

ISSN 0032-874X

ПРИРОДА

1991



Главный редактор
академик
Л. Д. ФАДДЕЕВ

Кандидат физико-математических наук
А. И. АНТИПОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТУШКОВ

Член-корреспондент АН СССР
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук
А. А. ВЕЛИЧКО

Академик
В. А. ГОВЫРИН

Заместитель главного редактора
Ю. Н. ЕЛДЫШЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Г. А. ЗАВАРЗИН

Академик
В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук
Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Доктор физико-математических наук
А. А. КОМАР

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор философских наук
Н. В. МАРКОВ

Доктор исторических наук
П. И. ПУЧКОВ

Заместитель главного редактора
академик
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Доктор философских наук
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР
А. А. СОЗИНОВ

Академик
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Заместитель главного редактора
член-корреспондент АН СССР
Л. П. ФЕОКТИСТОВ

Академик
В. Е. ХАИН

Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАЩУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
ПОПУЛЯРНЫЙ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

Издается с января 1912 года



НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Хвойный лес в первом снегу. См. в номере: Берлли В. Э. Заповедник в Лапландии.

Фото Н. Н. Дельвина

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Новое научно-исследовательское судно АН СССР «Академик Иоффе» поднимает пластиковые паруса. См. в номере: Житковский Ю. Ю., Скорнякова Н. С., Захлестин А. Ю., Терский Н. Ю. На борту «Академика Иоффе».

Фото Б. А. Давыдова



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



© Издательство «Наука»,
журнал «Природа» 1991

В НОМЕРЕ

3 Фаддеев Л. Д.
НАУЧНОЕ МИРОВОЗЗРЕНИЕ И «ПРИРОДА»

6 В ДЕМИЛИТАРИЗОВАННОМ ОБЩЕСТВЕ — ДЕМИЛИТАРИЗОВАННАЯ НАУКА (Беседа С. П. Капицы и Р. З. Сагдеева)

Проблему конверсии науки сложно решить, не поняв прежде, как наука оказалась милитаризованной, связанной с ВПК, какие обстоятельства этому сопутствовали.

13 Садовский М. А., Писаренко В. Ф.
ПОДОБИЕ В ГЕОФИЗИКЕ

Работы последних лет показали, что многие геологические и геофизические объекты различной природы проявляют свойство самоподобия (подобия при самых различных масштабах). Для объяснения этого распространенного явления предлагается модель перколяционного типа, функционирующая вблизи критического состояния.

24 Гершензон С. М.
ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ПОЛА

Наиболее вероятная причина возникновения пола — мейоз, позволивший сохранить постоянство генома.

32 Новгородова М. И.
ОБНАРУЖЕН САМОРОДНЫЙ МАГНИЙ?

34 Берлин В. Э.
ЗАПОВЕДНИК В ЛАПЛАНДИИ

Находиться под боком мощного металлургического комбината выпало на долю самого северного в мире заповедника. Слетит ли его «крыша» ЮНЕСКО, под которую он попал несколько лет назад?

47 Житковский Ю. Ю., Скорнякова Н. С., Захлестин А. Ю., Терский Н. Ю.
НА БОРТУ «АКАДЕМИКА ИОФФЕ»

Первый рейс нового научно-исследовательского судна АН СССР был «акустическим». С помощью звуковых волн, в частности, удалось провести экспресс-разведку железомарганцевых конкреций в Бразильской котловине Северной Атлантики.

52 Лавров А. В., Мащенко Е. Н.
КРУПНЕЙШЕЕ ЗАХОРОНЕНИЕ МАМОНТОВ В ЕВРОПЕ

56 Горькавый Н. Н., Фридман А. М.
САМООРГАНИЗАЦИЯ В КОЛЬЦАХ ПЛАНЕТ

Многие парадоксы, связанные с существованием колец у планет-гигантов Солнечной системы, объясняются коллективными процессами в этих удивительных космических объектах.

69 Айзатуллин Т. А., Фащук Д. Я.
ЧЕРНОЕ МОРЕ: КАТАСТРОФЫ МНИМЫЕ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ

Опасность для моря представляет не подъем на поверхность сероводородных вод, невозможный при современных гидрологических условиях, а экологически неграмотный проект откачки излишков сероводорода из глубин, предлагаемый для «спасения» моря.

75 Шилов Ю. А.
ПРОБЛЕМЫ СТЕПНЫХ «ПИРАМИД»

Состояние отечественной археологии заставляет усомниться в правомочности раскопок древних святилищ. Они создавались людьми, подступившими к разгадке тайны бытия, и не должны разрушаться незрелой «наукой о памятниках».

83 «ПОДДЕРЖИВАЯ НАУКУ, МЫ СЛУЖИМ ОБЩЕСТВУ» (Интервью с К. Фордом)

88 Несис К. Н.
СТРАННАЯ ОДНОЧЕЛЮСТНАЯ РЫБА И ЕЕ СВАДЕБНЫЙ МЕТАМОРФОЗ

О СЛЕДАХ НАШИХ ВЫСТУПЛЕНИЙ

90 Ахундов М. Д.
СПАСЛА ЛИ АТОМНАЯ БОМБА СОВЕТСКУЮ ФИЗИКУ?

Действительно ли на Всесоюзном совещании физиков, которое планировалось провести в 1949 г., советской физике была уготована судьба генетики? Предлагается другое объяснение причины отмены совещания, нежели изложенное в статье А. С. Сонина «Совещание, которое не состоялось» (Природа, 1990, № 3—5).

98 ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 1990 ГОДА

Захаров В. И.
ПО ФИЗИКЕ — Дж. ФРИДМАН,
Г. КЕНДАЛЛ, Р. ТЕЙЛОР (98)

Бородкин В. С.
ПО ХИМИИ — Э. КОРИ (100)
Фролова Е. В., Савченко В. Г.,
Белянова Л. П.

ПО МЕДИЦИНЕ — Дж. МУРРЕЙ И
Д. ТОМАС (102)

105 НОВОСТИ НАУКИ

118 КОРОТКО

120 РЕЦЕНЗИИ

122 НОВЫЕ КНИГИ

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ (31, 33, 37, 39)

ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

124 Бронштэн В. А.
ИЗГНАНИЕ В. В. СТРАТОНОВА

CONTENTS

- 3** Faddeev L. D.
SCIENTIFIC OUTLOOK AND "PRIRODA"

- 6** DEMILITARIZED SOCIETY NEEDS DEMILITARIZED SCIENCE

It is difficult to solve the problems of conversion unless we don't understand how science became militarized and closely connected with the military—industrial complex. These questions are discussed by S. P. Kapitzka and R. Z. Sagdeev.

- 13** Sadovsky M. A., Pisarenko V. F.
SIMILARITY IN GEOPHYSICS

Recent works have demonstrated that many geological and geophysical objects of diverse nature exhibit the traits of similarity on different scales. A percolation model functioning in a nearly critical state is suggested to explain this phenomenon.

- 24** Gershenson S. M.
THE ORIGIN AND EVOLUTION OF SEXES

It looks as if meiosis that maintains the genome stability is the most probable cause of sex differentiation.

- 32** Novgorodova M. I.
NATIVE MAGNESIUM DISCOVERED (?)

- 34** Berlin V. E.
THE RESERVE IN LAPLANDIA

The northernmost reserve has a large metalmaking combine as its unwelcome neighbor. Will it be saved by UNESCO that assumed responsibility over it several years ago?

- 47** Zhitkovsky Yu. Yu., Skorniyakova N. S., Sakhlestin A. Yu., Tersky N. Yu.
ON BOARD OF "ACADEMICIAN IOFFE"

On its maiden voyage the research vessel of the USSR Academy of Sciences performed an express sounding of iron-manganese concretions in the Brazilian Depression in Northern Atlantic.

- 52** Lavrov A. V., Maschenko E. N.
THE LARGEST BURIAL OF MAMMOTH IN EUROPE

- 56** Gorkavy N. N., Friedman A. M.
SELF-ORGANIZATION IN PLANETARY RINGS

Many paradoxes caused by the rings of planets of the Solar system can be explained by the collective processes taking place in these amazing space objects.

- 69** Aizatulin T. A., Faschuk D. Ya.
THE BLACK SEA: THE REAL AND IMAGINED CATASTROPHES

The Black Sea is much more endangered by the ecologically dangerous plans of removing the excess of hydrogen sulphide from the sea depths allegedly to safe it than by the upward movement of water with hydrogen sulphide impossible under the present hydrological conditions.

- 75** Shilov Yu. A.
THE PROBLEMS OF SOUTH RUSSIAN STEPPE MOUNDS

The present state of archaeology in this country makes digging in the South Russian mounds highly undesirable.

- 83** "SUPPORTING SCIENCE WE SERVE SOCIETY" (Interview with K. Ford)

- 88** Nesis K. N.
STRANGE ONE-JAW FISH AND ITS WEDDING METAMORPHOSIS

THE ECHO OF OUR PUBLICATIONS

- 90** Akhundov M. D.
DID THE ATOMIC BOMB SAVE SOVIET PHYSICISTS?

Is it true that Soviet physics was doomed on the eve of the 1949 National Conference of Physicists? M. D. Akhundov offers a version that differs from the one given in the article by A. S. Sonin (Priroda. 1990. №№ 3—5).

- 98** THE 1990 NOBEL PRIZE WINNERS
Zakharov V. I.
IN PHYSICS — J. FRIEDMAN, H. KENDALL, R. TAYLOR (98)
Borodkin V. S.
IN CHEMISTRY — E. COREY (100)
Frolova E. V., Savchenko V. G., Belyanova L. P.
IN MEDICINE — J. MURRAY AND D. THOMAS (102)

- 105** SCIENCE NEWS

- 118** NEWS IN BRIEF

- 120** BOOK REVIEWS

- 122** NEW BOOKS

ADVERTISEMENTS, ANNOUNCEMENTS
(31, 55, 87, 97)

MEETING THE FORGOTTEN PAST

- 124** Bronsten V. A.
EXILE OF V. V. STRATONOV

НАУЧНОЕ МИРОВОЗЗРЕНИЕ И «ПРИРОДА»

Л. Д. ФАДДЕЕВ



Людвиг Дмитриевич Фаддеев, академик, член Президиума АН СССР, заместитель директора Математического института им. В. А. Стеклова АН СССР, директор Международного математического института им. Л. Эйлера. Основные научные интересы связаны с современной математической физикой. Лауреат Государственной премии СССР, премии им. Д. Хейнemann по математической физике Американского института физики и Международной премии по математике Парижского страхового общества. Награжден медалью Дирака. Иностраный член Национальной академии США, Американской академии наук и искусств, Финской академии наук и литературы, Польской академии наук. Президент Международного математического союза. Главный редактор «Природы».

ВСТУПЛЕНИЕ на пост главного редактора журнала «Природа» дает мне удобную возможность выразить свои мысли о цели науки, ее месте в обществе. Я не думаю, что скажу здесь что-либо новое. Это скорее изложение моего собственного символа веры, данного мне моим образованием и опытом, обращение к единомышленникам, которых я надеюсь найти среди читателей журнала.

Уже почти 80 лет «Природа» поддерживает высокие традиции подлинно научного мировоззрения. Ее аудитория — широкие круги научной общественности, т. е. та социальная прослойка, которая имеет право называться учеными.

Оговорюсь заранее, что термины «наука» и «ученый» будут пониматься в узком смысле, т. е. применительно к естествознанию. То, что у нас называется отраслевой наукой (т. е. инженерное дело), а также гуманитарные и социальные науки имеют свои правила и методы, и я не могу их профессионально обсуждать.

Что, по моему мнению, составляет основу научного мировоззрения, что дает право называться ученым и естествоиспытателем? Из многих положений я бы выделил пять: профессионализм, убежденность, скептицизм, рациональность и интуицию. Остановлюсь на этом немного подробнее.

Профессионализм. Без профессиональных знаний и навыков нельзя быть ученым. Это очевидно и не нуждается в обсуждении. Впрочем, это положение в равной мере относится к любой профессиональной деятельности — от инженерного дела до искусства. В нашем случае основное отличие состоит в том, что общественное мнение не всегда может отличить профессионала в науке от самозванца-лжеученого — у читателя-неспециалиста нет для этого тех же профессиональных знаний.

Таким образом, только доверие может стать источником положительного отношения общества к ученым. Оно основано на историческом опыте, традициях научных школ, международном признании. Нарушение этого доверия — во имя самых важных, но сиюминутных интересов — тяжелое преступление перед наукой и обществом.

Многочисленные ссылки на научную обоснованность своих действий, делавшиеся в недавнем прошлом людьми, не имеющими на это профессионального права, во многом дискредитировали науку и ее возможности. Поэтому каждый ученый нашей страны переживает неожиданные и незаслуженные упреки в адрес научного сообщества.

Всякий подлинный профессионализм связан с элитарностью. Естественно, это относится и к ученым. В наше время эгалитарных тенденций надо утверждать и отстаивать право ученых на присущую им выделенность.

Убежденность. Трудно заниматься научными исследованиями не будучи убежденным в своих знаниях, перспективности выбранного направления. Здесь большую роль играет доверие к коллегам в прошлом и настоящем. Научное мировоззрение — в отличие от средневекового мышления — исходит из того, что знания, накопленные за последние 300 лет, не будут отмечены будущими исследователями, а практически будут входить в их мировоззрение. Процесс накопления и формулировки знаний сам по себе эволюционен, новые законы включают в себя старые как более частный случай. Политические революции, полностью отрицающие свергнутый общественный строй, не имеют аналогов в жизни науки.

Все это приводит к определенному консерватизму ученых и научного сообщества в целом. Но важно понимать, что этот консерватизм не имеет ничего общего с застоєм, схоластикой и идолопоклонством. Профессиональное понимание и уважение традиций, стремление к их сохранению и преумножению — это здоровый консерватизм.

Поэтому странно, нелепо и грустно видеть попытки опровергнуть, к примеру, законы релятивистской динамики (частную теорию относительности) или второй закон термодинамики, предпринимаемые подчас даже обладателями ученых степеней и званий на основании сведений, почерпнутых из научно-популярной литературы. Непрофессиональное отрицание признанных достижений науки противоречит научному мировоззрению и не имеет ничего общего с новаторством.

Скептицизм. Процесс научного познания природы далек от завершения; одно это уже оправдывает существование ученых. Ученый, работающий над новыми закономерностями, должен быть свободен от догм, давления априорных соображений и предрассудков. Поэтому включение коллективного опыта в собственное сознание ученого сопровождается естественным скептицизмом, стремлением проверить, по возможности, самому то, что утверждают авторитеты. Не менее важно сознавать, что реально можно сделать или понять на данном уровне развития науки.

Так, в том, что большая теорема Ферма будет доказана, не сомневается ни один математик. Это не мешает относиться с оправданным скептицизмом к доказательствам, которыми постоянно заполнена почта математических институтов. Просто математика должна еще развиваться,

прежде чем будет найден адекватный подход к этой проблеме. Это же относится и, скажем, к проблеме органической эволюции. Можно критиковать дарвинизм за его противоречия и неполноту, но выход будет найден (как во всяком случае считаю я) только на пути дальнейшего развития генетики и молекулярной биологии.

Здоровый скептицизм — незаменимое оружие в борьбе с априорными теориями. На заре современного научного мировоззрения с его помощью были отмечены астрология и теория флогистона, а в прошлом веке — теория самозарождения. Сейчас, когда антинаука снова подымает голову, его роль важна как никогда.

Рационализм. Более подробно этот термин можно расшифровать как уверенность во всемогуществе научного познания.

Ему не следует придавать какие-либо субъективные оттенки, скажем, говорить о целесообразности устройства окружающего нас мира. Просто если уж ученый взялся описывать законы природы, то он исходит из того, что они есть и их можно открыть. Более того, он знает, что они будут открыты при помощи методов, которые уже известны, или новых соображений, которые подскажет его собственный опыт или опыт его коллег.

Интуиция. Каждый работающий ученый знает, какую роль в его научной жизни играют предчувствия, озарения и «вещие сны». Можно говорить об особенностях работы человеческого мозга, о подсознании, которые когда-то в будущем получат объяснение. Но пока имеет смысл отделить эту часть научного творчества в самостоятельную проблему. Интуиция играет огромную эвристическую роль в естествоиспытательстве, ее проявление, как правило, предшествует рациональному опыту.

Итак, в научном мировоззрении должны находить естественное сочетание, казалось бы, противоречащие друг другу категории: консерватизм убежденности и новаторство скептицизма, уверенность рационализма и неуловимая трансцендентальность интуиции. Абсолютизация любой из этих категорий недопустима. Только гармоническое их сочетание дает то, что мы называем научным мировоззрением. И, конечно, во главе стоит профессионализм. Рискую повториться, скажу, что именно обладание профессиональными знаниями и квалифицированное их использование выделяют сообщество ученых.

Обсудим теперь вкратце положение ученых в обществе и их взаимоотношения. Поскольку, как уже сказано, широкой общественности непонятны мотивы, цели и методы научного творчества, она вправе относиться к ученым с недоверием, и со своей стороны ученые, имея собственные стимулы для работы, предпочли бы удалиться в «башню из слоновой кости», т. е. стать независимыми от общества.

Это, конечно, невозможно. Ученый и наука нуждаются в средствах, которые им может дать лишь общество. В наше время речь идет о больших вкладах, использование которых общество не может контролировать (подчеркну еще раз, что речь идет лишь о фундаментальных исследованиях в области естественных наук). Примером «дорогой науки» являются космические исследования или физика высоких энергий. Некоторое время политические соображения престижа или военной безопасности поддерживали подобные направления, а заодно и всю фундаментальную науку. Сейчас, в период изменения общественного мышления, общество должно оценить роль науки как таковой, не думая о ее непосредственных приложениях, и считать, что ее поддержка «оплачена» учеными предыдущих поколений. Нетрудно подсчитать, что Фарадей и Максвелл окупили фундаментальную науку на несколько веков вперед.

В свою очередь, ученые могут лучше всего оправдать это доверие только своей работой, а также предоставлением своих результатов бесплатно в распоряжение общества. Научные открытия не патентуются, они публикуются в научных журналах, открытых для всех. В этом же смысле наука не имеет национальных границ и политического лица.

