевого пузыря

По данным многих зарубежных исследователей, курение влияет на развитие рака мочевого пузыря. Особенно это заметно в США, Англии и Польше. Из проведенного анализа следует, что 50 % случаев заболевания раком мочевого пузыря у мужчин и 25 % — у женщин спровоцированы курением.

В России подобное исследование впервые было осуществлено сотрудниками Онкологического центра РАМН (Л. И. Некрасовой и др.) на популяции жителей Москвы. Выяснилось, что риск возникновения этого заболевания достоверно возрастает с увеличением количества выкуриваемых сигарет и длительности курения. Он выше у тех, кто начал курить в молодом возрасте. Наиболее вы-

сокие показатели риска — у курящих папиросы по сравнению с курящими другие виды табачных изделий. Употребление сигарет с фильтром в два раза снижает риск заболевания по сравнению с курением сигарет без фильтра.

Урология и нефрология. 1993. № 5. С. 25—27.

Охрана природы

Судьба калифорнийской пумы

Последние исследования показали резкое снижение численности пумы, или кугуара (*Felis concolor*), населяющего южную часть штата Калифорния (США). Из 32 особей этих крупных кошачьих, снабженных четыре года назад ошейником с радиопередатчиком, к настоящему времени в живых осталось лишь семь.

Главная причина гибели этих животных — автотранспорт, которого становится все больше с заселением ранее пустынных местностей: более трети всех смертных случаев кугуаров приходится именно на этот фактор. Пумы гибнут под колесами в попытках перейти дорогу, перебираясь из одного района своего обитания в другой, а эти районы становятся все более раздробленными по мере возникновения новых поселений человека, в том числе и в ранее совершенно пустынных областях.

Исследовавший проблему зоолог П. Бейер (P. Beier) рекомендует создавать под плотном автострад специальные подземные переходы для них.

Ирония судьбы заключается в том, что изучение проблемы охраны этого животного, ныне находящегося уже под угрозой исчезновения, было организовано не в последнюю очередь в связи с нападениями кугуаров на человека: за нынешнее столетие по всей территории США зарегистрировано около десятка случаев гибели людей по этой причине.

New Scientist. 1993. V. 139. N 1887. P. 11 (Великобритания).

Охрана природы

Морской заповедник Монтерей-Бей

В США, у побережья Калифорнии, открыт 11-й по счету Национальный морской заповедник — Монтерей-Бей. Он занимает акваторию в 18 тыс. км² и по своим размерам превышает любой из заповедников 48 штатов США.

Придать этой прибрежной акватории статус национального заповедника администрация штата Калифорния предложила еще в 1977 г. Тем самым, естественно, предполагалось бы запретить нефте- и газодобычу на шельфе, разведку разного вида минеральных ресурсов, что предотвратило бы возможные болезни и гибель обитателей залива, среди которых морские птицы, выдры, киты, а также водоросли. Однако этот проект вызвал горячие диспуты между защитниками окружающей среды и бизнесменами, что в конечном счете привело к длительным отсрочкам.

Теперь, с получением наконец статуса национального заповедника в заливе Монтерей будет запрещен отлов морских млекопитающих, птиц и черепах, отменены катания и гонки на водных лыжах, а также пролеты над акваторией самолетов.

Прилегающая к Сан-Франциско акватория в 322 км², где ведется разработка строительных материалов — песка, гравия, ракушечника, а также осуществляется сброс городских стоков и отходов, исключена из пределов заповедника.

National Geographic. 1993. V. 183. N 3 (США).

Экология

Восстановление фауны после крысиного нашествия

На Земле нередки случаи, когда сбежавшие с тонущего судна крысы заселяют близлежащий участок суши и вскоре,

уничтожая многих животных и растения, коренным образом нарушают сложившуюся здесь экосистему.

Возможность восстановления естественной экосистемы продемонстрировали Р. Тейлор и Б. Томас (R. Taylor, B. Thomas; Новозеландское управление науки и техники, Веллингтон).