Упомянув термин «политика», не могу удержаться от того, чтобы не сказать несколько слов о взаимоотношении науки и политики, ученых и политических деятелей. Здесь много противоречий, источником которых является различие этих областей деятельности. Так, цели науки определены в ней самой и не зависят от внешних обстоятельств, в то время как политика призвана действовать в быстро меняющемся мире и модифицировать свои средства под влиянием этих изменений. Политика и наука — это два различных призвания, рекрутирующих людей с резко отличным один от другого образом мышления. Можно сказать, что научное мировоззрение часто конфликтует с политическим. Хоро-

шо известны примеры людей, которые потерпели неудачу на научном поприще и приобрели большой успех в политической деятельности, часто даже и прогрессивной.

Отсюда и отношение к науке со стороны политиков, которое в наше время выражается, в основном, средствами массовой информации. В переживаемый нами переходный период это отношение весьма недоброжелательно. Имманентный консерватизм науки сознательно или бессознательно смешивается с консерватизмом политическим. Характерный термин, которым прессы окрестила академические учреждения — «официальная наука», хорошо иллюстрирует это положение.

В подобных обстоятельствах наука беззащитна. Нет ничего нелепее изменять научное мировоззрение под непрофессиональным давлением. Поэтому ученым не остается ничего другого, как пренебречь незаслуженными упреками и продолжать заниматься своим делом.

Зато небывалую питательную среду получает антинаука — от отрицания второго закона термодинамики через возрожденную астрологию и мифическое биополе до летающих тарелок. Трудно сказать, чего здесь больше — шарлатанства или патологии. Ясно одно — вся эта чертовщина никак не входит в научное мировоззрение. Характерная методология антинауки — сначала вводится глобальный термин, скажем «летающие тарелки» или «биополе», а затем вся действительность подгоняется под оправдание его реальности. Ни рационального мышления, ни скептицизма здесь нет ни грана.

Прискорбно видеть, как в этот громкий хор служителей антинауки входят рассекреченные в ходе конверсии работники всевозможных «ящиков». ВПК, сделавший так много для деформации нашей экономики, вносит свой вклад и в деформацию отношения к фундаментальной науке.

Что может противопоставить наука этому средневековому феномену? Спорить с непрофессиональной прессой бесполезно. Можно надеяться, что синдром антинауки практически замрет при стабилизации политической ситуации (что мы и видим, скажем, во Франции или США, на которые так любят необоснованно ссылаться наши уфологи). Однако, как и во все времена, наука может и должна обосновывать свое существование путем популяризации своих достижений и пропаганды научного мировоззрения. Журнал «Природа» будет неуклонно продолжать свое дело в этом направлении.

В демилитаризованном обществе — демилитаризованная наука

В последнее время в нашем обществе особенно активно обсуждается проблема конверсии, в первую очередь конверсия науки, перевод ее со служения в значительной степени военно-промышленному комплексу (ВПК) на более гуманистические рельсы. Подобный переход есть результат тех глубоких и далеко идущих решений в области внешней политики, связанных с новым мышлением, которые в конечном итоге охватили весь наш мир. Признав бессмысленность дальнейшего наращивания военной мощи, мы должны от нее отказаться. Но сделать это не так просто — возникают, в частности, вопросы конверсии больших научных коллективов, изменения сознания людей.

Однако прежде чем говорить о демилитаризации науки, полезно вспомнить, как она оказалась милитаризованной, связанной с ВПК, который иногда даже называют научно-военно-промышленным, какие обстоятельства этому сопутствовали, а также попытаться наметить пути выхода из создавшейся ситуации. Обсуждению этих проблем и посвящена беседа С. П. Капицы с Р. З. Сагдеевым.

С. П. Капица. Существуют два вида милитаризации науки. Первый — явная, когда ученые — причем часто их инициатива является ведущей — изобретают некое новое оружие. Так было во время первой мировой войны с химическим оружием, когда Ф. Хаббер, известный тем, что разработал синтез связанного азота, предложил использовать ядовитые газы. Так было и позднее, когда ученые ряда стран приступили к созданию ядерного оружия. Все это примеры активной милитаризации, в которую оказываются втянуты десятки и сотни научных коллективов, многие крупные ученые на разных стадиях своей карьеры, а в нашей стране, по существу, создалось целое сословие научных работников, связанных с ВПК.

Но есть и косвенная милитаризация, когда с помощью ВПК финансируются и осуществляются программы в области физики высоких энергий, исследования ближнего космоса, далеких планет и других миров, термоядерного синтеза, которые прямого применения для обороны в обозримом будущем не дадут.

Мне вспоминается, как примерно 20 лет назад Академия наук СССР задумала крупный проект в области фундаментальной ядерной физики, так и не реализованный. Речь идет об ускорителе протонов на средние энергии в г. Троицке — так называемой мезонной фабрике, которую Академия хотела строить самостоятельно. Однако это не удалось (пока) по многим причинам, но в основном, думаю, потому,

что нашим академическим организациям, не связанным с ВПК или с Министерством среднего машиностроения (ныне Минатом-энергопром), такие проекты просто не по зубам. То же произошло с крупным исследовательским реактором «Пик» или источниками синхротронного излучения для прикладных задач.

Единственный, по существу, крупный институт, относящийся к большой науке, который строился не по заказу ВПК, — Институт ядерной физики Сибирского отделения АН СССР, созданный А. М. Будкером в Академгородке под Новосибирском, где вы в свое время работали. Сейчас, кстати, этот институт испытывает известные трудности с осуществлением своих проектов.

Р. З. Сагдеев. Действительно, имеет смысл вернуться к истокам и попытаться проанализировать побудительные мотивы, заставляющие ученых заниматься военной тематикой. Можно привести массу примеров, когда ими двигали высшие, патриотические чувства. Так, вряд ли что-либо иное руководило Архимедом, когда он думал о том, как защитить родные Сиракузы и предложил сфокусировать солнечные лучи с помощью медных щитов воинов.

С. К. По существу, это был прообраз СОИ.

Р. С. Совершенно верно. Но постепенно такая, казалось бы, благородная патриотическая деятельность становилась самоцелью.

Вы привели пример Института ядер-



Сергей Петрович Капица, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией Института физических проблем им. П. Л. Капицы АН СССР и кафедрой физики Московского физико-технического института. Специалист в области гидро- и электродинамики, магнетизма, ядерной физики, физики ускорителей. Президент Физического общества СССР, заместитель председателя Комиссии по синхротронному излучению при Президиуме АН СССР, член Римского клуба, Советского Пагуошского комитета, Комитета советских ученых по глобальной безопасности. Лауреат Государственной премии СССР и премии Калинга (ЮНЕСКО). Член редколлегии «Природы».

Рояльд Зиннурович Сагдеев, академик, профессор Мэрилендского университета (Вашингтон, США). Специалист в области физики плазмы и космических исследований. Герой Социалистического Труда. Лауреат Ленинской и Государственной премий. Заместитель председателя Комитета советских ученых по глобальной безопасности. Член Национальной академии наук США, Шведской королевской академии, Общества им. Макса Планка и ряда других академий. Народный депутат СССР.

ной физики СО АН СССР, который, действительно, создавался как чисто академическое, гражданское учреждение, но к тому моменту ученые уже понимали — нужно защищать фундаментальную науку от какого бы то ни было посягательства со стороны ВПК. С другой стороны, ситуация, сложившаяся в нашей стране, да, видимо, в тот момент и на Западе, заставляла обращаться к нему хотя бы за финансовой помощью.

С. К. Но, насколько я помню, и этот институт строил Е. П. Славский — министр среднего машиностроения.

Р. С. Верно, однако это был государственный заказ Минсредмашу, которое к тому моменту располагало самой мощной строительной базой. К концу 60-х годов наш институт стал испытывать серьезные трудности — не хватало денег на строительство ускорителей на встречных пучках, — накопительных колец. Вот тогда у Будкера и возникла идея создания варианта противоракетной защиты, в которой бы использовался пучок ускоренных нейтральных частиц (сегодня это называется СОИ, тогда такого названия еще не было).

Предполагалось, что такую систему можно вывести на околоземную орбиту с помощью специальных спутников. На современном языке, это было бы корпускулярное оружие для СОИ. Хорошо помню, как обсуждался этот проект, и, уверен, что, конечно, прежде всего Будкером руководили патриотические чувства, но он прямо говорил, что для развития фундаментальной

науки нужны деньги. ВПК готов был озолотить наш институт; приезжал В. П. Мишин, которого нам представили как наследника С. П. Королева. А затем в Москве провели научную экспертизу, и ряд крупных ученых — Л. А. Арцимович и другие — сказали твердо «нет» этому проекту, который...

С. К. ...казалось бы, был не хуже других. Тогда в разговоре с Арцимовичем я заметил, что под предложенный проект корпускулярного оружия Будкеру следовало бы дать деньги, поскольку от этого, наверное, будет польза и для большой науки. На что Лев Андреевич резко возразил: «Вот это и было бы безнравственным!»

Р. С. Если ученые выступают только в качестве профессионалов-ремесленников, получающих контракт на определенную тему и не задумывающихся о последствиях создаваемой ими системы оружия, это может привести к печальным результатам. В наше время, к сожалению, довольно часты случаи, когда тратятся гигантские средства, пока не выясняется, что данное направление не просто тупиковое по какому-то техническим соображениям, но и стратегически вредное, дестабилизирующее. Как пример приведу Красноярскую радиолокационную станцию, в которую вложили сотни миллионов рублей, а в конце концов руководство было вынуждено принять решение о ее демонтаже.

С. К. Ее создание шло в нарушение наших международных обязательств, дестабилизировало обстановку и, по существу,

было бессмысленным с военной точки зрения.

Р. С. Какими бы патриотическими соображениями ни руководствовались отдельные ученые или научные коллективы, желая получить дополнительное финансирование своих чисто научных мирных изысканий за счет подачек ВПК, сегодня они просто обязаны ставить перед собой вопрос, куда все это может привести. В этом и состоит социальная ответственность науки.

С. К. В Америке ученые из Ливерморской и Лос-Аламосской лабораторий, а также других мест, связанные с программой СОИ, говорили мне, что им предлагают финансирование по линии СОИ с тем, чтобы половину этих средств (I) они могли тратить на чистую науку. Кто-то соглашается, кто-то нет. Некоторые университеты, например, заявили, что вообще не будут вести секретных военных работ; правда, далеко не каждый может себе подобное позволить.

Сейчас, например, обсуждается предложение об отказе университетов вообще проводить исследования, поддерживаемые военным ведомством. Действительно, почему именно Министерство обороны должно финансировать, например, работы по поиску и исследованию гравитационных волн? Ведь военное значение это направление сможет приобрести только в войне галактик!

Р. С. Создана некая жизненная философия: вовсе не зазорно брать деньги у ВПК, важно на первый план ставить интересы науки, а не военные аспекты, ведь в конце концов эти деньги ВПК потратит на...

С. К. ...что-то более порочное.

Р. С. Компромисс с совестью неплохо обоснован, и ученые часто на него шли.

С. К. На него шло и общество. По сути, наука, ее представители, заключая «контракт с дьяволом», в известной мере прекрасно сосуществовали с тоталитарным государством. Однако сейчас, если наша страна отказывается от милитаристского отношения к своему бытию, внешнему миру, мы должны в равной мере пересмотреть и свое отношение к науке. Фундаментальную науку надо поддерживать не как «продажную служанку» милитаризма, а как часть культуры, и, естественно, как слагающую производительных сил. Именно в этом заключается глубокое изменение нашего общественного сознания — демилитаризацию науки следует связывать с демилитаризацией общества в целом. Успех развития науки в Японии и ФРГ показывает, что такой путь возможен.

Р. С. Что же касается нашей космонавтики, на самом высоком уровне — руководи-

телей ВПК, министра обороны Д. Ф. Устинова — считалось, что создание ракетно-ядерного щита страны вполне может сопровождаться неким благотворительным хобби, например запусками космических кораблей к Луне и планетам. В каком-то смысле ставилась задача демонстрации преимуществ социалистической системы, но разговоры о хобби ВПК велись в открытую.

С. К. С другой стороны, речь шла о привлечении высококвалифицированных научных кадров. Вопрос кадров, наверное, один из важнейших. Вспомним, как создавалось первое ядерное оружие в нашей стране или Америке — к проектам были привлечены лучшие умы, мировая интеллектуальная элита. И наши, и американские специалисты целеустремленно занимались созданием такого оружия. Делалось это по разным причинам — американцы потому, что боялись немцев, мы — потому, что боялись американцев. Однако потом большинство из этих людей уходило из проектов. И, мне кажется, моральный и профессиональный уровень тех, кто занимается военными задачами сейчас, ниже, чем был тогда, в ту героическую эпоху. Вот это и делает подобные программы еще более дорогими как в моральном, так и финансовом плане.

Р. С. Думаю, многие ученые-ядерщики на первых этапах создания атомной бомбы ставили перед собой вопрос: где-то нужно остановиться. Но каждый решал его сам для себя. Именно по этой причине возникло знаменитое дело Оппенгеймера: он считал, что достаточно ядерного оружия и переход к водородной бомбе может привести только к трагедии — гибели человечества.

С. К. И был безусловно прав.

Р. С. Само по себе ядерное оружие, без водородного, могло бы служить достаточно сдерживающим фактором. Для Оппенгеймера это кончилось трагедией — он был подвергнут гонениям; напомню, что его выступления против следующего этапа работы над водородным оружием совпали с периодом маккартизма в США. Что касается нашей науки, то в период жесткой конфронтации, во времена холодной войны, почти никому и в голову не приходило остановиться на первом этапе. Энтузиазм, с которым наши ученые делали водородную бомбу, совершенно очевиден.

С. К. Он прекрасно отражен в мемуарах Сахарова.

Р. С. Как писал Сахаров, все они считали, что это необходимо для восстановления равновесия в мире. Понимаете, каждая из сторон, обсуждая тот или иной крупный

военный проект (это относилось и к генералам, и к ученым), исходила из **предположения о наихудшем**. Вот та основная логическая посылка, которая и привела к безудержной гонке вооружений.

Предполагалось, что потенциальный противник — самый коварный и способен на самые страшные действия. Поэтому, чтобы не оказаться в невыгодном положении, наша сторона должна была быть готовой ко всему. Вот это-то предположение о наихудшем и привело к тому, что сейчас имеется несколько десятков тысяч ядерных боеголовок и средств их доставки. В первые же послевоенные годы стало возникать огромное количество «почтовых ящиков»; целые поколения людей — ученых, инженеров — с институтской скамьи сразу же шагнули на закрытые военные предприятия, связав себя с ними навсегда. Страшно подумать — многие ушли на пенсию, так и не сделав ничего для нормальной, гражданской жизни, посвятив себя исключительно разработке новых средств уничтожения.

С. К. Это моральная трагедия поколений.

Р. С. А также растление душ и умов научно-технической интеллигенции. Мне кажется, нынешняя молодежь уже не пойдет по этому пути только из соображений патриотизма или высокой зарплаты (сегодня талантливый инженер скорее поступит в кооператив).

С. К. В раскручивании гонки вооружений большую роль играла, на мой взгляд, секретность. Как раз она и приводила к варианту с наихудшим возможным исходом. Однако мне всегда казалось, что цель такой секретности — не столько предотвратить утечку информации, составляющей государственную тайну, сколько установить жесткий контроль за людьми, получить возможность держать их в узде.

Р. С. Это еще и способ обманывать начальство, а в конечном счете, общество — налогоплательщиков.

С. К. Один весьма авторитетный человек, не буду называть его фамилии, говорил мне: «Серьезный государственный секрет не живет больше полугода. Так или иначе, все становится известным».

Р. С. Сейчас настолько изменилась сама структура прикладных научных исследований, что какие-то новые концептуальные секреты больше, чем полгода, не могут существовать. Наверное, имеет смысл говорить лишь о чисто технологических, «кухонных» секретах, но тем не менее вся система секретности сохраняется, и, надо сказать, ее весьма успешно использовали,

чтобы отказывать, например, в выезде из СССР.

С. К. Я бы назвал все это режимом управления малоуправляемым сообществом — научно-технической интеллигенцией.

Р. С. Но ведь совершенно очевидно, что такая гипертрофированная секретность чрезвычайно нерентабельна. Создаются непроницаемые барьеры не только между ведомствами и «почтовыми ящиками», но даже в одном «ящике» существуют коллективы, не имеющие ни малейшего представления о том, чем занимаются в соседней комнате. И в результате — распыление средств, дублирование...

С. К. ...и безответственность тех, кто прикрыт этим «железным занавесом». Поэтому переход к гласности, открытому обществу — существенный фактор. Тем более, что настоящая наука всегда была открытой.

Р. С. Недавняя международная конференция по проблемам СОИ — пример того, как в обстановке гласности можно обсуждать даже отдельные технические особенности оборонных проектов, не говоря уже о стратегических. Это был пример настоящего международного диалога, и баррикада проходила не между советским и американским научным сообществом, а внутри каждого из присутствовавших. Думаю, в значительной степени благодаря гласности Р. Рейган и был вынужден на каком-то этапе, чтобы снять возражения о стратегической дестабилизации, пообещать поделиться технологией СОИ с Советским Союзом.

С. К. В беседе со мной Э. Теллер, один из руководителей программы, предлагал начать работы над совместным проектом, утверждая, что это необходимо, чтобы предотвратить угрозу нападения со стороны некоторых стран третьего мира.

Р. С. Не вспоминается ли вам в связи с этим знаменитый эпизод с Н. Бором, который в 1945 г. специально просил У. Черчилля принять его, дабы, убедить в необходимости поделиться с Советским Союзом технологией создания атомной бомбы?

С. К. А Черчилль хотел посадить Бора в тюрьму. Ведь в довершение всего в этот момент Бор получил письмо от моего отца с предложением «обсудить общие проблемы». Об этом письме английская разведка тут же донесла Черчиллю.

Р. С. Зато Р. Рейган спустя 40 лет уже был готов поделиться с нами технологией СОИ.

С. К. Я бы назвал это диалектикой гонки вооружений. Видимо, американский

президент нуждался в совместном обосновании необходимости программы СОИ.

Р. С. Мне кажется, эта диалектика привела к глобальной взаимозависимости, о чем неоднократно говорил М. С. Горбачев: теперь уже никто не может себе позволить безнаказанно, в одностороннем порядке владеть как палочкой-выручалочкой каким-то новым видом вооружения. Все связано в этом мире.

С. К. Да, Земля стала тесной.

Сейчас, мне кажется, в нашей стране, при демилитаризации общества, отношения к жизни очень серьезно стоит вопрос об обосновании необходимости крупных научных проектов. Приходится думать о том, откуда брать деньги, на что расходуются, куда идут ресурсы страны. Как при новом подходе найти столь большие суммы и доказать жизненную важность крупных проектов, например, в области физики высоких энергий, плазмы, исследований космического пространства или астрономии (ведь в свое время и радиотелескоп РАТАН-600, и оптический телескоп с 6-метровым зеркалом тоже строились с помощью ВПК)? Помня о той тяжелой ситуации, в которой находится наша экономика, можно ли оправдать подобные затраты?

Р. С. Каким бы глубоким ни был экономический минимум, которого, возможно, мы еще и не достигли, приносить в жертву весь накопленный опыт, квалифицированные научные кадры, остановив развитие большой науки, мы не имеем права. Нужно найти разумный способ обеспечить выживание фундаментальной науки, ее человеческого потенциала. То, что происходит сегодня, поистине трагично. Одновременно с большой наукой в сложном положении оказались и области техники, связанные, скажем, с пилотируемыми полетами, с «Буранами» (я беру примеры из близкой мне области). Повторяю, совершенно необходимо сохранить тот «посевной» материал, который нам, безусловно, понадобится на следующем витке экономического развития; и я надеюсь, что, перейдя к рыночной экономике, мы дождемся лучших времен, вновь почувствуем себя членами мирового сообщества развитых стран.

Но как поступить сейчас? Происходящее сегодня вселяет мало надежд. По-прежнему в области наукоемкой техники, граничащей с фундаментальной наукой, напускается много тумана. Второй год подряд бюджет гражданской космонавтики одним чохом объединяет все — и чисто научный космос, и пилотируемые полеты, скажем,

работу на станции «Мир», и запуски «Буранов». До сих пор наша космическая наука, на которую, кстати, идет не более 1—3 % всего космического бюджета, выстужает в рули бедного родственника. В бюджете отсутствует строка, в которой было бы четко записано, сколько и для каких целей планируется создать космических аппаратов научного назначения. А в США, например, если НАСА, чисто гражданская организация, проводит отдельные запуски шаттлов в интересах Министерства обороны США, это специально оговаривается, и Министерство обороны платит НАСА за такие запуски. У нас же до сих пор не могут откровенно сказать, сколько стоит космическая наука. Боюсь, в таком же положении находятся физика высоких энергий, молекулярная биология и многое другое.

И вот тут я бы обратился к опыту ВПК, который издавна свою помощь чисто научным, престижным проектам рассматривал как хобби — я бы назвал это первым опытом конверсии. Им и нужно в дальнейшем воспользоваться и развивать, но смотря при этом правде в глаза и никого не обманывая. Именно оборонная промышленность, накопившая огромный организационный опыт, владеющая современнейшими технологиями, которых нет на «гражданке», сосредоточившая квалифицированные кадры, могла бы сейчас сделать многое.

С. К. Существует еще один важный момент — сознание людей, которое меняется медленнее всего. И если высшие государственные деятели нашей страны коренным образом его изменили, то не стоит забывать о других звеньях, где процессы перестройки практически отсутствуют. Я имею в виду тот же ВПК, многих руководителей промышленности, научных учреждений. Да и сама союзная Академия наук в каком-то смысле оказалась милитаризована присутствием в ней большого числа людей, которые и вошли-то туда только благодаря своим малоизвестным заслугам в области создания новых типов вооружения.

Р. С. Сакраментальная фраза, которая произносилась всегда в таких случаях на академических выборах: «Если бы мы только могли вам рассказать все о научной деятельности данного кандидата, вы бы согласились, что он достоин избрания; поэтому давайте выберем тов. N в академики».

С. К. А потом тов. N выдвигал тов. M, и так — по всему алфавиту.

Р. С. Избирали даже тех, чей основной, а быть может, и единственный, вклад в науку состоял в развитии системы противоракет-

ной обороны, которая в конце концов оказалась запрещенной.

С. К. Самое печальное, что милитаризация науки коснулась и образования. Ряд наших крупных учебных институтов, таких как Московский физико-технический, Московский инженерно-физический, и целые факультеты и кафедры многих университетов оказались, по существу, довольно серьезно «повязаны» поставкой кадров ВПК. Как решать эту проблему сейчас?

Р. С. Ее, мне кажется, следует решать как важный составной элемент программы конверсии оборонной промышленности, особенно выделив конверсию образования. Прежде всего в этом должны быть заинтересованы «почтовые ящики»: в них придут молодые инженеры, ученые, способные создавать сложные, основанные на новой технологии товары, которые могли бы конкурировать с зарубежными на гражданском рынке.

С. К. Не так давно в «Правде» я прочел статью, посвященную конверсии. В ней один высокопоставленный чиновник, размышляя над тем, как оборонному предприятию перейти на выпуск швейных машин, заявил, что для этого необходимы большие средства, тогда, быть может, лет через пять будет налажен выпуск таких машин, отвечающих, как он утверждал, мировым стандартам. Мне тут же вспомнилось, как в первые недели войны многие наши предприятия, например завод в Подольске, выпускавший швейные машины, должны были переходить на выпуск оружия. Представляете, что стало бы с директором этого завода, если бы на соответствующем совещании он сказал, что перейти на автоматы и пулеметы они смогут через 4—5 лет?! Тогда спорили не о годах, а о днях или неделях — и ведь речь тоже шла о переходе с одного вида промышленной продукции на другой. Так можно ли с таким менталитетом двигаться дальше?

Р. С. В качестве некоторого оправдания должен отметить, что мировая гражданская промышленность все эти годы тоже не дремала, был сделан колоссальный шаг вперед. Ведь холодильники, стиральные машины, всевозможные кухонные комбайны, не говоря уже о персональных компьютерах, — т. е. все, что шло на коммерческий рынок, стало необычайно сложным. Однако то, что наша оборонная промышленность не способна освоить эту гражданскую технику, показывает, что долгие годы нас водили за нос. Потому что невозможно проконтролировать, что делается за стенами «почтового ящика». А может быть, и слава Богу, что нельзя было проверить

качество и надежность многих создаваемых там изделий.

С. К. Ну почему же — это проверялось в таких местах, как Афганистан, Вьетнам, Ближний Восток...

Р. С. ...причем, не всегда удачно. Однако то, что идет на гражданский рынок, проверяется прежде всего потребителем. И вот здесь обмануть невозможно. Поэтому молодое поколение инженеров и научных работников, которые пойдут в отрасли промышленности, связанные с ВПК (надеюсь, шагреновая кожа военного бюджета будет уменьшаться), необходимо готовить как универсальных специалистов. Возможно, не стоит, скажем, в Физико-техническом институте рассказывать о конструкциях современных швейных машин, но очень важно, чтобы будущий инженер или научный работник был подготовлен к перепрофилированию. Вопрос об универсализме высшего образования становится теперь еще более острым.

С. К. Иными словами, давать образование, а не обучать конкретным навыкам, чем так страдает система высшего образования в нашей стране. Правда, то же можно сказать и об американском высшем образовании, достаточно прагматичном. В этом смысле гораздо лучше европейские стандарты.

Р. С. Стоит вспомнить о европейском опыте финансирования науки, и решая вопрос о том, кто должен оплачивать большую науку, такие ее крупномасштабные проекты, как космические или, например, ускорители больших энергий. Скорее нам, действительно, подойдет не американская, а европейская модель, так как бюджет, например, ЦЕРНа строится из вкладов отдельных стран-участниц.

Ситуация в нашей стране на пороге заключения союзного договора становится особенно тяжелой. Меня очень беспокоит тот чисто прагматический, я бы даже сказал, авантюристический подход; который сейчас прослеживается в ряде республик, — как можно быстрее получить отдачу от науки. Не случится ли в конце концов так, что республики взвалют всю ответственность за развитие фундаментальной науки на одну Российскую Федерацию?

С. К. А ведь крупные ускорители есть в Армении и на Украине, станции по регистрации космических лучей построены в Казахстане и республиках Средней Азии. Таких примеров можно привести множество. Мы видим, что большая наука рассредоточена.

Р. С. Мне кажется, ее судьба, то,

как она будет финансироваться,— важная составная часть будущего союзного договора. Иначе наука погибнет; боюсь, может начаться гонение на нее со стороны руководителей отдельных республик. Кстати, если сегодня будет претворяться в жизнь идея создания Российской академии наук, это может привести к появлению центробежных тенденций — науку начнут растаскивать по республикам, а каждая республика в конечном счете с легкостью может объявить, что она поддерживает только прикладные исследования. В итоге фундаментальная наука исчезнет.

С. К. А ее лучшие специалисты уедут в крупнейшие научные центры за рубежом. Так что же делать?

Р. С. Мне кажется, Верховному Совету СССР, его Комитету по науке, возглавляемому Ю. А. Рыжовым, республиканским Верховным Советам, прежде всего РСФСР и Украины, необходимо вынести решения, согласно которым фундаментальная наука должна иметь специальные ассигнования из союзного бюджета, в который республики направляют определенную долю средств. Речь идет о таком же специальном отчислении, как и на единую союзную оборону. К сожалению, этому мешают падающий авторитет главного штаба нашей науки — союзной Академии.

С. К. По существу, с этим и связана идея создания Российской академии — как альтернатива существующей системе.

Р. С. А в результате мы оказались между Сциллой и Харибдой: не питая особых надежд по отношению к большой академии, создаем Российскую. Начинать же, на мой взгляд, следует с нескольких мирных глобальных программ, таких, например, как экологические, на примере которых можно было бы показать, как происходит конверсия науки.

С. К. Причем экологическую программу нельзя решать в рамках отдельного района, республики, а только в рамках всей страны, еще лучше — международных проектов. Так экология автоматически ведет к объединению.

Р. С. Притом она многодисциплинарна. Думаю, никто не станет отрицать, что следующие поколения землян вынуждены будут рассматривать экологическую деятельность как, возможно, основную. К сожалению, сегодня общественное сознание не в состоянии оценить подлинной опасности экологических проблем. Истинный масштаб необходимых на них затрат в нашей стране сравним с затратами на оборону. Почему бы именно к ним не применить психологию, успешно развитую в ВПК,— принятие решений на основании **наихудших сценариев**. Здесь бы она была действительно оправданной и эффективной.

С. К. Сейчас, когда особенно отчетлива тенденция перевести все на рубли или доллары, положение большой науки внушает тревогу. Как и культура, фундаментальная наука не допускает коммерциализации. В ней совершенно необходимы плановое начало, те традиции государственного управления, которые у нас были развиты, как это ни парадоксально, в старой экономической системе.

Указ Президента СССР о статусе Академии наук СССР, несомненно, подчеркивает то особое положение, которое она занимает. Однако не в ней одной может и должна быть сосредоточена фундаментальная наука, так как опять нарушается связь между фундаментальной наукой и высшей школой. Видимо, в стране должно быть несколько альтернативных структур управления наукой и образованием. Так, в России образован единый Государственный комитет на науке и высшему образованию. С другой стороны, именно по этому пути должны идти поиски возможностей для общественных форм организации жизни науки; ими могут стать как научные общества, так и Российская академия наук. Появление большого научно-технического актива при демилитаризации нашей науки должно способствовать такому процессу.

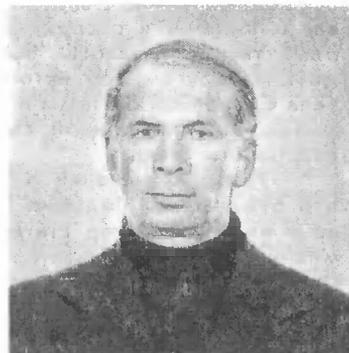
Беседу записала **Н. Д. Морозова**.

Подобие в геофизике

М. А. Садовский, В. Ф. Писаренко



Михаил Александрович Садовский, академик, почетный директор Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР, председатель Междуведомственного совета по сейсмологии и сейсмостойкому строительству АН СССР. Специалист в области физики взрыва, сейсмологии и геофизики. Лауреат Ленинской и Государственных премий. Награжден медалью М. В. Ломоносова.



Владимир Федорович Писаренко, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией статистических методов в геофизике Международного института теории прогноза землетрясений и математической геофизики АН СССР. Область научных интересов — теория вероятностей, математическая статистика и сейсмология.

ГОРНЫЕ ПОРОДЫ, слагающие литосферу Земли, чрезвычайно разнообразны по своим свойствам. Недаром, будучи исходным сырьем для получения основных материалов, используемых человеком, они обеспечивают нас как энергией, так и строительными, конструкционными и химическими средствами. Разнообразие столь велико, что трудно выделить какое-либо свойство, общее для всех пород. Единственным, пожалуй, является дискретность, поскольку любая горная порода, любой массив пород состоит из отдельных фрагментов.

Наблюдая Землю из космоса, мы видим, что ее поверхность разбита на геоблоки размером в тысячи километров. В свою очередь, эти огромные структуры состоят из блоков, измеряемых десятками и сотнями километров. Если перейти к меньшим масштабам, обнаружатся отдельные скалы, глыбы горной породы, размеры которых от сотен метров до нескольких километров, а также слагающие их камни, щебень, песок. Столь же сложно устроены и отдельные песчинки: при большом увеличении различимы системы микротрещин, разделяющих их на еще более мелкие частицы.

Геоблоки разграничены огромными разломами, ширина которых достигает многих десятков километров. С уменьшением размеров блоковых структур уменьшается и ширина разделяющих их разломов. Так, трещины между глыбами горной породы, хорошо различимые в стенках какого-нибудь карьера, измеряются сантиметрами и долями сантиметра. Наконец, рассматривая шлифы горных пород под микроскопом, мы видим микротрещины шириной в микроны и даже доли микрона. Как правило, материал, заполняющий разломы и трещины, идентичен материалу самих блоков, но обладает меньшей прочностью из-за обилия трещин, присутствия флюидов, снижающих трение между соседними блоками, изменения фазового состояния вещества и т. д.

Описание горной породы в виде вложенных одна в другую систем блоков (отдельностей) разного масштаба, разделен-

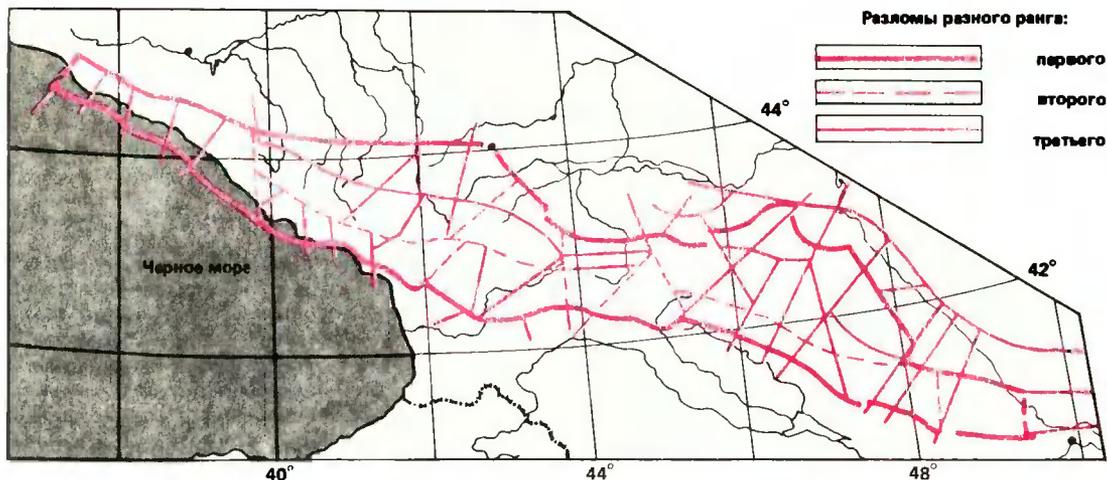


Схема морфоструктурного районирования Большого Кавказа [по Гвишиани А. Д. и др., 1987], иллюстрирующая блоково-иерархическое строение земной коры. Крупные блоки горной породы состоят из более мелких, как бы вложенных друг в друга. Все блоки разделены трещинами-разломами, ширина которых определяется размерами самих блоков.

ных прослойками из менее прочного вещества, объясняет значительно меньшую прочность горной породы в массиве по сравнению с прочностью этой же породы в малых образцах. Именно прослойки — разломы и трещины — обуславливают возможность перемещения отдельных блоков друг относительно друга под действием внешних сил. Поэтому естественно наше желание понять, насколько существенна дискретность горных пород, никак не учитываемая в науке и технике, где широко и небезуспешно используется представление о них как о сплошной среде с определенной линейной упругостью.

ДИСКРЕТНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД И ДРУГИХ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Во многих работах, посвященных изучению свойств и технологии обработки горных пород, а также в специальных справочниках собраны обширные данные о размерах как природных кусков породы, так и фрагментов, образующихся при различных способах ее обработки.

На основании этих данных были построены распределения блоков по размерам в широком диапазоне масштабов — от огромных геоблоков до микронных частиц, получаемых при размоле горной породы на мельницах¹. Сопоставляя результаты, удалось обнаружить неожиданное свойство ис-

следованных распределений: наличие преимущественных размеров, встречающихся чаще других. (Природа как бы предпочитает некоторые размеры другим.) Установлено также, что последовательность преимущественных размеров L образует геометрическую прогрессию с показателем K ($K=L_{i+1}/L_i$), мало меняющимся для пород любого состава и происхождения.

Опыт показал, что независимо от условий и в широком диапазоне масштабов величина K , варьируя от 2 до 5, имеет среднее значение, близкое к 3,5 (таблица). Это свидетельствует о своеобразном подобии в любых процессах образования блоков горных пород. Например, мы обнаруживаем подобие в распределении по размерам таких, казалось бы не связанных друг с другом, объектов, как небесные тела Солнечной системы и частицы, обнаруживаемые электронной съемкой в шлифе кварцевого стекла.

Разброс значений K указывает на то, что отмечаемое подобие несколько условно и имеет характер статистический. Несомненно, множество факторов, зависящих от свойств самих горных пород, условий их образования и т. п., должно было сыграть какую-то роль в формировании значений K . Однако оцененные нами его вариации для огромного диапазона масштабов (более 15 порядков!) незначительны — $K=3,5 \pm 0,9$. Обнаруженное подобие позволяет описывать горные породы как системы вложенных друг в друга и подобных друг другу блоков разных размеров, подчиненных иерархическому распределению.