Первоначально они провели эксперимент небольшого масштаба: следуя четкому плану и используя новейшие средства против грызунов, они избавили от серых крыс (*Rattus norvegicus*) островок площадью всего 9 га, а затем перенесли накопленный опыт на о. Брейк-си, территория которого достигает 170 га.

Этот остров находится совсем рядом с побережьем Южного о-ва Новой Зеландии. Крысы заселили его по меньшей мере 150 лет назад и за это время заметно сократили численность местных беспозвоночных, ящериц и птиц. Кроме того, они погубили немало деревьев, подрывая их корни и кору.

Вместе с группой добровольных помощников экологи начали прокладывать пешеходные тропы-кольца, которые «оконтурили» остров с интервалами 60 м от побережья и до самой вершины, охватив три небольших горных хребта, пересекающих остров. В мае 1988 г. ученые определили 743 ключевые точки, в которых разместили отравленную приманку, содержащую антикоагулянт (средство, препятствующее свертыванию крови). Чтобы не повредить птицам, вещество помещали в недоступные для них трубочки. Операцию повторяли ежедневно в течение 22 сут.

В первую же ночь крысы съели более 80 % раскиданной приманки, а спустя трое суток — почти всю. Через 21 день лишь два грызуна посетили ключевые точки, причем оба, по-видимому, уже приняли смертельную дозу. Через месяц все было кончено: крысы на острове больше не встречались.

Экспериментаторы оставили отраву на острове до апреля 1990 г. Между июлем 1988 г. и апрелем 1992 г. они посещали о. Брейк-си еще 12 раз, но никаких следов существования крыс не отметили.

Вскрытия желудков серой крысы, выполненные ранее, показывали, что они поедали здесь голубей, а также представителей многих видов жуков, пауков и мух. Посещая остров после избавления его от крыс, ученые обнаружили в нетронutom состоянии даже гнездовья редкого южноостровного дрозда (*Petroica australis*). Здесь появилась ранее неизвестная на о. Брейксы ящерица — сцинк (*Leioporisma aspinatum*); очевидно, она ухитрилась переплыть узкий залив, отделяющий остров от собственно Новой Зеландии. Теперь исследователи готовятся реинтродуцировать и лесную птицу *Philesturnus carunculatus*, которая на главных островах страны уже числится вымершей.

Эксперименты Тейлора и Томаса доказывают, что при умелом подходе экологическая система крупных изолированных территорий, нарушенная грызунами, вполне может быть восстановлена.

Biological Conservation. 1993. V. 65. P. 191 (США); New Scientist. 1993. V. 140. N. 1896. P. 15 (Великобритания).

Геология

Радар выявляет карстовые пустоты

Вымытые подземными водами в слабых известняках пещеры, пустоты, ямы угрожают провалом любому воздвигнутому на этом карстовом ландшафте объекту. До последнего времени единственным способом предупредить опасность было предварительное бурение скважин в месте предполагаемого строительства. Но это и очень дорого, и дает реальную картину на очень небольшую территории. Положение может коренным образом измениться с использованием конструкции, предложенной геологом Б. Бекком (B. Beck), работавшим прежде во Флоридском институте изучения карстовых воронок, а с его закрытием перешедшим в геолого-разведочную фирму.

По существу, это радиолокатор, обращенный, в отличие от обычного, не вверх, а к зем-

ной поверхности. Он устанавливается на тележке или автоприцепе и буксируется по изучаемой местности. Луч локатора проникает на глубину до 10 м; на получаемой полосной карте четко выявляются полости и пустоты, нередко скрытые под опасно тонким слоем осадков.