¹ Садовский М. А., Болковитинов Л. Г., Писаренко В. Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. М., 1987.

Преимущественные размеры L и значения K (цвет) для различных природных и техногенных блоков

Глобулы кварцевого стекла, 10^{-6} м	0,35	0,83	3,7	8,5	28	50	135	
Частицы молотого торфа, 10^{-6} м		2,4	4,5	2,3	3,3	1,8	2,7	
		0,75	2,2	9	26	52	195	
			2,9	4,1	2,9	2	3,8	
Частицы грунта при гранулометрическом анализе, 10^{-3} м		0,5	1,7	4,3	16	71		
			3,4	2,5	3,7	4,4		
Неоднородности, измеряемые сейсмоакустикой, 10^{-3} м	0,15	0,33	1,1	3				
		2,2	3,3	2,7				
Куски породы при взрывах, 10^{-3} м				2,4	12	32	84	
					5	2,7	2,6	
Блоки породы, измеренные при строительстве ГЭС, м	0,6	2,1	9	45	200			
		3,5	4,3	5	4,4			
Блоки земной коры, 10^3 м	70	120	500	1200	3200			
		1,7	4,2	2,4	2,7			
Геоблоки, 10^5 м	5	11,5	33					
		2,4	2,9					
Тела Солнечной системы, 10^6 м	0,014	0,033	0,08	0,22	1,2	4	12	50
		2,4	2,4	2,8	5,5	3,3	3	4,2

САМОПОДОБНЫЕ ДИССИПАТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ В ЛИТОСФЕРЕ

Из-за тектонических движений составляющих литосферу горных пород она непрерывно подвергается силовым воздействиям. Движения эти обусловлены как энергией, поступающей из недр в результате гравитационной дифференциации земного вещества, так и космическими факторами: изменением силы тяготения Луны и Солнца при движении Земли по орбите, атмосферными движениями, вызванными Солнцем, и т. п. Под их влиянием открытая сложная система (горная порода) вступает в энергомассообмен с окружающей средой. Слагающие ее блоки, испытывая упругие напряжения, воспринимают дополнительную энергию извне и передают ее от блока к блоку. При этом энергонасыщенность отдельных блоков системы может превзойти так называемую энергетическую прочность, что приведет их в состояние неустойчивости. Блоки будут либо расчленяться, либо, наоборот, объединяться с соседними в единое целое.

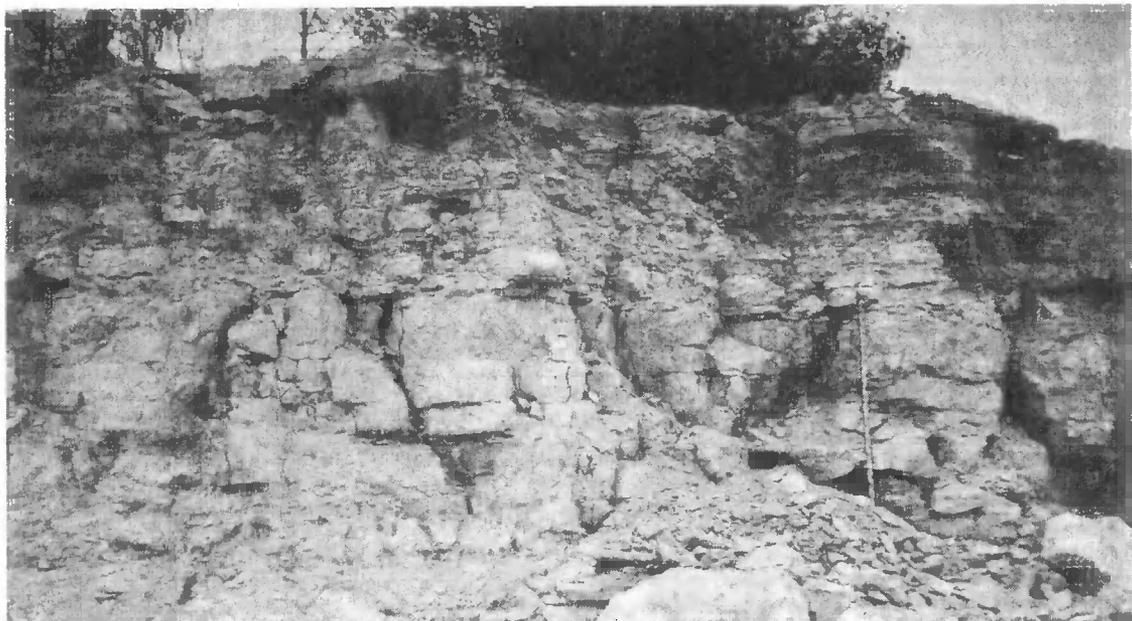
Потеря устойчивости сопровождается излучением упругой энергии в виде сейсмических волн, ощущаемых на поверхности Земли как землетрясения. Доля этой энергии в балансе всего процесса потери устойчивости блока невелика — до 5%. Разрушение малых (метры и доли метра) блоков

ведет к излучению коротких волн — акустическому шуму, который обнаруживают приборы, установленные в буровых скважинах на глубинах, исключающих внешние звуковые помехи. Известные микросейсмы с характерными периодами в 1—6 с обязаны своим происхождением излучению энергии более крупными блоками (от сотен метров до нескольких километров).

Описанный процесс разрушения протекает непрерывно во всем объеме литосферы, и также непрерывно меняется сама литосфера, приспосабливаясь к внешним воздействиям. Процесс этот — самоорганизующийся. Важнейшим его свойством является неизменность горной породы — она остается сложной блочно-иерархической системой, способной к энергомассообмену с окружающим миром и, следовательно, способной вновь и вновь участвовать в сейсмическом процессе.

СЕЙСМИЧНОСТЬ В ДИСКРЕТНОЙ СРЕДЕ

Как уже отмечалось, до недавнего времени при решении многих научно-технических вопросов породы земной коры было принято моделировать сплошной линейно-упругой средой. Опыт показал, что в условиях статики такой подход обеспечивает удовлетворительные результаты. Однако при переходе к геодинамическим задачам использование сплошной линейно-



Горная порода, расчлененная на блоки системой трещин разного размера. Хорошо видно, что крупные блоки состоят из множества более мелких. [Длина нивелировочной рейки в правой части снимка около 3 м.]

упругой модели оказалось неэффективным. Это и не удивительно, если вспомнить, что одним из наиболее очевидных свойств твердой горной породы является дискретность, расчлененность на куски, а никак не сплошность.

Пожалуй, особенно наглядно это обстоятельство проявляется при изучении процессов в очаге землетрясения. Традиционное их описание сводилось к тому, что землетрясение отождествлялось с разрушением горного массива трещиной. Считалось, что вопрос о том, как готовится и каким образом происходит землетрясение, сводится к изучению трещинообразования в сплошной горной породе.

Согласно нашей модели, сейсмическая энергия заключена в некотором объеме горной породы — блоке, теряющем устойчивость при энергообмене с окружающей средой. В новом понимании сейсмический очаг — это неустойчивый блок породы, т. е. геологическая реальность, обладающая известными размерами и определенным местоположением. Совокупность сейсмических очагов заполняет в пространстве некие объемы, способные сохранять свою конфигурацию и функционировать в течение длительного (геологи-

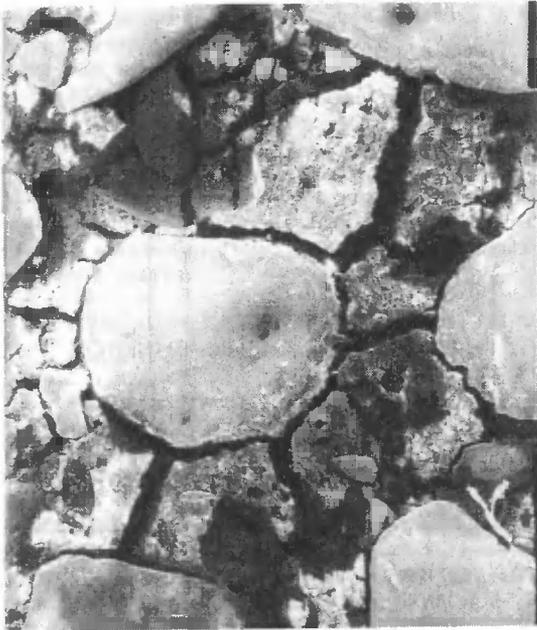
ческого) времени. Как правило, отдельные сейсмические очаги занимают объемы, состоящие из различных горных пород, заметно различающихся свойствами, в том числе и энергетической прочностью. Однако, если рассматривать Землю в целом, энергетическая прочность пород любых сейсмических очагов будет примерно одинаковой. Иными словами, энергию землетрясения в первом приближении можно считать пропорциональной объему очага.

Обработав информацию о сотнях землетрясений, происходивших в разных частях земного шара, мы определили среднее значение отношения выделившейся в очаге энергии E_c (в эргах) сейсмических волн к объему V (в см^3) самого очага. Под сейсмическим очагом мы, следуя японским сейсмологам И. Тсубои и К. Касахаре, понимаем объем горной породы, занятый афтершоками землетрясения. Результат приближенно можно выразить следующим соотношением:

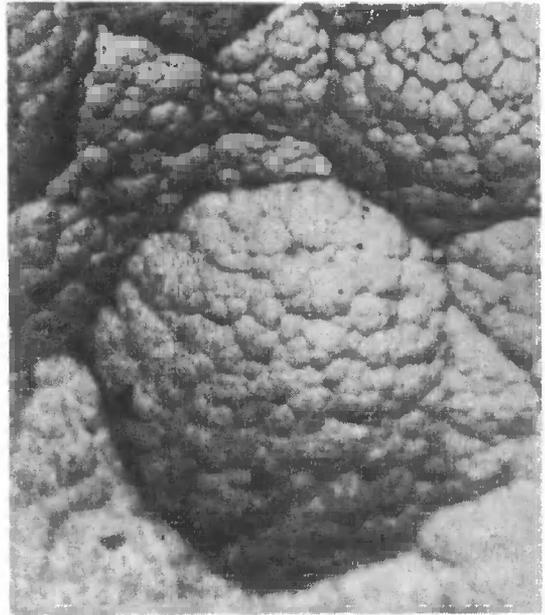
$$\lg E_c = \lg V + 3, \quad (1)$$

из которого видно, что сейсмическая энергия, отнесенная к объему очага, невелика — примерно 10^3 эрг/ см^3 .

Как уже отмечалось, сейсмическая энергия составляет лишь малую долю всей энергии, выделяющейся в очаге — 1—5%. Остальная энергия идет на разрушение породы, трение, подъем горных масс,



Примеры малых по масштабу отдельностей в твердых телах. Слева: микрофотография шлифа бетона, протравленного соляной кислотой [увелич. 230]. Видны отдельности размером от десятых до сотых долей миллиметра и прослойки между ними, ширина которых в десятки и сотни раз меньше. Справа: электронограмма шлифа кварцевого стекла, протравленного плавиковой кислотой [увелич. 25 000]; характерные размеры различных здесь отдельностей — микроны, десятые, и сотые доли микрона.



выделение тепла при пластических деформациях и т. д. С учетом этого критическая «энергетическая прочность»² горных пород ($E_{кр}$), т. е. плотность упругой энергии в объеме очага непосредственно перед землетрясением, составляет примерно 10^5 эрг/см³.

Отождествление сейсмического очага с объемом, «заполненным афтершоками», приводит к допущению, что любая точка очага может стать гипоцентром землетрясения. В соответствии с этим пло-

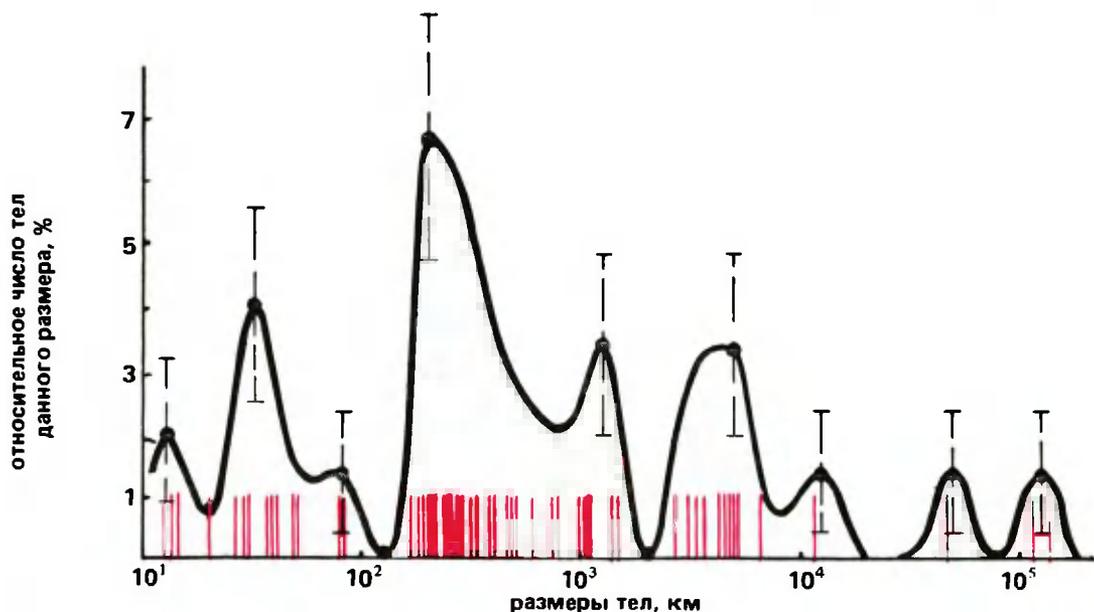
щадь, занятая эпицентрами слабых землетрясений на поверхности Земли, есть не что иное, как проекция сейсмогенерирующего объема на эту поверхность, а сам объем, в свою очередь, соизмерим с объемом максимального для данного места очага землетрясения. Этот факт можно использовать для оценки максимальной силы землетрясения, возможного в данной области³.

САМОПОДОБИЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Описываемую формулой (1) пропорциональность энергии землетрясения и размеров сейсмического очага можно рассматривать как своего рода самоподобие землетрясений (независимость этого соотношения от масштаба землетрясения). Столь же важен вопрос о соотношении временных характеристик процесса с энергией. В качестве одной из таких характеристик можно взять время подготовки землетрясения — интервал t между двумя землетрясениями равной силы, происходящими примерно в одном и том же месте. Время t , или сейсмический цикл, впервые ввел С. А. Федотов для сильнейших землетрясений Курило-Камчатского региона. Это величина статистическая, спо-

² Термин «энергетическая прочность» применительно к сейсмическому режиму ввел Ю. В. Ризниченко (общее же понятие энергетической прочности восходит еще к Максвеллу). Под энергетической прочностью Ризниченко понимал «предельную величину плотности энергии, при которой разрушение среды приобретает лавинный характер — возникает большое землетрясение». Мы же вкладываем в этот термин более общий смысл: энергетическая прочность — это предельная критическая плотность упругой энергии горных пород, при достижении которой они становятся механически неустойчивыми, и дальнейшая подкачка энергии в породу приводит к быстрой динамической перестройке структуры породы, сопровождаемой выделением сейсмических волн — землетрясением.

³ Садовский М. А. // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1989. № 8. С. 3—14.



Распределение размеров небесных тел Солнечной системы — планет, малых планет, спутников, крупных астероидов, свидетельствующее о самоподобии этих тел. Цветными штрихами обозначено положение небесных тел на оси размеров. Отчетливо видна неравномерность распределения тел по размерам: наряду с плотными сгущениями (отмечены точками) имеются области, где небесных тел нет. Среднее значение составляет 3,3 (величины стандартных отклонений показаны пунктиром).

собная варьировать в широких пределах. Однако в результате обработки большого числа землетрясений нам удалось показать, что средняя зависимость τ (в годах) от сейсмической энергии E_c (в джоулях) удовлетворительно описывается выражением:

$$\lg \tau = \frac{1}{3} \lg E_c - 3,5. \quad (2)$$

Другой величиной, характеризующей временной ход сейсмического процесса, может служить промежуток времени Δt от момента появления первых предвестников землетрясения до главного толчка. Установлено много разного рода предвестников, но все они имеют вероятностный характер: возможны как землетрясения без явно выраженных предвестников, так и предвестники без последующих землетрясений. Определенная по экспериментальным данным⁴ усредненная зависимость величины Δt (годы) от сейсмиче-

ской энергии землетрясения E_c (джоули) имеет следующий вид:

$$\lg \Delta t = \frac{1}{3} \lg E_c - 4,5. \quad (3)$$

Соотношения (2) и (3) линейно связывают логарифмы временных характеристик τ , Δt с логарифмом сейсмической энергии E_c . Для подобных соотношений увеличение энергии в A раз соответствует увеличению τ или Δt в определенное число раз (в нашем случае в $A^{1/3}$ раз), независимо от исходного значения энергии. Такое свойство можно назвать автомодельностью (самоподобием).

Автомодельность проявляется и в одном из фундаментальных законов сейсмологии — законе повторяемости землетрясений, открытом американскими сейсмологами Б. Гутенбергом и К. Рихтером. Этот закон гласит: для логарифма среднего числа землетрясений N с энергиями не менее E , происходящих в некоторой области за год, справедливо следующее соотношение:

$$\lg N = \alpha - \gamma \lg E, \quad (4)$$

где α и γ — некоторые константы (α сильно варьирует от региона к региону, определяя уровень сейсмичности, а γ почти везде близка к 0,5).

В упрощенной форме закон Гутенберга — Рихтера можно переформулировать следующим образом: если взять любое число $a > 1$, то на каждое землетрясение энергии E приходится в среднем $a^{\gamma} \cong \sqrt{a} > 1$ землетрясений меньшей энергии E/a , незави-

⁴ Садовский М. А., Болховитинов Л. Г., Писаренко В. Ф. Указ. соч.

симо от величины E . Таким образом, и в этом случае подтверждается автомодельный характер землетрясений⁵.

Важно, что существование автомодельности сейсмического процесса позволяет рассчитывать на возможность успешного его моделирования как в лабораторных условиях, так и используя результаты наблюдения часто происходящих слабых землетрясений, например так называемых горных ударов в шахтах.

СЕЙСМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И ПЕРКОЛЯЦИЯ

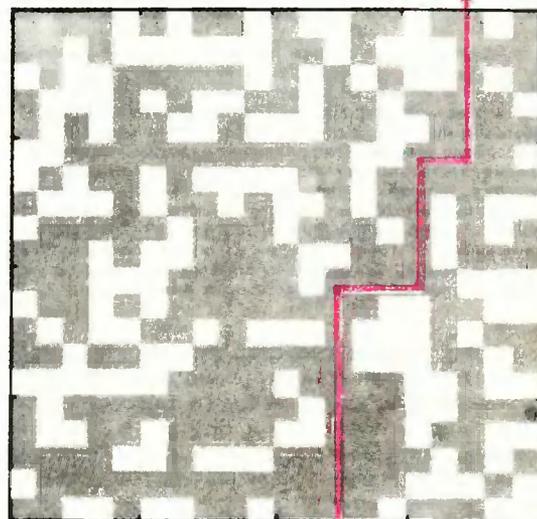
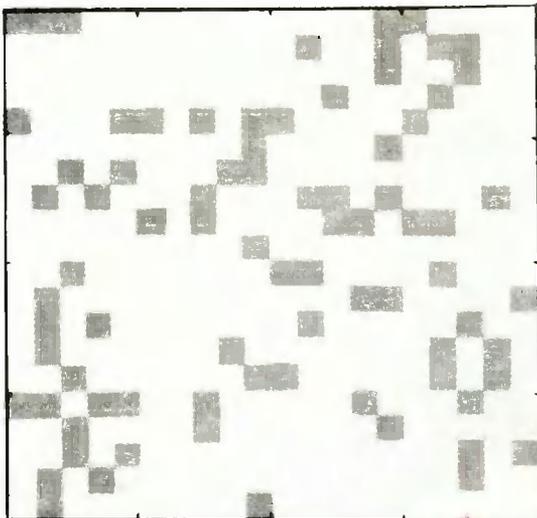
Как уже отмечалось, система нелинейно взаимодействующих блоков земной коры непрерывно подпитывается энергией за счет тектонических движений, радиоактивного тепла и т. п. В сейсмоактивных регионах эта подпитка выше, а сама блоковая система выражена гораздо ярче. Рассеивается энергия также по-разному. В асейсмических регионах для диссипации поступающей энергии «хватает» следующих механизмов: переход в тепло через релаксацию пород, внутреннее трение, обычное трение и крип на разломах разного ранга, а также через микроземлетрясения и очень слабые землетрясения, происходящие в любом регионе Земли.

В сейсмоактивных регионах для рассеивания поступающей энергии подобных «стоков» недостаточно. Здесь диссипация неминусово сопровождается не только слабыми, но и сильными землетрясениями катастрофического характера. Подобные катастрофы (и не только в процессах, происходящих в земных недрах) имеют одну общую особенность: они сопровождаются появлением самоподобных структур.

Чтобы пояснить это утверждение, обратимся к так называемой перколяции⁶ — явлению совершенно другой природы, но сходному с землетрясениями по своей сути. Рассмотрим большую квадратную решетку узлов, каждый из которых может

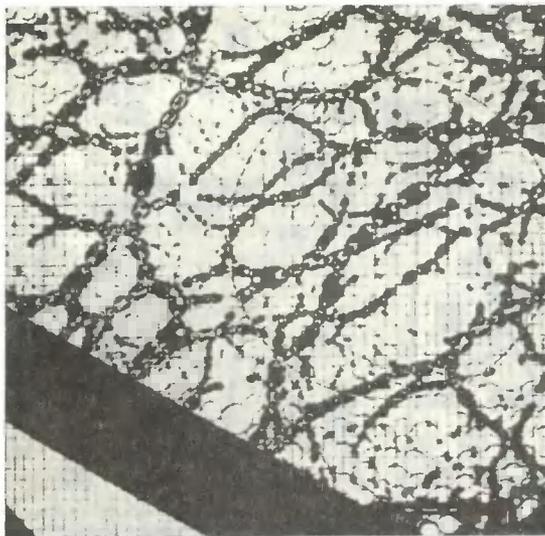
⁵ Аналогичные свойства самоподобия геологических циклов разного масштаба обнаружены нами и в работах С. Л. Афанасьев. Подробнее см.: Афанасьев С. Л. Определение геологического возраста по наноциклам // Математические методы анализа цикличности в геологии. М., 1984. С. 6—26.

⁶ Термин «перколяция» происходит от английского percolation (буквально — просачивание, протекание) и используется физиками для обозначения таких явлений, как просачивание жидкой или газовой фазы в пористой среде, прохождение электрического тока через разветвленную цепь с нарушениями проводимости и т. п. В настоящее время этот термин широко применяется не только в физике, но и в математике, эпидемиологии, теории разрушения.

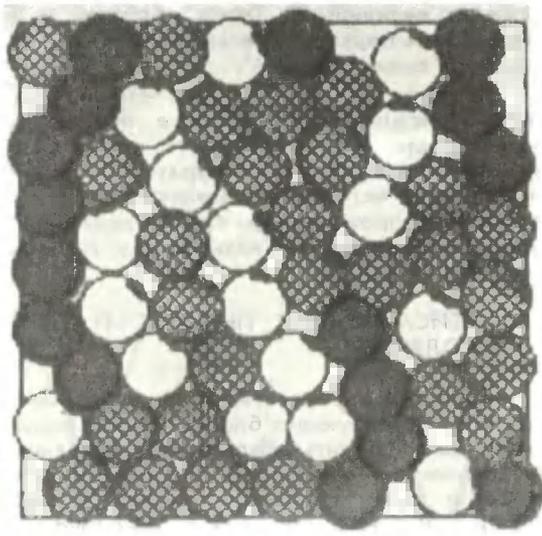


Решетки с дефектными (пропускающими) и целыми (блокирующими) узлами, позволяющие проиллюстрировать эффект перколяции. Принадлежность узла к тому или иному типу определялась с вероятностью p (вверху $p=0,2$; внизу $p=0,6$). При $p < p_{кр} \approx 0,59$ дефектные узлы (темные клетки) образуют изолированные кластеры и протекания по дефектным узлам нет. При $p > p_{кр}$ возникает эффект перколяции (показан один из возможных путей протекания).

быть либо дефектным (пропускающим), либо целым (блокирующим). Принадлежность узлов к этим двум типам определяется случайно, независимым для разных узлов образом, причем вероятность образования дефектного узла равна p , а целого — $(1-p)$. При малых p дефектные узлы в основном изолированы. При увеличении p появляются кластеры дефектных узлов, отделенные друг от друга «проливами» из целых узлов.



Структура упругих дисков под нагрузкой [по Дрешеру А., Йоселен де Йонгу Ж., 1975]. Слева — совокупность (около 2 тыс.) напряженных фотоупругих дисков в жесткой форме: напряженные диски выглядят темными пятнами, а менее напряженным соответствуют светлые участки. Ясно различим «несущий каркас» — совокупность криволинейных структур, на которые приходится основная нагрузка. Справа — результат аналогичного вычислительного эксперимента (серые диски — слабо напряженные, черные — сильно напряженные, заштрихованные — в промежуточном состоянии). Также видны темные линейные структуры из дисков, несущих основную нагрузку.



кое изменение свойств куба или плоской решетки: возникает электропроводность, начинается проток жидкости или газа и т. п.

Аналогичное изменение свойств твердых веществ — их разрушение — при нагружении было открыто С. Н. Журковым с коллегами⁷. Они установили, что после того, как возникающие в твердых телах под нагрузкой дефекты (микротрещины) достигнут определенной критической плотности, вещество быстро разрушается. Таким образом, и здесь критическая плотность дефектов приводит к катастрофе.

Важнейшее свойство подобных экспериментов с решетками заключается в том, что существует критическое (пороговое) значение вероятности $r_{кр}$ и при $r > r_{кр}$ в достаточно большой решетке почти наверняка появится кластер дефектных узлов, связывающий верхнюю сторону квадрата с его нижней стороной. Иными словами, возможен переход по дефектным узлам с верхней стороны квадрата на нижнюю. (Это утверждение становится абсолютно справедливым при стремлении размеров квадрата к бесконечности.) Было найдено, что $r_{кр} \approx 0,59$.

В трехмерной среде также существует $r_{кр}$, или, как говорят, критическая плотность дефектов, при которой начинается перколяция. Здесь можно отойти от дискретной решетки и рассматривать случайное заселение большого куба дефектными сферами некоторого фиксированного радиуса r . Когда объемная плотность дефектов (отношение их суммарного объема к объему куба) достигнет значения $r_{кр} \approx 0,31$, произойдет протекание. Можно сказать, что при достижении критической плотности дефектов происходит своего рода катастрофа, т. е. рез-

Если, согласно представлениям механики разрушений материалов, принять, что дефектный объем, создаваемый микротрещиной размера d , равен примерно $6d^3$, то оказывается, что критическая объемная плотность дефектов в случае разрушения твердых тел равна примерно 0,3. Иными словами, она почти совпадает с перколяционной критической плотностью $r_{кр}$!

Когда этот эффект, названный авторами концентрационным критерием разрушения, попробовали применить к землетрясениям, оказалось, что он справедлив и в этом случае⁸. А именно, для Камчатской сейсмоактивной зоны был обработан каталог, содержащий около 28 тыс. землетрясений за 15 лет. «Дефектный объем», приписываемый землетрясению с энер-

⁷ Журков С. Н., Куксенко В. С., Петров В. А. Можно ли прогнозировать разрушение? // Будущее науки. Международ. ежегодник. Вып. 16. М., 1983. С. 100—111.

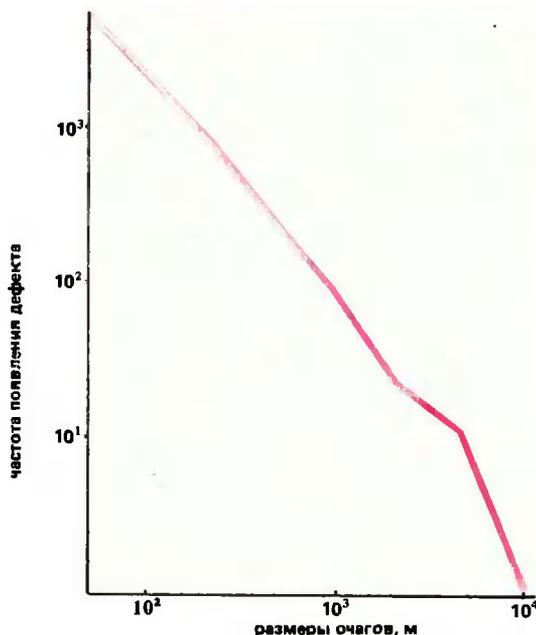
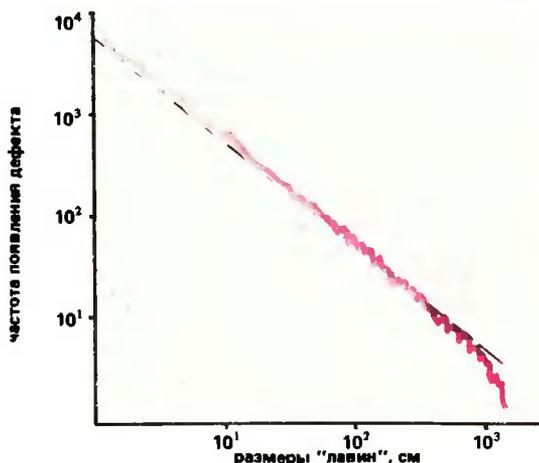
⁸ Соболев Г. А., Завьялов А. Д. // Докл. АН СССР. 1980. Т. 252. Вып. 1. С. 69—72.

гней E_c , брался по формуле (1). Оказалось, что в сейсмогенных объемах порядка $100 \times 100 \times 100$ км число землетрясений определенного энергетического класса, необходимых для подготовки одного сильного землетрясения, таково, что средняя объемная плотность очагов близка к критической перколяционной плотности дефектов, установленной на лабораторных образцах. Подобные данные получены и для землетрясений в районе Нурекской ГЭС в Таджикистане⁹.

АНАЛОГИЯ ПЕРКОЛЯЦИИ И ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА

Зависимость объемной концентрации дефектов, которая достигается к моменту разрушения, от их размеров оказалась справедливой в огромном диапазоне масштабов, превышающем 10 порядков. Отметим, что прямолинейная в двойном логарифмическом масштабе зависимость критической объемной концентрации от размера дефектов говорит о независимости концентрационного критерия разрушения от масштаба последнего и, соответственно, еще раз подтверждает самоподобие явлений такого рода.

Итак, слабые землетрясения ведут себя подобно дефектам в перколяции, а сильные — аналогичны катастрофам «протекания». Вместе с тем физиками обнаружено большое число явлений, имеющих характер фазового перехода 2-го рода, которые также хорошо моделируются перколяционной схемой¹⁰. В качестве примеров можно назвать проводимость в композитах сверхпроводник — металл, намагниченность разбавленных магнетиков и т. д. Для всех этих явлений, как и вообще для всех явлений вблизи границ фазового перехода, типична степенная зависимость измеряемых характеристик (свободная энергия, спонтанная намагниченность, восприимчивость, электропроводность и т. п.) от параметров процесса при приближении к критической точке. В приведенных выше примерах таким параметром чаще всего является температура. Для землетрясений в качестве возможного параметра, определяющего близость к моменту катастрофы, может служить



Соотношение размеров дефектов и частоты их появления для системы в «самоорганизованном критическом состоянии». Вверху: распределение по размерам для дефектных кластеров, полученных в вычислительном эксперименте, имитирующем образование «лавины» при насыпании кучи песка. Линейное распределение по размерам лавин соответствует «критическому состоянию», при котором одна песчинка может вызвать лавину любого размера. Внизу: график, отражающий закон распределения землетрясений по размерам их очагов (данные по Таджикистану). Линейная в значительном диапазоне размеров зависимость частоты появления «дефекта» (землетрясения) от размера генерирующего его очага доказывает, что система блоков земной коры также находится в «самоорганизованном критическом состоянии».

⁹ Куксенко В. С., Пикулин В. А., Негматуллаев С. Х., Мирзоев К. М. Долгосрочный прогноз землетрясений по кинетике накопления разрывов (Район Нурекского водохранилища) // Прогноз землетрясений. Душанбе, 1984. № 5. С. 139—148.

¹⁰ Ч е л и д з е Т. Л. Методы теории протекания в механике геоматериалов. М., 1987.

объемная плотность накопленной упругой энергии.

Таким образом, степенная зависимость (т. е. линейная зависимость в двойном логарифмическом масштабе) снова говорит нам о самоподобии широкого класса явлений типа катастроф или фазовых переходов. При этом основная информация о явлениях сосредоточена в показателях степеней этих критических зависимостей, иными словами — в критических показателях. Среди физиков существует уверенность, что критические показатели универсальны, т. е. практически не зависят от конкретных характеристик выбранной модели, а определяются в основном размерностью пространства, симметрией явления, наличием дальнедействующих корреляций¹¹.

Универсальность критических показателей вызывает исключительный интерес у исследователей, ибо она позволяет в принципе предсказывать важные свойства явлений типа катастроф и фазовых переходов. В таких явлениях, как известно¹², помимо возникновения самоподобных структур, характеризующихся степенными зависимостями, при приближении к критической точке резко возрастают флуктуации в системе, а также безгранично увеличивается радиус корреляции этих флуктуаций (пространственная корреляционная функция теряет экспоненциальный характер и приобретает степенной вид).

АНАЛОГИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

Попробуем проиллюстрировать эти особенности на примере подготовки землетрясения. Известно, что при подготовке землетрясения значительно увеличиваются флуктуации сейсмического и других геофизических полей. Так, увеличивается разброс кажущихся скоростей сейсмических волн, измеренных в разных пунктах наблюдения в очаговой области готовящегося землетрясения¹³, что связано с нарастанием разброса времен прихода на разные сейсмостанции в этой области. Увеличивается и разброс пока-

зателей содержания геохимических компонентов в водах самоизливающихся подземных источников, хотя средние значения этих показателей могут меняться не столь заметно. Возрастают также флуктуации магнитного и электрического полей. Все это заставляет следить при подготовке землетрясения прежде всего за уровнем флуктуаций или огибающими наблюдаемых процессов, а не за их средними значениями.

Об увеличении радиуса корреляции сейсмического поля свидетельствуют удаленные долгосрочные предвестники сильных землетрясений, например так называемые удаленные афтершоки¹⁴. Проявляется это в существенном увеличении числа афтершоков у землетрясений, заметно (до нескольких) сотен километров) удаленных от готовящегося очага.

Можно дать следующую качественную картину поведения системы блоков земной коры в период подготовки сильного землетрясения. Когда до землетрясения еще достаточно далеко, движения блоков, их медленные относительные перемещения и деформации больше похожи на хаос: радиус корреляции перемещений блоков мал, нет относительно быстрых подвижек, захватывающих весь регион. Все это напоминает медленное переползание молекул жидкости с сохранением ближнего порядка. Непосредственно перед сильным землетрясением блоки сжимаются, совокупность блоков, несущих основную нагрузку — «несущий каркас», — захватывает большое пространство, его структура приобретает дальний порядок. (В качестве примера можно привести структуру «несущего каркаса» высоконапряженных элементов, образующуюся при численном моделировании процесса деформации многоэлементного массива подвижных, упругих, шероховатых дисков.)¹⁵ В дальнейшем, когда плотность энергии в рассматриваемом объеме среды достигает критического значения ($E_{кр}$), состояние системы становится неустойчивым. Долго оно сохраниться не может — происходит землетрясение, накопленная энергия диссипирует, система отдельностей переходит в беспорядочное состояние, и в результате подкачки

¹¹ Соколов И. М. // Успехи физ. наук. 1986. Т. 150. Вып. 2. С. 221—255.

¹² Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Статистическая физика. Ч. 1. М., 1976; Паташинский А. З., Покровский В. Л. Флуктуационная теория фазовых переходов. М., 1982.

¹³ Кулагина М. В., Кулагин В. К., Николаев А. В. Вариации отношений скоростей v_p/v_s и возможности прогноза землетрясений разной силы // Прогноз землетрясений. Душанбе, 1982. № 1. С. 135—158.