Первое же практическое использование радара Бека оказалось весьма успешным. В районе Орlando (Флорида) на хорошо выровненной непоресеченной местности предполагалось построить работающую на каменном угле ТЭС. Однако радиолокационная карта показала, что здесь под землей скрыта глубокая полость диаметром около 30 м, заключенная между поверхностным песчаным слоем и лежащими ниже истыми осадками. Очевидно, полость образовалась в результате разрыва грунтовыми водами воронки в окружающем известняке, куда затем оползень снес массу осадочных пород. Опасность представляла не только неизбежная просадка сооружения, но и то, что обнаруженные здесь подстилающие пески ведут себя подобно жидкости. Строительная компания, уже связанная рядом обязательств, теперь вынуждена заниматься сооружением специального фундамента.

Конечно, система Бека слишком дорогостояща, чтобы применять ее при строительстве обычного односемейного дома, но при возведении школ, заводов, электростанций, целых жилых кварталов или высотных зданий, при определении мест для крупных свалок, откуда подземные воды могут разнести загрязняющие и токсичные вещества, — во всех этих случаях ее использование может оказаться весьма эффективным.

Возможна еще одна область применения «радар», смотрящего вниз: он способен определить степень электропроводности заглубленных под земной поверхностью различных объектов, позволяет обнаружить местонахождение «утерянных» трубопроводов, склопений (вследствие утечек) жидкого горючего, плавающего поверх подземных вод и др. New Scientist. 1993. V. 140. N 1900. P. 21 (Великобритания).

Вулканология

На Гуагуа Пичинча погибла вулканологи

Столица Эквадора Кито расположена на восточных склонах огнедышащей горы Гуагуа Пичинча. Еще в 1660 г. она извергла на город массу лавы, под 40-сантиметровым слоем которого погибла вся растительность; к счастью, потоки раскаленной лавы миновали заселенные районы. В последующем активизация вулкана наблюдалась в 1981, 1982, 1985 и 1990 гг. Из расщелин на его северо-восточном склоне вылетали крупные обломки полурасплавленной породы.

С апреля — мая 1990 г. ярость стихии несколько умерилась: лишь над трещинами с южной стороны купола, выросшего еще 330 лет назад, временами клубились облака пара. Однако 9 марта 1993 г. сторожевой пост, размещавшийся у кромки кальдеры, отметил, что из недр стали вылетать сопровождаемые паром все более крупные каменные бомбы.

Администрация Геофизического института при Национальной высшей политехнической школе Эквадора в Кито ранним утром 12 марта официально уведомила управление гражданской обороны о возникшей опасности, рекомендовав туристам и альпинистам воздержаться от приближения к кальдере. Однако двое молодых сотрудников этого института — инженер В. Г. Перес и аспирант А. Санчес (V. H. Pérez, A. Sanchez), уже находившиеся на верхнем склоне, хотя и были предупреждены по радио о подзвонившей активизации сейсмических явлений, все же решили продолжать восхождение. Они намеревались посетить купол, расположенный в центре кальдеры, глубина которой достигает 600 м, с тем чтобы произвести ряд измерений и составить точное описание хода вулканического процесса. Мощным взрывом, раздавшимся в 11 час. 46 мин., когда из кратера внезапно вылетели огромные каменные бомбы, окутанные тучей лавы,

вулканологи были убиты; на следующий день коллеги-спасатели нашли их тела у самой кромки кратера.

По заключению специалистов, взрыв был связан с тем, что в недрах горы лава вступила во взаимодействие с подземными водами и мгновенно образовавшийся пар мощно вырвался на поверхность, вынося с собой каменные глыбы. Подобные явления уже случались на Гуагуа Пичинча в дождливые сезоны, когда обильная влага проникала под почву. В 1993 г. трагедия произошла несколько раньше: еще в феврале здесь прошли необычно сильные дожди.

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. 1993. V. 18. N 2. P. 2 (США).

Вулканология

Вулкан Килауэа «съезжает» в море

Находящийся на о. Гавайи вулкан Килауэа можно считать не только самым активным среди вулканов мира в нашу эпоху, но и самым быстро смещающимся. Об этом сообщили в докладе на конференции Американского геофизического союза в Балтиморе сейсмолог С. Оуэн (S. Owen; Управление геологической съемки США, Менло-Парк, штат Калифорния). Она проанализировала результаты измерения движений земной коры, зафиксированных спутниковой системой Global Positioning System (глобальное определение местоположения) в период 1990—1992 гг., и установила, что южный склон Килауэа «съезжает» в сторону моря со скоростью 10 см в год.