¹⁴ Кейлис-Борок В. И., Кособоков В. Г. Периоды повышенной вероятности возникновения для сильнейших землетрясений мира // Математические методы в сейсмологии и геодинамике. М., 1986. С. 48—57.

¹⁵ Писаренко В. Ф., Примаков И. М., Шнирман М. Г. Поведение деформируемого массива подвижных элементов // Дискретные свойства геофизической среды / Под ред. М. А. Садовского. М., 1989. С. 76—84.

новой порции тектонической энергии цикл возобновляется.

Конечно, приведенная здесь качественная картина нуждается в дальнейшем уточнении, однако она может подсказать направления, в которых, по-видимому, целесообразно вести исследования. Мы же хотели прежде всего подчеркнуть аналогию между процессом подготовки землетрясения и таким достаточно хорошо изученным физическим явлением, как фазовый переход 2-го рода.

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАК САМООРГАНИЗУЮЩИЙСЯ ПРОЦЕСС В ОКРЕСТНОСТИ КРИТИЧЕСКОЙ ТОЧКИ

Отметим еще одну особенность, характерную для сейсмического режима в целом. Независимо от различий в скорости подкачки энергии в разных тектонических регионах, структура отдельных подстраивается под нее так, что весь сейсмический процесс протекает в окрестности критической точки. Другими словами, увеличение скорости подкачки тектонической энергии неминуемо повлекло бы за собой такую перестройку структуры отдельных, которая позволила бы опять приблизиться к критической точке. Близость же к критической точке (как и близость к фазовому переходу) обеспечивает степенную зависимость рассеяния энергии через землетрясения, степенное распределение отдельных по размерам и другие самоподобные характеристики геофизической среды, о которых мы уже упоминали.

Напрашивается вывод: образование самоподобных, иерархических структур в среде, в которую постоянно поступает энергия, есть имманентное свойство такой среды, способствующее скорейшему, эффективному рассеянию подкачиваемой энергии. Интересно, что аналогичное явление открыли недавно при моделировании таких разнородных процессов, как каталитические реакции, горение самовосстанавливающегося материала, распределение масс во Вселенной, образование лавин при насыпании кучи песка (лавины типа падающих одна на другую фишек домино), и т. д.¹⁶

Физики назвали этот эффект «самоорганизованным критическим состоянием». В таких процессах самоорганизация, достигаемая с помощью обратных связей, при-

водит к тому, что независимо от скорости подкачки энергии система всегда работает в окрестности критической точки, что и обеспечивает степенную зависимость ее характеристик. Аналогичные модели были предложены и для землетрясений¹⁷. Но в этом случае термин «критичность» указывает на такую неустойчивость сейсмического процесса, когда даже незначительное добавочное воздействие (к примеру, добавление одной песчинки к куче песка) способно вызвать землетрясение максимальной для данного региона силы.

В заключение еще раз повторим основные положения нашей статьи. Несомненно, Земля активно реагирует на внешние воздействия. Самоорганизующиеся процессы, протекающие в горной породе, непрерывно обеспечивающие динамическое равновесие воздействий и откликов на них, позволяют говорить о том, что Земля в каком-то смысле живет. По-видимому, именно блочно-иерархическое устройство горной породы обеспечивает возможность саморегулирования процесса энергообмена литосферы Земли с внешним по отношению к ней миром. Нелинейные процессы, лежащие в основе передачи и трансформации энергии вибрирующими отдельностями большой открытой системы горной породы, не исследованы еще достаточно полно теоретически, но их автомодельный характер дает возможность, еще до создания строгой теории, понять ряд явлений, не укладывавшихся в представление континуальной модели геофизической среды.

Описанные свойства горной породы свидетельствуют, что методология геофизики сильно отличается от методологии физики и в какой-то степени ближе к методологии биолога или даже врача, собирающего и анализирующего многие симптомы, сопровождающие процесс болезни, и на их основе оценивающего ее развитие. Не так уж далеки от истины представления профессора Челленджера, героя неправданно забытого романа А. Конан-Дойля «Когда Земля вздрогнула», считавшего Землю живым организмом и доказавшего справедливость этого с помощью прокола его «кожи» — земной коры — буровой скважиной.

¹⁶ Tang C., Bak P. // J. of Stat. Phys. 1988. V. 5. N 5—6. P. 797—802; Bak P., Chen K. // Physica D. 1989. V. 38. N 1—3. P. 5—12; Chen K., Bak P. // Phys. Letters. A. 1989. V. 140. N 6. P. 288—302.

¹⁷ Садовский М. А., Голубева Т. В., Наркунская Я. С. и др. // Прогноз землетрясений. Душанбе, 1986. Вып. 6. С. 323—336; Sornette A., Sornette D. // Europhysics Letters. 1989. V. 9. (3). P. 197—202.

Происхождение и эволюция пола

С. М. Гершензон



Сергей Михайлович Гершензон, генетик, академик АН УССР, Герой Социалистического Труда, советник директора Института физиологии растений и генетики АН УССР. Автор многих работ по популяционной и молекулярной генетике, генетике вирусов. Неоднократно публиковался в «Природе».

ПРОИСХОЖДЕНИЕ и эволюция пола с давних пор привлекали внимание естествоиспытателей. В обширной литературе по этим вопросам высказано немало важных и интересных предположений. Однако лишь в последние годы успехи молекулярной генетики создали почву для построения достаточно обоснованной модели возникновения и исторического развития пола. Но прежде чем перейти к рассмотрению этой модели, нужно четко определить явление, которое она призвана объяснить.

Половой процесс — это образование нового организма путем слияния двух гаплоидных родительских клеток в диплоидную зиготу, вслед за чем при развитии этого организма раньше или позже происходит мейоз, в результате которого снова получают гаплоидные клетки, несущие родительские гены в новых сочетаниях.

Определяемый так половой процесс наблюдается только у эвкариот, где он распространен чрезвычайно широко, а у высокоорганизованных форм преобладает или даже оказывается единственным способом размножения.

Прокариоты размножаются, как правило, вегетативным делением клеток, т. е. без всякого полового процесса. Лишь у немногих из них известна зачаточная форма полового процесса, когда две бактериальные клетки сливаются (конъюгируют) друг с другом и часть генома (т. е. отрезок ДНК) переходит от одной клетки к другой. Таким образом, здесь нет двух основных элементов полового процесса, свойственного эвкариотам, т. е. слияния геномов родительских клеток и мейоза, обеспечивающего рекомбинацию родительских генов. Такое коренное отличие полового процесса прокариот и эвкариот приводит многих авторов к убеждению, что пол эвкариот не мог развиваться из зачатков пола прокариот, а возник независимо у первых одноклеточных эвкариот около 1 млрд. лет назад.

Чтобы составить представление о том, как может какое-либо возникшее свойство организма закрепиться отбором и широко распространиться, нужно понять, чем оно полезно особи и виду. Подходя к полу с этой точки зрения, мы сразу сталкиваемся с парадоксом. На первый взгляд кажется, что пол вреден, а не полезен. В самом деле, при бесполом размножении все особи способны оставлять потомство, при половом же — лишь женская половина. Кроме того, мужские особи ухудшают условия существования женских, конкурируя с ними за часто скудные источники питания, убежища и т. п. При половом размножении велики материальные и энергетические расходы организма на оплодотворение: производится колоссальное количество спермиев или пыльцевых зерен, из которых используются лишь единицы, остальные пропадают впустую. У животных образование сложных половых органов, выработка половых гормонов и феромонов, формирование брачных нарядов, поиск партнеров также требуют огромных энергетических затрат. У высших растений образуются хитроумно устроенные и ярко окрашенные цветки, вырабатывается нектар, привлекающий насекомых-опылителей. Ничего этого не нужно при размножении делением, почкованием, клубня-

ми и т. п. Отсюда неизбежен вывод, что тяжелые утраты, связанные с половым разномножением, должны с лихвой окупаться какими-то преимуществами. Иначе этот способ не мог бы закрепиться и распространиться. Для чего же эвкарриотам понадобился пол?

ГИПОТЕЗЫ И РЕАЛИИ

Уже в 20-е — 30-е годы в первых работах на эту тему были предложены некоторые гипотезы о пользе пола. Некоторые из них потеряли свое значение в свете дальнейших исследований и представляют сейчас только исторический интерес, но две были ценными и легли в основу большинства последующих работ по теории пола.

Первая опиралась на мысль, задолго до того высказанную А. Вейсманом, что смешение наследственных задатков двух родителей (амфимиксис) увеличивает изменчивость и поэтому содействует эволюции. Принятию этой мысли способствовали данные генетики, в том числе классические работы Р. Фишера, Дж. Холдейна, С. Райта, С. С. Четверикова, Г. Меллера, позволившие понять, как при половом размножении возникают новые сочетания родительских генов, расширяющие разнообразие изменений, необходимых для естественного отбора. За истекшие шесть десятилетий концепция амфимиксиса почти единодушно признана достаточной для объяснения происхождения пола и широкого его распространения. Она нашла отражение в бесчисленных статьях, монографиях, учебниках и нередко трактуется как нечто само собой разумеющееся.

Но хотя комбинативная изменчивость, наблюдаемая при большинстве форм полового размножения (впрочем, далеко не при всех — вспомним хотя бы самоопыляющиеся виды растений), действительно могла играть важную роль в эволюции, есть веские основания считать, что амфимиксис не мог быть причиной возникновения пола. Эту точку зрения уже более полстолетия назад высказали такие известные теоретики пола, как М. Гартман, Г. Книп и некоторые другие. Они утверждали, что теория амфимиксиса не может объяснить возникновение и развитие наиболее ранних исторических стадий полового размножения. Изучение половых процессов у простейших (особенно у низших растений) показало, что у истоков полового процесса они далеко не всегда были амфимиктическими, напротив, у них была широко распространена авто-

гамия (автомиксис), т. е. образование зиготы путем слияния двух клеток (или ядер) одного и того же родителя. Это заставило первых теоретиков полового размножения, отдавая должное эволюционному значению амфимиксиса, отказаться от него как от общей теории пола. Так, один из них подчеркивал, что, несмотря на исключительное значение, которое имеет учение об амфимиксисе в биологии, оно, несомненно, не разрешает вопроса о причинах оплодотворения. Амфимиксис, или смешение зародышевых плазм, есть следствие процессов оплодотворения. Оно не позволяет судить вообще о причинах оплодотворения... Цитологические данные о развитии низших организмов не согласуются с амфимиксисом как учением об оплодотворении, ибо мы видим, как широко распространены автомиктические процессы¹.

Вторая заслуживающая внимания гипотеза о происхождении и биологическом значении пола, выдвинутая еще в конце прошлого века О. Бючли и развитая Р. Гертвигом и особенно Э. Мопа, основывалась на предположении, что оплодотворение физиологически необходимо для существования вида. По мнению сторонников этой гипотезы, вегетативное размножение клеток ведет к их дегенерации и старению, оплодотворение же играет роль омолаживающего фактора. В настоящее время, несомненно, в такой форме эта гипотеза неприемлема. Огромное число наблюдений над апогамией у растений, партеногенезом у животных, культурами клеток вне организма в искусственных средах, одноклеточными водорослями и простейшими в оптимальных условиях заставляют признать, что половой процесс не строго необходим для поддержания жизни, а иногда и совершенно не нужен. Так и гипотеза Бючли—Мопа не стала общей теорией пола. Но несмотря на это, в ней правильно подчеркнута физиологическая роль полового процесса. В последующие годы это важное положение было почти забыто, отнесено убеждением, что происхождение и эволюция пола полностью объясняются амфимиксисом. И лишь недавно огромное физиологическое значение полового процесса, не связанное с амфимиксисом, стало очевидным в свете данных молекулярной генетики.

Прежде чем перейти к этому, хотелось бы остановиться на одной старой работе, в которой в известной степени предвосхищены современные представления о молекулярных механизмах, игравших главную

¹ Гартман М. Общая биология. М., 1936. С. 514.

роль в возникновении, закреплении и распространении полового процесса.

Более полувека назад, в начале научной деятельности, заинтересовавшись проблемой происхождения пола и проанализировав имеющуюся литературу, я пришел к выводу, что самое важное в половом процессе — не оплодотворение, сопровождаемое кариогамией, и не амфимиксис, вследствие которого смешиваются и комбинируются родительские гены, а мейоз и происходящая при нем конъюгация хромосом². Вывод основывался на данных о половом процессе у инфузорий, полученных разными авторами. Оказалось, что инфузории в оптимальных условиях могут сколь угодно долго размножаться делением, т. е. бесполом путем. Если же условия ухудшаются, частота делений постепенно уменьшается и наступает депрессия, снижающаяся половым процессом, при котором в каждой из двух конъюгирующих особей происходит мейоз, так что они обмениваются образовавшимися новыми микронуклеусами. Но совершенно так же депрессия снимается в результате эндомиксиса — особого полового процесса, при котором в инфузории, не нашедшей партнера для конъюгации, происходит мейоз, а затем старый микронуклеус заменяется продуктом этого мейоза — новым микронуклеусом. Подобное же «омоложение» наступает, если две «сливающиеся» инфузории разделить после мейоза, но до обмена микронуклеусами.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ПОЛА

Сравнение стадий онтогенеза, на которых происходит мейоз у различных организмов, подкрепляет это заключение еще с одной стороны. Сопоставляя данные о половых процессах, свойственных организмам, стоящим на разных ступенях филогенеза, можно видеть, что у наиболее примитивных имеет место мейоз так называемого зиготного типа, т. е. первое же деление зиготы — мейотическое, и лишь на более поздних этапах эволюции мейоз в ходе индивидуального развития организма наступает все позже, все дальше отодвигаясь от оплодотворения.

Значит, можно утверждать, что во время мейоза и, вероятно, именно при конъюгации хромосом протекают какие-то физиологические реакции, чрезвычайно важные для жизни организма, и эти реакции оста-

ются первичным фактором, обуславливающим существование половых процессов у истоков их возникновения. Интуитивная догадка через много лет подтвердилась работами, в которых исследовались молекулярные процессы, протекающие при мейотической конъюгации хромосом.

Первой из них была появившаяся в 1955 г. в Англии работа Э. Доугерти, высказавшего предположение, что причиной возникновения пола могла быть реактивация генома в мейозе. С конца 70-х годов это предположение было развито и подробно обосновано рядом авторов, прежде всего Г. Бернштейном с сотрудниками³. Все эти авторы основывались на результатах (полученных как до них, так и ими самими), показавших, как исправляются повреждения ДНК, вызванные случайными ошибками в ходе репликации или воздействием разных химических и физических факторов.

Как известно, каждая хромосома клетки эвкариот — это гигантская спиральная двунитевая молекула ДНК, нити которой состоят из миллионов звеньев — нуклеотидов четырех типов (аденин, тимин, гуанин, цитозин). Эти нуклеотиды последовательно расположены в определенном порядке, различном у разных организмов и специфичном для каждого из них. Две нити молекулы ДНК комплементарны, т. е. представляют как бы копии друг друга, причем аденин в одной нити находится напротив тимина в другой, а гуанин — напротив цитозина. Гены — это разные группы пар нуклеотидов.

Повреждения ДНК затрагивают, в основном, одну нить молекулы: чаще всего, это либо встраивание ошибочного нуклеотида во время синтеза новой нити, либо выпадение одного или нескольких нуклеотидов, что ведет к разрыву нити, либо вставка лишнего нуклеотида. Кроме таких односторонних повреждений ДНК бывают (гораздо реже) двунитевые, когда обе нити повреждены в одной и той же точке.

Большинство повреждений молекул ДНК устраняется сложной системой репарирующих ферментов, восстанавливающих нормальную структуру молекулы ДНК. Как сейчас установлено, при односторонних повреждениях это происходит в несколько этапов. Первый репарирующий фермент постоянно «обследует» молекулы ДНК; обнаружив повреждение, он надрезает вблизи него нить ДНК. Затем другой фермент делает

² Гершензон С. М. // Зоол. журн. 1935. Т. IV. Вып. 1. С. 757—758.

³ Bernstein H., Beyerly H., Hopf F., Michod R. E. // The Origin and Evolution of Sex. N. Y., 1985. P. 29—45.

в нити второй надрез, иссекая ее поврежденный участок. Потом третий фермент расширяет образовавшуюся брешь, отсекая один за другим десятки или сотни нуклеотидов. Такое расширение необходимо для успешной работы четвертого фермента, застраивающего брешь точно в соответствии с порядком нуклеотидов во второй (неповрежденной) нити, служащей как бы матрицей. Наконец, пятый фермент скрепляет синтезированные фрагменты друг с другом и с ограничивающими брешь концами поврежденной нити. Таким образом, нить полностью восстанавливается.

Двунитевые дефекты так исправляться не могут, ибо для устранения повреждения здесь необходима нормальная матрица, отсутствующая в молекуле, где пострадали обе нити. Поэтому двунитевые повреждения исправляются только во время конъюгации хромосом при мейозе, когда молекула с обоими дефектными нитями вплотную прилегает к нормальной молекуле ДНК гомологичной хромосомы, т. е. образуется структура с двумя дефектными и двумя нормальными нитями. Детали такого механизма исправления двунитевых повреждений еще не вполне ясны, но показано, что это происходит при обмене участками гомологичных хромосом и тоже с участием ферментов. Вдобавок, при конъюгации хромосом во время мейоза залечивается и большинство однонитевых повреждений, которые почему-либо остались неисправленными. Следовательно, мейоз, сохраняя бездефектную структуру ДНК, обеспечивает точность передачи генетической информации от поколения к поколению. Лишь немногочисленные повреждения ДНК, случайно не исправленные при мейозе, проявляются затем в мутациях, большинство которых вредны для организма: убивают его либо снижают жизнеспособность, плодовитость или то и другое вместе.

Итак, исследования молекулярных процессов во время мейоза показали, что к известным ранее генетическим следствиям мейоза (перевод диплоидности генома в зиготах в его гаплоидность в гаметах или спорах, рекомбинация родительских генов при перераспределении хромосом и кроссинговере) добавляется такое важнейшее следствие, как гарантирование мейозом почти полной неизменности генома в ряду поколений и в то же время сохранение его пластичности за счет редких мутаций, служащих предпосылкой для действия естественного отбора. Исходя из этого, большинство авторов признают, что причиной происхождения пола эвкариот была защит-

ная роль мейоза, обеспечивающая постоянство генома. Важно отметить, что эта теория, в отличие от теории амфимиксиса, универсальна: ведь она охватывает как формы, размножающиеся перекрестным оплодотворением, так и самооплодотворяющиеся, к которым теория амфимиксиса не применима.

Как же на основе этой теории представить зарождение и становление пола? Для ответа нужно в первую очередь посмотреть, как протекает половое размножение у низших организмов, предположительно произошедших от первых эвкариот.

По современным представлениям, из всех живущих в настоящее время организмов ближе всего к первичным эвкариотам некоторые зеленые водоросли. Есть основания полагать, что именно у них впервые возник половой процесс. Рассмотрим, например, как размножаются хламидомонадовые и конъюгаты (представителем первых можно взять хламидомонаду, вторых — спирогиру). Хламидомонады — одноклеточные жгутиковые водоросли, спирогиры — нитчатые водоросли, состоящие из одного ряда клеток. Те и другие — гаплоидные организмы — размножающиеся преимущественно делением клеток. При благоприятных условиях это происходит длительное время, за которое успевают смениться множество клеточных поколений. Но если условия ухудшаются, возникает половой процесс. У хламидомонады сливаются две одноклеточные особи, их ядра объединяются и получается диплоидная зигота, одетая прочной оболочкой. После периода покоя в ней происходит мейоз и образуются четыре гаплоидные дочерние одноклеточные особи. У спирогиры две нити располагаются вплотную друг к другу или одна нить изгибается так, что обе стороны петли спираются. Затем между двумя противоположающимися клетками образуется конъюгационный мостик, по которому содержимое одной клетки перетекает в другую, ядра их сливаются, получившаяся диплоидная зигота покрывается прочной оболочкой и переживает период покоя. После его окончания зигота мейотически делится, давая четыре гаплоидные клетки, из которых три гибнут, а из четвертой развивается новая нить.

Важно, что половой процесс и у хламидомонады, и у спирогиры может иметь как характер амфимиксиса (перекрестного оплодотворения), так и автомиксиса (самооплодотворения). У хламидомонад есть форма, в которой сливаться попарно могут либо неродственные клетки, либо клетки,

происходящие от одной диплоидной зиготы; у спирогиры конъюгация возможна либо для неродственных нитей, либо в пределах одной нити.

Еще до возникновения пола слияние клеток, вероятно, неоднократно происходило при случайном соприкосновении и оказалось выгодным для приспособления к неблагоприятным внешним условиям, так как переводило клетку в диплоидное состояние. Ведь когда все гены дублированы, инактивация любого из них в значительной мере или даже полностью компенсируется работой его неповрежденного аллеля. Но диплоидность зиготы могла закрепиться только после возникновения мейоза, который, обеспечивая правильное распределение двойного числа хромосом при последующих делениях клетки, тем самым устранял появление диплоидных особей или особей с гипергаплоидным числом хромосом (такие особи, даже если выжили бы, давали бы в дальнейшем бесплодное триплоидное потомство с несбалансированным набором хромосом).

Появление мейоза не только способствовало образованию выносливых зигот, но и спасало популяцию и вид от чрезмерных потерь из-за мутаций. Как уже отмечалось, в генетическом аппарате постоянно возникают мутации, ибо не все случайные повреждения ДНК залечиваются репарирующими ферментами. Большинство мутаций (обычно 70—80 %) в случае фенотипического проявления настолько нарушают строение и физиологию организма, что губят его (летальные мутации). Остальные в той или иной мере снижают жизнеспособность организма, но позволяют ему выжить в благоприятных условиях (условно-вредные мутации). И лишь ничтожная доля (0,01 или 0,001 %) может в какой-то степени повысить адаптивные свойства организма (полезные). У гаплоидных организмов, к которым относятся низшие эвкарियोты, все возникающие мутации проявляются фенотипически. Летальные убивают особь, а условно-вредные могут передаваться при бесполом размножении из поколения в поколение в благоприятных условиях. В результате разные условно-вредные мутации накапливаются в различных линиях, и популяция становится генетически неоднородной, полиморфной.

У организмов, у которых половой процесс то автомиктический, то амфимиктический (хламидомонады, спирогиры, многие другие водоросли, ряд грибов, некоторые простейшие), мейоз в обоих случаях исправляет те двунитевые повреждения

хромосом, которые были условно-вредными и могли сохраниться при бесполом размножении. Но особенно полезен мейоз при амфимиктическом половом процессе, когда он обеспечивает репарацию и накопившихся в популяции условно-вредных мутаций, обязанных не только дву-, но и одонитевым повреждениям ДНК.

Благотворное действие репарации, очевидно, и было причиной возникновения пола у первых эвкарियोтов и последующего его закрепления и распространения в ходе эволюции.

ТРИ ПУТИ ЭВОЛЮЦИИ ПОЛА

Дальнейшее развитие полового процесса, появление большого разнообразия его форм, определялось тремя основными тенденциями, регулируемые естественным отбором.

Первая из них — тенденция ко все большей специализации участвующих в оплодотворении гамет: от гологамии (две сливающиеся при оплодотворении клетки совершенно одинаковы), к изогамии (клетки внешне неразличимы, но физиологически отличны) через анизогамию (клетки не только физиологически различны, но имеют и некоторые морфологические отличия друг от друга) и в конце концов к оогамии (одна гамета — крупная неподвижная яйцеклетка, богатая питательными веществами, другая — спермий, очень маленькая клетка, состоящая, в основном, из головки, содержащей сильно уплотнившееся ядро, и жгутика, позволяющего спермию быстро передвигаться в воде или другой влажной среде). Такую специализацию можно проследить даже в пределах некоторых классов, не говоря уже о более крупных систематических категориях. Так, например, в классе вольвоксовых водорослей есть все переходы от видов с изогамными гаметами к оогамным. По-иному обеспечивается надежная кариогамия у инфузорий. Не останавливаясь на подробностях довольно сложных стадий при конъюгации инфузорий, отметим только, что гамет там нет, а сливаются голые гаплоидные ядра двух клеток, которые перемищаются по цитоплазматической перемычке, связывающей конъюганты.

Вторая заметная тенденция в эволюции пола эвкарियोтов — постепенное возрастание доли, занимаемой диплоидным состоянием организма в его жизненном цикле. Сравнение стадии онтогенеза, на которой происходит мейоз у организмов, стоящих на разных ступенях эволюции, показывает, что у наиболее примитивных мейоз имеет зигот-

ный тип, т. е. следует непосредственно за оплодотворением: первые же деления зиготы — мейотические, так что диплоидная стадия ограничивается только зиготой, а остальной жизненный цикл организм проводит в гаплоидном состоянии. Сюда относятся большинство зеленых водорослей, некоторые грибы, из простейших — жгутиковые и некоторые споровики. В ходе дальнейшей эволюции продолжительность диплофазы постепенно возрастала за счет прогрессивного сокращения гаплофазы. В жизненном цикле растений гаплоидное гаметофитное поколение, образующее гаметы, сменилось диплоидным спорофитным, развивающимся из зиготы и продуцирующим при мейозе гаплоидные споры, прорастание которых дает начало новому гаметофитному поколению. Такая смена наблюдается, например, у бурых и красных водорослей. У мхов спорофит еще значительно меньше гаметофита, на котором он паразитирует; гаметофит занимает основную часть жизненного цикла. У папоротников и хвощей гаметофитное поколение уже сильно сокращено и представлено только маленьким заростком, а спорофитное охватывает большую часть жизненного цикла. Еще короче гаплофаза у цветковых растений, где она представлена только зародышевым мешком и пыльцевой трубкой, так что почти всю жизнь растение существует в виде спорофита. У всех животных (за исключением немногих простейших) гаплофаза сведена к минимуму, так как мейоз отодвинут к концу жизненного цикла и непосредственно предшествует образованию гаплоидных гамет.

Эта тенденция находит объяснение в современных представлениях о частоте спонтанных мутаций. У самых разных организмов (от бактерий до высших растений и животных) частота спонтанных мутаций в расчете на один ген и одно клеточное поколение составляет в среднем около 1×10^{-6} . У гаплоидной одноклеточной водоросли в геноме примерно 3 тыс. генов; значит, одна мутация приходится в среднем на 300 особей в поколение. Поскольку большинство мутаций летальны или вредны, а у гаплоидных форм все они фенотипически проявляются, то и потери, вызываемые спонтанными мутациями, будут большими. Но у многоклеточных (гаплоидных) организмов с разделением функций составляющих его клеток даже при той же частоте мутаций гибель от них в онтогенезе любой стволовой клетки приведет к невозможности формирования той или иной ткани либо органа и вызовет смерть

организма, т. е. бесчисленных составляющих его клеток, даже если эти клетки будут свободны от мутаций. В действительности потери эти будут еще больше, так как усложнение организма сопровождается увеличением числа генов в геноме (например, у человека их около 50 тыс.); следовательно, суммарная частота мутаций будет соответственно увеличена.

Совсем иначе обстоит дело у диплоидных многоклеточных организмов, где все гены дублируются. Поэтому всякая возникающая соматическая генная мутация фенотипически не проявляется, если она рецессивна, и лишь слабо проявляется, если полудоминантна, — ведь все они повреждают ген только в одной хромосоме, а в другой он остается нормальным.

Правильность этого объяснения эволюционной тенденции к отсрочке наступления мейоза в жизненном цикле подкрепляется тем, что в гаплоидной фазе организм устроен, как правило, значительно проще, чем в диплоидной. Это подтверждается на примере смены гаплоидного и диплоидного поколений у водорослей, строения гаметофитной и спорофитной частей у мхов или заростка и зрелого растения у папоротников и т. п.

Наконец, третья тенденция в эволюции пола была направлена на становление раздельнополости. Первые организмы, у которых появилось половое размножение, были, по существу, бесполовыми. Вспомним, что у некоторых линий хламидомонад участвующие в половом процессе особи ничем друг от друга не отличаются и могут копулировать независимо от того, происходят они от одного или разных родителей. Так же обстоит дело у спирогиры и ряда других примитивных эвкариот. Но уже на этой ступени эволюции пола возникает явление, получившее название относительной сексуальности: в рамках вида существует несколько генетически различных форм, способных участвовать в половом процессе лишь в определенных сочетаниях. В большинстве других линий хламидомонад копуляция происходит между особями, одинаковыми морфологически, но различными генетически и биохимически (так называемые плюс- и минус-формы). Но в каждой из этих форм особи различаются по выраженности половой потенции. Любые плюс-особи могут копулировать с любыми минус-особями. Кроме того, возможна копуляция между представителями одной формы: «сильные» плюс-особи могут копулировать со «слабыми», так же и у минус-особей. Подобная картина наблюдается у бурой водоросли рода

Ectocarpus. У базидиального гриба *Aleurodiscus atrophus* четыре половые формы, определяемые взаимодействием двух пар генов: А-а и В-в. Диплоидные плодовые тела всегда гетерозиготны по обоим парам, т. е. имеют генотип АаВв; при мейозе в них образуются четыре типа гаплоидных спор (АВ, Аb, аВ и аб), из которых развиваются соответствующие гаплоидные мицелии. Плодовые тела получают только при сочетании мицелиев, отличающихся по обоим парам генов, иными словами, мицелий АВ образует плодовое тело лишь с мицелием аб, а мицелий Аb — с мицелием аВ. Относительная сексуальность известна и у некоторых инфузорий.

У низших растений широко распространены как смешаннополость (гомоталлизм), при которой на растении образуются и мужские, и женские половые клетки, так и раздельнополость (гетероталлизм), при которой мужские и женские клетки продуцируются разными особями. Для высших растений характерна смешаннополость (однородность), но довольно часто встречается и раздельнополость (двудомность). В животном мире смешаннополость (гермафродитизм) наблюдается у многих червей, усонюгих ракообразных, ряда брюхоногих моллюсков, изредка у рыб. Но огромное большинство животных, в том числе все стоящие на более высоких ступенях эволюции, начиная с земноводных, раздельнопололы.

Тенденция к раздельнополости была вызвана у гаплоидных организмов, очевидно, тем, что амфимиксис создавал возможность репарации двунитевых поврежденных хромосом во время мейоза.

У гаплоидных организмов двунитевые повреждения ДНК сразу же проявляются фенотипически. Так как большинство из них губительно или вредно для клетки, почти все такие повреждения, возникающие на протяжении многочисленных клеточных поколений, при бесполом размножении одноклеточных гаплоидных организмов или в ходе онтогенеза многоклеточных гаплоидных организмов устраняются естественным отбором. Лишь малая доля двунитевых повреждений (те, что возникли непосредственно перед образованием зиготы) попадает под репарирующее действие мейоза.

Совсем иначе обстоят дела у диплоидных организмов. У них двунитевые повреждения ДНК, возникающие при бесполом размножении или онтогенетическом развитии, фенотипически не проявляются благодаря присутствию нормальных генов и

вследствие этого накапливаются. К моменту наступления мейоза очень многие или даже все хромосомы гамет несут двунитевые повреждения разных генов, поэтому репаративное действие мейоза устраняет гораздо больше таких повреждений, чем у гаплоидных организмов. Это особенно важно для тех диплоидных организмов, которые размножаются самооплодотворением, т. е. тесным инбридингом. Ведь при этом повреждения ДНК у большой доли потомков фенотипически проявляются, а значит, приводят к их гибели. Не удивительно, что эти организмы сохраняют энергетически невыгодный половой процесс, хотя он и не ведет у них к амфимиксису. Им нужен основной элемент полового процесса — мейоз, позволяющий избежать чересчур больших потерь от мутаций.

Так же объясняются и такие формы полового процесса, не связанные с оплодотворением, как апогамия у многих растений и партеногенез у ряда животных (коловратки, некоторые бабочки, кузнечики, скальные ящерицы и др.). Почти у всех у них сохраняется тот или иной вид мейоза с присущей ему конъюгацией гомологичных хромосом.

Эти факты позволяют думать, что амфимиксис возник позже мейоза и, следовательно, никак не мог быть первопримичной пола. Амфимиксис установился только у тех форм, где были условия, обеспечивающие возможность частой встречи гамет разного пола: Там же, где популяции оказались очень разреженными или существовали другие препятствия, затрудняющие встречу гамет, пол тем не менее (хоть и без амфимиксиса) сохранялся ради репаративного действия мейоза.

Влияние трех описанных выше эволюционных тенденций (стремление к специализации половых клеток, увеличению длительности диплофазы и развитию раздельнополости) на основные репаративные процессы, происходящие при мейотической конъюгации хромосом, привело к разным формам полового процесса, многообразие которых, вероятно, указывает на множественный характер и разновременность возникновения этих тенденций.

Нет сомнения, что намеченная картина — лишь упрощенная схема эволюции полового процесса эвкарйот после возникновения его основы — мейоза. Однако она лишена противоречий, присущих теориям пола, существовавшим до эры молекулярной генетики.

Центральный научно-исследовательский институт технологии судостроения НПО «РИТМ»

*имеет многолетний опыт создания и постановки
на производство технологического оборудования для:*

очистки, грунтовки, термической резки, разметки, механообработки и маркировки листового, профильного и трубного металлопроката;
сборки и сварки металлических конструкций;
станков для резки и гибки труб;
переносных станков для механической обработки крупногабаритных конструкций и энергетического оборудования;
деревообрабатывающего оборудования;
переносных устройств для механообработки, сборки и сварки трубных систем;
пневмо-, электро- и гидроинструмента для механической обработки, сборки и монтажа;
высоконапорных переносных насосов;
цехового подъемно-транспортного оборудования;
установок и аппаратов пластмассового производства;
систем гидро- и пневмопривода, электропривода и электроавтоматики;
приборов и средств технологического контроля и измерений.

По требованию заказчика оборудование снабжается ручным, полуавтоматическим и автоматическим (в том числе программным) управлением. На базе перечисленного нестандартного оборудования разработаны и внедрены организационно-технические проекты комплексной механизации и автоматизации, высокопроизводительные линии и участки, в частности ГАЛ и ГАУ.

*ЦНИИТС предлагает по этим направлениям
и видам оборудования:*

передачу готовых комплектов конструкторской, технологической, программной и нормативно-технической документации; —
разработку принципиальной технологии и оргтехпроектов;
разработку конструкторской и технологической документации;
изготовление наиболее сложных образцов изделий;
обеспечение авторского надзора при освоении разработанных изделий и технологий;
оказание консультативной помощи в области технологии, проектирования, организационно-технических вопросов разработки, маркетинга, экономики, размещения заказов и постановки на производство.

Адрес: 198095, Ленинград, ул. Промышленная, 7, тел. 186-28-55,
главный конструктор объединения М. И. Клестов.

Обнаружен самородный магний?

М. И. Новгородова,

доктор геолого-минералогических наук
Институт геологии, минералогии и геохимии рудных месторождений АН СССР
Москва

ПОСЛЕ первых сенсационных сообщений 1978—1979 гг. об открытии самородного алюминия, список самородных металлов, ранее в природе неизвестных, заметно пополнился.¹ Открыты самородные хром, титан, кремний, кадмий, кобальт и другие металлы, расширен круг известных природных интерметаллических соединений и металлических сплавов, установлено гораздо более широкое, чем представлялось ранее, распространение карбидов металлов.²

Но при всем многообразии выявленных минеральных фаз казалось невозможным, чтобы в природе существовали самородные щелочные и щелочно-земельные элементы, в том числе магний: принято было считать, что благодаря их высокой химической активности все они связаны в самых разных соединениях земной коры и верхней мантии.

Итак, находка самородного магния — новая неожиданность. Но прежде несколько слов о том, что ей предшествовало. История этой находки может служить еще одним подтверждением пользы научно-популярных лекций в любознательной и заинтересованной аудитории. В 1987 г. в обществе любителей камня при Московском обществе испытателей природы мне пришлось рассказывать о самородных металлах — красоте их форм и разнообразии состава, местах их находок и неожиданных открытиях последних лет. Через год член этого общества А. В. Анисков передал мне для исследования образец неизвестного состава, случайно обнаруженный им в береговых аллювиальных отложе-

ниях р. Чоны (южная часть Вильюского водохранилища). Прежде всего предстоило высунуть, каково его происхождение: природное или техногенное?

Образец представляет собой обломок серого цвета, с двух сторон ограниченный субпараллельными плоскостями. Подобная форма обычна для фрагментов минеральных прожилков, но может трактоваться и как часть некоей техногенной детали. Размер обломка 6×3 см. Поверхность его имеет тусклый матовый блеск, а на свежем срезе — яркий металлический блеск, со временем тускнеющий.