Все лето 1993 г. прошло для Килауэа под знаком его единоборства с Тихим океаном¹. Излившаяся из кратера лава, спускаясь по долине р. Камоа-моа, достигла ее устья. 29 июня западный лавовый язык шириной 300 м обрушился в море. При соприкосновении с водой остывающая лава сформировала у берега огромные ступени, но

высокий прибой впоследствии смыл их. В июле активность этого лавового потока постепенно пошла на убыль, однако в восточной части дельты Камоа-моа лава продолжала наступать 160-метровым фронтом. 3 июля значительная часть свежей террасы площадью 20×150 м рухнула в море, но очень скоро новая порция лавы присовокупилась к ней пристройку, выступающую в море на 35 м; 28 июля с мощным взрывом низверглась в море новая крупная порция.

Еще один язык лавы перекрыв участок на шоссе Кратер-роу, которым ранее пользовались многочисленные туристы.

Франко-швейцарская группа геологов в течение нескольких часов в ночь с 11 на 12 июля наблюдала, как бурлит на вершине вулкана лавовое озеро. За это время его уровень то повышался на 1—2 м, то быстро падал; со дна поднимались крупные пузыри. Внезапно рухнувшая юго-восточная часть кратерного вала вызвала сильные колебания уровня расплавленной породы — до нескольких метров в высоту.

Наблюдения за Килауэа ведут сотрудники Гавайской вулканологической обсерватории (Гонолулу) и Европейского вулканологического общества (Женева). Ученые полагают, что происходящее смещение вулкана вызвано тем, что на глубине 9 км под поверхностью скрывается крупный разлом земной коры, имеющий слабый наклон в сторону моря. Согласно вычислениям, лежащие вдоль разлома породы соскальзывают со скоростью 25 см в год. Такого быстрого перемещения специалисты еще нигде не наблюдали.

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. 1993. V. 18. N 7. P. 12; Science News. 1993. V. 143. N 24. P. 382 (США).

Метеорология

Почему прогноз не сбывается

В 1991 г. Метеорологическая служба Великобритании завершила установку по всей стра-

не системы «Frontiers» («Фронты»), в задачу которой входит прогноз ливневых осадков и связанных с ними внезапных наводнений. Система основана на использовании радиолокаторов для сканирования неба и своевременного обнаружения скопления дождевых облаков, что позволяет давать прогнозы заблаговременностью до 6 ч. Однако, несмотря на техническое совершенство, эта сеть приборов оказалась неспособной своевременно предупредить метеорологов и население Южной и Восточной Англии о весьма бурно протекавшем наводнении в середине октября 1993 г. В результате сотни людей пришлось поспешно эвакуировать из домов; десятки автомобильных дорог были перекрыты, когда местные реки вышли из берегов; используемые для возведения временных дамб мешки с песком были доставлены с большим опозданием; сотни автомашин оказались брошенными на дорогах владельцами, искавшими надежного укрытия от разыгравшейся стихии. И все потому, что жители и местные власти не были своевременно предупреждены о грозящем бедствии.

Результаты анализа этих событий изложил К. Кольер (C. Collier; Метеослужба Великобритании) на конференции, посвященной борьбе с природными катастрофами, которая состоялась в Лондоне в октябре 1993 г. Он признал, что новая система не в состоянии прогнозировать конвективные бури, т. е. именно те, что чаще других приводят к наводнениям. Данная система отлично справляется с предсказанием более медленно перемещающихся фронтов погоды, которые несут с собой большую часть осадков, выпадающих на Британских о-вах. Кроме того, выдаваемые системой прогнозы заблаговременностью 1 ч менее надежны, чем ее же прогнозы с 6-часовой заблаговременностью.

Лондонский центр борьбы с наводнениями при Национальном гидрологическом управлении Великобритании считает систему «Frontiers» вообще мало полезной для своей деятельности и предпочитает опираться на локальную систему, разработанную Гидрологиче-

¹ См.: Вулкан похоронил залив // Природа. 1993. № 9. С. 119.

ским институтом (Уоллингфорд, графство Оксфордшир). Ее прогноз основан на данных электронных дождемеров, развернутых в большинстве ключевых районов страны, причем сведения об осадках собираются буквально во время их выпадения с использованием информации о движении дождевого облака, поставляемой местными радиолокационными метеостанциями. Это позволяет строить прогноз всего за 5 мин, тогда как система «Frontiers» требует на его построение, включающее обработку данных всей национальной радиолокационной сети, не менее 30 мин.

New Scientist. 1993. V. 140. N 1896.
P. 6 (Великобритания).

Палеонтология

Естественный палеонтологический музей

В 1956 г. дорожные рабочие, чинившие шоссе около пос. Кановиндра в штате Новый Южный Уэльс (Австралия), обнаружили в местных песчаных породах множество отпечатков древних рыб; только в одном из каменных блоков их насчитали 114. Однако в течение последующих 37 лет никто из ученых эти места с серьезными намерениями не посещал.

В июле 1993 г. здесь начала работать экспедиция, возглавляемая палеонтологом А. Ричи (A. Ritchie; Австралийский музей, Сидней). Специалистам помогали 40 учащихся двух ближайших школ, и за десять суток с помощью экскаватора им удалось поднять около 70 т песчаных плит, сохранивших остатки более 3 тыс. ископаемых рыб.

Это позволяет называть Кановиндру крупнейшим естественным музеем палеонтологии водных позвоночных. Очевидно, около 350 млн. лет назад, в конце девона, здесь произошла жесточайшая засуха и множество организмов, запертых в пересыхающем водоеме, погибло буквально за несколько дней. Судя по характеру отложений, они «засыпали», лежа пластинами на дне (местами их количество

достигает 50 на 1 м²). Ископаемые остатки отлично сохранились, так как погибавших животных равномерно покрывал песок.

Важно, что некоторые из рыб, в том числе явно родственные древнейшим земноводным, сохранились не в сплюсненном состоянии. Это позволит изучить их методами компьютерной томографии и точно установить строение черепа и жабер; залив сохранившиеся в песке пустоты жидкой резиной, можно реконструировать внутреннее строение организма.

Ученым удалось обнаружить представителей по крайней мере трех ранее неизвестных родов рыб, которые в длину достигали 1,6 м. Они родственны открытому в 1956 г., но все еще очень редкому ископаемому роду *Canowindra grossi*. У этой рыбы грудные плавники, расположенные непосредственно у головы, снабжены костями, строение которых близко строению ног древнейших на планете земноводных. Специалисты рассчитывают, что благодаря трехмерному объемному анализу можно будет значительно уточнить картину эволюции первых земноводных. К наиболее интересным экземплярам можно отнести также остатки крайне редкой «бронированной» рыбы рода *Groenlandaspis*.

Недавно в 20 км к юго-западу от Кановиндры обнаружено еще одно кладбище древних водных позвоночных, имеющих возраст около 370 млн. лет. Там же находятся превосходно сохранившиеся остатки тысяч рыб. Палеонтологические исследования в обоих местонахождениях предполагается продолжать.

New Scientist. 1993. V. 140. N 1894.
P. 11 (Великобритания).

Археология

Марсель доказал свою древность

В любом путеводителе по Марселю можно найти упоминание о том, что этот южнофранцузский город намного старше

Парижа. Однако до сих пор все свидетельства древности Марселя хранились в документах, которые были найдены в иных местах, а не в самом этом городе.

В 1991 г. городские власти выдали разрешение на строительство подземного гаража примерно в 60 м от старого марсельского порта. Однако, в соответствии с законом, они позволили начать работы лишь год спустя, с тем чтобы археологи могли провести свои исследования. Экспедиции, которую возглавила А. Эснар (H. Hesnard; Прованский университет), сопутствовала удача: в середине 1993 г. археологи открыли здесь зернохранилище, остатки греческих сосудов, возраст которых составляет около 25 столетий; еще более стары гончарные изделия и ряд других находок, свидетельствующих, что эти места были населены людьми в глубокой древности.

Марсель всегда был одним из удобнейших портов Средиземноморья. Об этом говорят обнаруженные теперь остатки греческой судоверфи и причалов, относящихся к VI в. до н. э. В более поздние времена (в I в. до н. э.), когда этот район захватили римляне, они расширили портовые сооружения весьма оригинальным способом: загрузив множество лодок битым камнем, они затопили их так, чтобы образовались «пиры» и причальные стенки.

До сих пор полагали, что Массалия (так в древности именовали этот город греки) пришелся римлянам не по вкусу и они забросили его ради Тулона, Арля и Фрежюса. Теперь очевидно, что дело обстоит иначе: римляне не жалели сил, чтобы «модернизировать» этот порт.

Всего археологами найдено здесь десять древних судов различного назначения и водоизмещения. Среди них два отлично сохранившихся греческих; три римских судна уникальны по своей конструкции: в середине корпуса расположен «колодец», что, по-видимому, позволяло забрасывать с борта драгу.

New Scientist. 1993. V. 140. N 1894.
P. 4 (Великобритания).

Обыкновенное чудо

Т. Б. Здорик,
кандидат геолого-минералогических наук
Москва

НЕ ОДИН десяток лет мы лишь мечтали о красивом и информативном журнале для коллекционеров камней. За рубежом столь возжеланные для нас издания давно и прекрасно поставлены. Взять хотя бы многим известный «Lapis» (ФРГ). Однако в СССР, а затем и в России дело долго упиралось как в недостаток конкретной инициативы, так и в день ото дня растущую дороговизну подобного предприятия. И тем не менее, как это ни парадоксально, именно наше столь непростое и коммерциализованное время выдвинуло истинных подвижников — не побоимся этого слова, иначе издателей журнала не назовешь.

Итак, в июне 1993 г. в Москве родился журнал «для всех, кто хранит в душе чистую любовь к миру камня во всех его проявлениях: от простого придорожного валуна до изысканного ограненного самоцвета». Это заявлено на первой странице нулевого номера. Стало быть все, даже № 1 у журнала впереди. А потому, надеемся, не бесполезными окажутся и наши пожелания и замечания. Начнем с того, что у журнала весьма необычное название — «К». Это символ, навеянный тремя словами, имеющими такую начальную букву. Первое слово — «камень». Два других — фамилии отцов-редакторов — Кулемина и Кантора. Насколько сей символ удачен? Вопрос спорный. Скажу лишь, что в последний момент издателям пришлось отказаться от ранее взлелеянного и даже заявленного названия «Мир камня». Оно появилось на обложке другого нового журнала, о котором упомянуть просто необходимо.

Почти одновременно с журналом для российских камнелюбов «К» появился и его сводный брат — журнал для камнелюбов всего мира —



«К». ЖУРНАЛ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ КАМНЯ И ЮВЕЛИРНОГО ИСКУССТВА. Учредитель — Уральский минералогический центр «Недра». № 0.

«Мир камня». Но по существу, основное его название — «World of Stones», ибо этот новичок журнального мира, блистающий прекрасными снимками и твердой глянцево-бумагой, печатается по-английски. Правда, каждый выпуск «World of Stones» снабжен скромным тонким вкладышем с русским текстом статей, набранным мелким шрифтом. Ясно, что это журнал для иностранцев, причем достаточно состоятельных. Цена каждого номера — около 11 долл.

Журнал «World of Stones» восхищает мастерскими снимками А. Свездлова и в меньшей мере самими статьями, на наш взгляд, несколько суховатыми и чересчур специализированными для издания подобного назначения. Исключение пока составляет лишь фантастически интересная публикация в № 2, принадлежащая В. Мальцеву с его же прекрасными и таинственными фотографиями, повествующая о рождении, жизни, минералогии и экологии карстовой пещеры Кап-Кутан в Туркмении. При этом не обхо-

дятся и острые социальные проблемы.

Теперь перейдем к рассказу о новом журнале «К», более доступном заинтересованным читателям России и ближнего зарубежья. Хотя приоритет отечественных читателей тут явен, не забыты и любители камня, не читающие по-русски, им в помощь на полях приведены краткие английские аннотации. Радует широкий охват тем: статьи о минералах и людях, связавших с ними жизнь, о новых находках, книгах, о том, как следует работать с камнем дома, в лаборатории и в поле, например, как разрезать или как грамотно сфотографировать камень. Присутствуют новации, продиктованные временем, — информация о каменных биржах в России и за рубежом, а также о ценах на камни. Особое место занимают цветные иллюстрации, собранные под рубрикой «Альбом». Вообще, надо отдать должное рубрикам — они продуманы так, что позволяют вместить в одном номере массу разнообразного материала.

В журнале, например, равноправно соседствуют столь разные по жанру публикации, как статья «Вивианит, керченит...» (о систематике и номенклатуре вторичных фосфатов Крыма), написанная специалистом в области ИК-спектроскопии Н. Чукуновым, и очерк «Сполохи Чукотки», автор которого — страстный камнелюб, шахтер из Донбасса Л. Симбирцов, темпераментно делится своими непосредственными впечатлениями от красот чукотских агатов и об удручающих картинах «растерзанного тела тундры».

Обращает на себя внимание резкая критика неточностей и ошибок в терминологии. Так, Н. Чукунов убедительно говорит о некорректности уже укоренившегося тер-

мина «керчевит», а Т. Глазова и С. Ахметов в статье «Шайтанский перелифт» доказывают, что неправомерно относить этот преимущественно кварцевый минеральный агрегат к агатам (хотя так делал даже А. Е. Ферсман).

С акцентом на частицу «не» написана и статья Б. Кантора «Овраг из Старой Ситни». Один из первооткрывателей удивительного месторождения подмосковных халцедонов, он объясняет: халцедоновые «сосулки» — отнюдь не натечные образования.

К числу лучших следует отнести очерк А. Жабина «Минералог Божьей милостью» — о безвременном скончавшемся минералог-самородке Викторе Степанове. Жаль, что не подчеркнута его роль в создании новой, современной экспозиции Минералогического музея им. А. Е. Ферсмана РАН, прежде всего раздела «Минералогия пещер».

Статья С. Певцова «Волшебная флейта» содержит неизвестные широкому кругу факты биографии двух натуралистов — И. фон Борна (1742—1791) и К. Л. Гизеке (1761—1833), имевших прямое отношение к творчеству Моцарта. Жаль, что автор допустил досадную неточность: нельзя называть гизекит новым минера-

лом — с середины XIX в. известно, что это всего лишь тонкочешуйчатый слюдистый агрегат, псевдоморфоза по нефелину. На тех же страницах номера весьма странная (редакционная!) ремарка к портрету Борна, объявляющая золотистые топазы... «мифом».

Несколько слов о снимках, несущих в журнале отнюдь не только декоративную функцию: весьма отрадно, что наряду с представленными и в этом журнале профессиональными работами уже упомянутого А. Свердлова, публикуются прекрасные «дебютные» снимки Б. Кантора. Они отличаются точностью и изяществом, оправдывающим помещение их в рубрике «Минералы на открытках».

Несколько добрых пожеланий у «колыбели новорожденного».

Наряду с выпусками, подобными нулевому, хорошо бы подбирать и издавать тематические номера — по отдельным наиболее интересным для коллекционеров минералом, в первую очередь отечественным. Подобные тематические выпуски широко практикуются аналогичными журналами на Западе.

В рецензируемом выпуске (с. 54) приводится мнение редакции журнала «Lapis», сожалующей об отсутствии сведений,

касающихся минеральных месторождений бывшего СССР (по причине секретности). Однако на с. 49 сказано, что теперь эти сведения в основном рассекречены, и российские авторы получили возможность публиковать их в «Lapis». Но почему же именно там? Ведь отечественные месторождения интересуют в первую голову российских любителей камня!

Читатель будет ждать от журнала статей о минералогических заповедниках, памятниках природы и других охраняемых объектах, о минералогических музеях, отечественных и зарубежных.

Хотелось бы постоянно видеть публикации о выдающихся минералогах и коллекционерах минералов прошлого и настоящего. И пожелать редакции продолжить линию, начатую рассказом Ю. Бородаева об экслибрисах геологов; в частности, можно, наверное, попросить профессора В. В. Ляховича написать о его уникальной коллекции значков по геологической и минералогической тематике.

Наконец, очень украсят страницы издания статьи о камнерезном искусстве, ювелирном деле, отдельных их видах и мастерах.

В добрый путь и долгих лет тебе, «К!»

Над номером работали
Ответственный секретарь
Л. П. БЕЛЯНОВА

Заместитель ответственного
секретаря
В. И. ЕГУДИН

Научные редакторы
И. Н. АРУТЮНЯН
О. О. АСТАХОВА
М. Ю. ЗУБРЕВА
Г. М. КАРАСЕВА
Г. В. КОРОТКЕВИЧ
Л. Д. МАЙОРОВА
Н. В. УСПЕНСКАЯ
О. И. ШУТОВА

Литературный редактор
Г. В. ЧУБА

Художественные редакторы
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией
И. Ф. АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Е. Е. БУШУЕВА

Компьютерный набор
М. Н. ГРИЦУК

Корректоры
Р. С. ШАЙМАРДАНОВА
Л. В. БЕЛОВА

В художественном оформлении
номера принимали участие
В. С. КРЫЛОВА
В. И. ЕГУДИН

Ордена Трудового Красного
Знамени Всероссийское
объединение «Наука»

Адрес редакции:
117810, Москва, ГСП-1
Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 28.04.94
Подписано в печать 6.06.94
Формат 70×100 1/16
Бумага типографская № 2
Офсетная печать
Усл. печ. л. 7,74
Усл. кр.-отт. 508,0 тыс.
Уч.-изд. л. 11,2.
Тираж 23 681 экз.
Заказ 2762

Ордена Трудового
Красного Знамени
Чеховский полиграфический
комбинат
Комитета Российской Федерации
по печати
142300, г. Чехов
Московской области



Затвердевшие капли рудных металлов и их соединений могут многое рассказать как о рождающихся в недрах Земли рудных потоках, так и о самом мантийном субстрате.

Вахрушев В. А., Рыбов В. В. РУДНЫЕ КАПЛИ В ЗЕМНОЙ КОРЕ И МАНТИИ



Первобытная религия была призвана очеловечить общество, вселить в него мудрость и жизненную силу. Главный смысл языческого миропонимания закодирован в древних погребальных обрядах. Их всестороннее изучение приближает нас к постижению сущностного знания и сокровенных языческих истин.

Косарев М. В. МИРОПОНИМАНИЕ ЯЗЫЧНИКОВ — МИФЫ, ОБРЯДЫ, РИТУАЛЫ

ПРИРОДА

7⁹⁴



Кажущиеся стабильными галечно-валунные русла больших сибирских рек на самом деле постоянно деформируются, а валуны на дне и отмелях перемещаются со скоростью 2—5 м в год.

Лодина Р. В., Чалов Р. С. БУЛЫЖНЫЕ «МОСТОВЫЕ» НА БОЛЬШИХ РЕКАХ

Индекс 70707