Результаты рентгеноструктурных исследований показали, что образец почти целиком сложен металлическим магнием. Примеси в нем, определенные лазерным спектральным анализом, представлены следующими элементами: кремний, алюминий, железо, кальций (десятье доли процента), цинк, медь, олово (сотые), свинец, молибден, серебро, висмут, вольфрам (тысячные). Количество примесей явно невелико, если вспомнить, что любые технические детали на основе магния всегда содержат металлы, и в первую очередь алюминий, в гораздо больших количествах (проценты).

Под микроскопом различима тонкая волокнистая структура металла. Волокна длиной до 1,5 мм при толщине 0,1—0,2 мм собраны в пучки, ориентированные перпендикулярно к ограничивающим образец плоскостям, и направлены навстречу друг другу. Вряд ли подобным строением могут обладать какие-то литые или кованные изделия, скорее это похоже на симметрично построенный минеральный прожилок.

Явно отличаются найденный образец от техногенного и не-

однородности его состава. В нем вкраплены мельчайшие (несколько микрон) фрагменты зерен магнезиальных алюмосиликатов — железистого оливина, монтичеллита, флогопита — типичные для метаморфизованных карбонатных пород или их магматических аналогов — карбонатитов. Эти магнезиальные алюмосиликаты не образуются при переработке ни одного из известных видов магнезиального сырья (магнезита, брусита, карналлита) — видимо, они представляют собой реликты минерального субстрата, замещенного металлическим магнием.

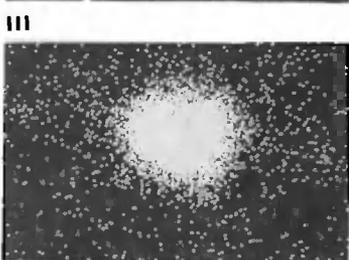
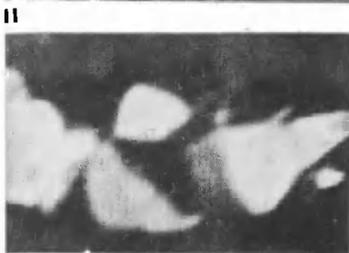
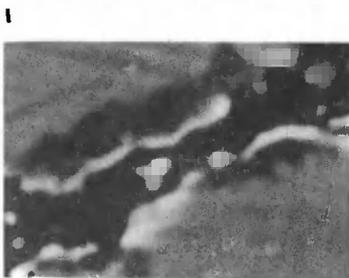
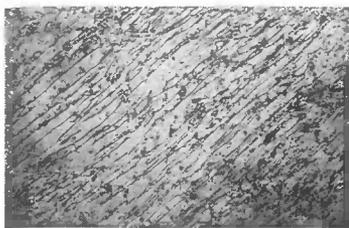
Однако наиболее убедительное доказательство природного происхождения образца — пронизывающие его тонкие минерализованные прожилки, заполненные бруситом, кварцем, слоистыми силикатами и сульфидами. Их эндогенная природа не вызывает сомнений. Более того, само их наличие доказывает, что процессы минералообразования продолжались и после кристаллизации металлического магния.

Теперь можно было бы рассмотреть гипотезы об образовании самородного магния. Но ранее, пожалуй, следует привести факты, доказывающие, что образец находился в аллювиальных отложениях, где на него действовали атмосферный воздух и поверхностные воды, относительно недолго и что его коренной источник может находиться неподалеку от места находки. К таким фактам относятся угловатые формы образца, отсутствие каких бы то ни было признаков окисления сульфидов (даже таких легкоокисляющихся, как сфалерит и блеклая руда), наличие на поверхности образца агрегатов брусита.

Известно, что в условиях земной поверхности брусит не образуется, поскольку его крис-

¹ Подробнее см.: Новгородова М. И. Самородные металлы в гидротермальных рудах. М., 1983.

² Там же.



IV

Элементы неоднородности состава и строения образца самородного магния:

I — микрофотография тонковолокнистой структуры, выявленной травлением (увел. в 280 раз); II — сложенный бруситом тонкий прожилок (черное) в металлическом магнии (серое), коррозионные границы прожилка — результат реакций между металлическим магнием и замещившим его бруситом; III — прожилок в металлическом магнии (темно-серое), сложенный сульфидами (белое) и кварцем (черное); IV — включения касситерита SnO_2 (белое) в металлическом магнии. Снимки II, III сделаны на микрозонде в поглощенных электронах, снимок IV — в характеристическом излучении SnL_{α} . Размер кадра 40×40 мкм.

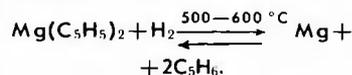
таллизация из водных растворов возможна при давлении CO_2 в три раза меньшем, чем в атмосфере. При длительном же разложении металлического магния в аллювиальных отложениях должны были образоваться магнезиальные карбонаты, а не брусит. Кроме того, брусит термодинамически стабилен при невысоких давлениях, характерных для малоглубинных метаморфических фаций, и температурах $400\text{--}700^\circ\text{C}$. Следовательно, брусит, присутствующий в образце, не мог образоваться на земной поверхности.

Не располагая информацией об условиях залегания образца, можно лишь предположить, что в аллювиальных отложениях Чоны оказался фрагмент минерального прожилка из распространяющихся в этом районе карбонатных толщ. Вскрытые береговыми обрывами реки разрушающиеся скальные породы относятся к нижнепалеозойской известняковой толще, являющейся фундаментом Вилюйского палеорифта. Участок, где обнаружен самородный магний, находится в зоне влияния древних глубинных разломов, ограничивающих этот палеорифт с северо-запада.

Подобные легкопроницаемые зоны разломов служат, как известно, хорошими путями для глубинных флюидных потоков, облегчая теплоперенос. Высокотемпературные магнезиальные алюмосиликаты, обнаруженные в образце, могли образоваться при воздействии таких потоков на карбонатные толщ. Фиксация же магния в металлической форме требует восстановительного характера газов в составе флюидов. И действительно, следы таких газов улавливаются в исследованном нами образце. По данным масс-спектрометрического анализа, в газовой фазе, выделенной из образца самородного магния, содержатся (в объемных процентах): водород — 89,8, метан — 0,6, закись углерода — 0,3, углекислый газ — 1,4. Кроме того, присутствует рассеянный тонкодисперсный углерод — 8,1%, обогащенный легкими изотопами.

В потоке углеводородно-водородных флюидов магний мог мигрировать в форме ле-

тучих элементоорганических соединений³. Одно из таких соединений — бис-циклопентадиенил магния — распадается по схеме:



Равновесие сдвинется вправо при понижении температуры, избытке водорода и удалении газообразного продукта реакции — пентадиенила, конечной твердой фазой разложения которого является тонкодисперсный углерод. Подобные условия типичны для проточных систем, к которым можно отнести и трещиноватые зоны глубинных разломов.

В принципе, существование таких потоков богатых водородом газов, перемещающихся по крупным разломам земной коры, вполне реально. Разгрузка мантийного водорода (1,3 млрд $\text{м}^3/\text{год}$) и метана (160 млн $\text{м}^3/\text{год}$) обнаружена, например, в рифтовой зоне Исландии и других рифтовых участках срединно-океанических хребтов⁴. Да и сам насыщенный водородом самородный магний является индикатором восстановительных флюидов, характерных для начальных стадий формирования эндогенных минералообразующих систем⁵. О последующей трансформации такой системы с преобладающими восстановленными компонентами в типично гидротермальную (преобладающая фаза — H_2O) свидетельствуют, в частности, пронизывающие образец тонкие прожилки кварца, сульфидов и сопутствующих минералов — брусита и гидроксилсодержащих слоистых силикатов.

Для проверки наших выводов, которые во многом пока гипотетичны, было бы чрезвычайно полезно организовать экспедиционные работы в районе Чоны для поисков коренного источника самородного магния.

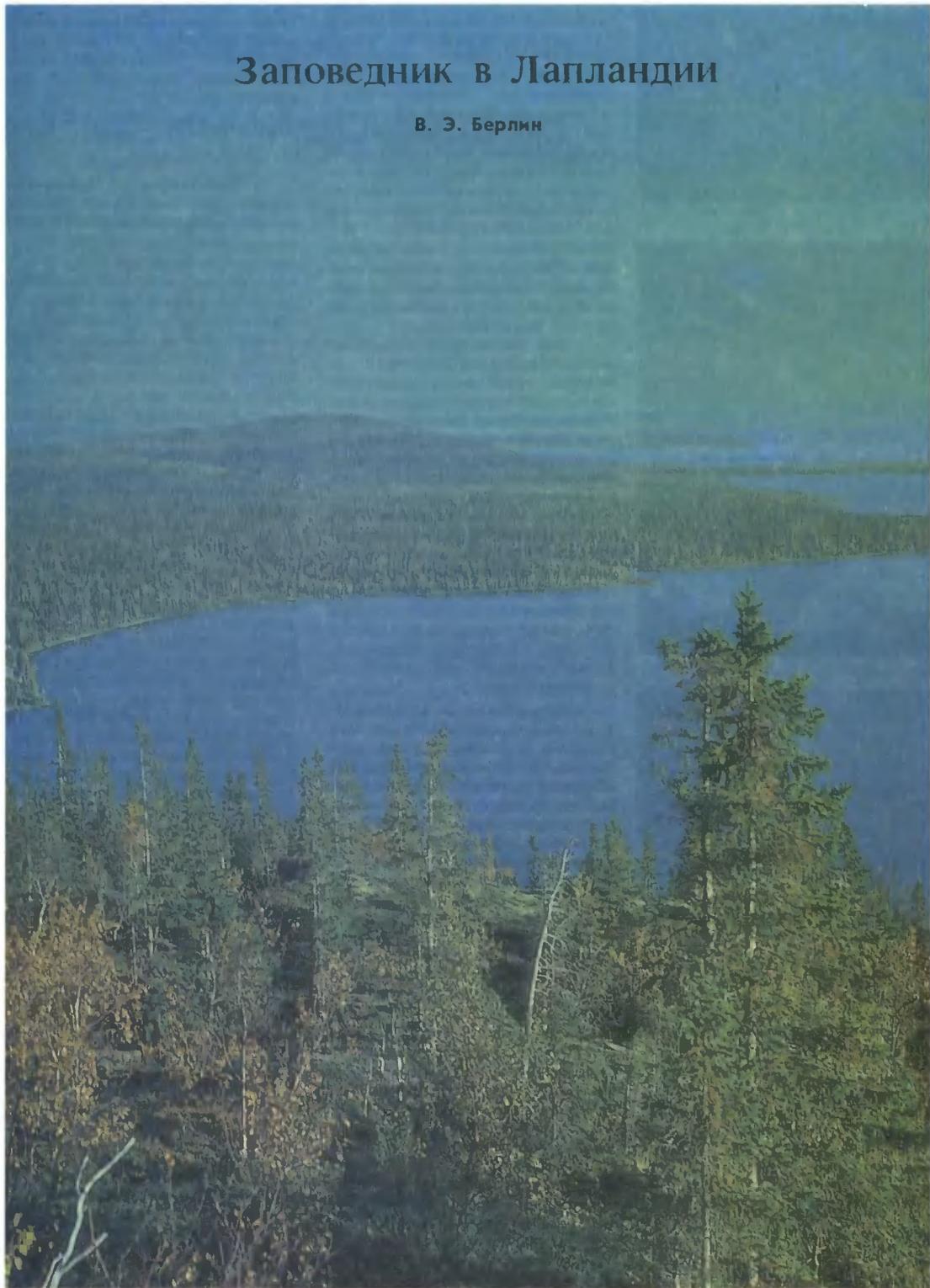
³ Буслаева Е. Ю., Новгорова М. И. Элементоорганические соединения в проблеме миграции рудного вещества. М., 1989.

⁴ Вальяв в Б. М. Ретроспективный анализ // Журн. Всесоюз. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева. 1986. Т. XXXI. № 5. С. 503—511.

⁵ Подробнее см.: Новгорова М. И. Указ. соч.

Заповедник в Лапландии

В. Э. Берлин



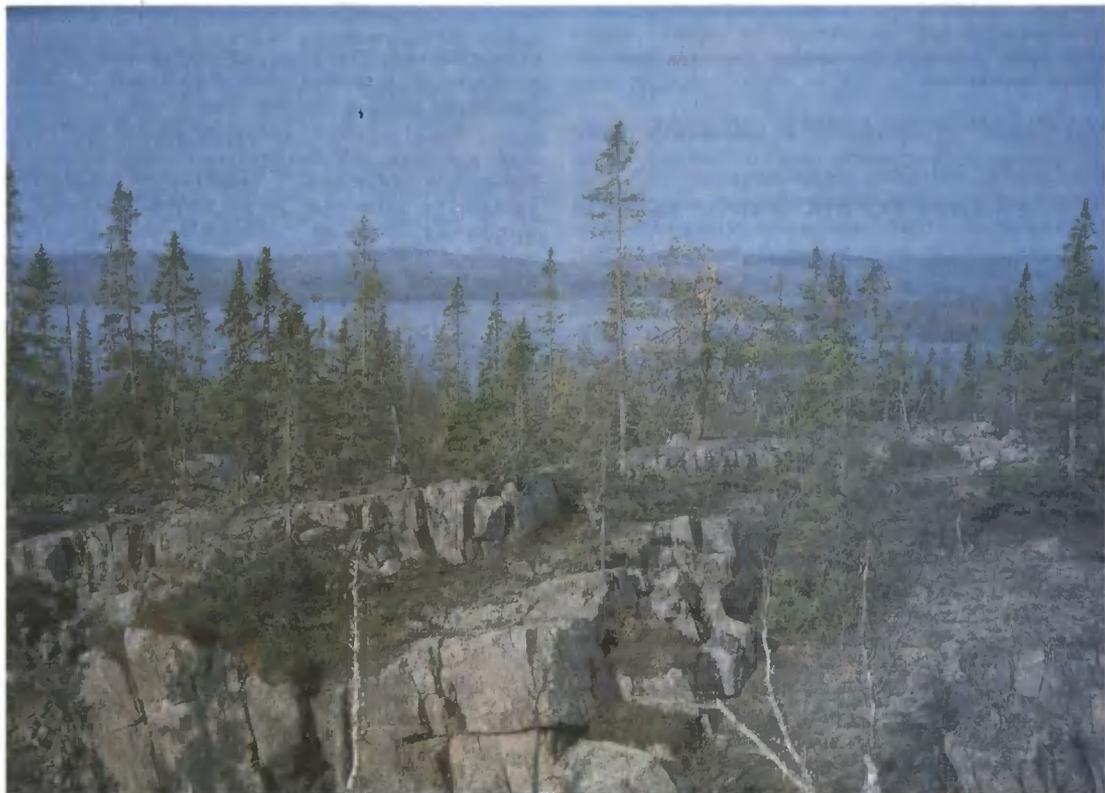


Валерий Эдмундович Берлин, научный сотрудник Лапландского биосферного заповедника, эколог, действительный член Географического общества СССР. Книги: *Заповедник. Мурманск, 1981; Гражданин Лапландии. М., 1985.*

3а Полярным кругом, в самом центре Кольской земли, всхолмленным островком расположился Лапландский заповедник. В 1936 г., через 6 лет после открытия, Г. М. Крепс, его организатор и первый директор, писал: «Перед мощной поступью проводимого Советским правительством промышленного освоения и заселения Кольского полуострова девственная природа его вынуждена отступить»¹. Темпы сегодняшнего отступления Крепс, видимо, не мог даже вообразить. Открытие рудных месторождений Хибин, Ловозера, Ковдора, Оленегорска, а также Мончегорского, Печенгского и некоторых других районов определило развитие крупных комплексов горнодобывающей и перерабатывающей промышленности. В окрестностях предприятий начали постепенно образовываться обширные зоны деградации почвенно-растительного покрова — от угнетения лишайников до полного разрушения почв и образования техногенных пустошей. Лапландский заповедник оказался в тугом кольце мощных источников аэротехногенного за-

Коренные породы на берегу Чунозера.
Цветные фото Н. Н. Дельвина.

¹ Крепс Г. М. Лапландский заповедник // Сов. краеведение. 1936. № 10. С. 47.





Г. М. Крелс — основатель и первый директор Лапландского заповедника.

грязнения. О прошлых и нынешних днях, о завтрашней судьбе его и пойдет речь.

СТРАНА ПОЛУНОЧНОГО СОЛНЦА

Площадь заповедника невелика — 2800 км², т. е. около 2 % территории Мурманской области, однако здесь удачно и полно представлены все основные ландшафты, характерные для полуострова, нет лишь приморских. Флора и фауна заповедника — не только виды европейского севера, но и более умеренных широт: Гольфстрим как бы придвигает эту заполярную область вплотную к зоне умеренного климата.

Тем не менее это все же северная тайга, и большая часть заповедной территории покрыта хвойными лесами. Там серые клочья лишайников свисают с могучих еловых ветвей, темная, почти черная зелень хвои непроницаема и величественна. Глубокую тишину изредка нарушает пронзительный крик совы, а резкий запах багульника одурманивает забредшего на лесное болото человека. Совсем другими выглядят сосновые боры: светлые, насквозь

пропитанные солнцем, изобилующие летом грибами и ягодами, они собирают к себе боровую дичь и других животных.

Десятки тысяч гектаров занимают горные массивы со скалистыми вершинами и пологими склонами. С высотой пояса растительности сменяют друг друга. Низины и подножья гор до 250—300 м — царство хвойных лесов, которые затем реденеют, и появляется березовое криволесье. На высоте 350—450 м идут низкорослые кустарники — карликовые ивы и береза, еще 250—150 м вверх — и ни единого кустарника, только моховые ковры с брусникой, черникой, куропаточьей травой (дриадой). И, наконец, выше 700—800 м — горная полярная пустыня, каменные россыпи, покрытые кое-где накипными лишайниками. Ледник, прошедший по Кольскому п-ову всего 10 тыс. лет назад, обнажил выходы коренных пород возраста более 3 млрд. лет.

Изредка в горной тундре увидишь сейды — священные камни лопарей, культ которых в прошлом был распространен по всей Лапландии. Вот один из них на горе Ель-нюн, в 2 км от центральной усадьбы заповедника. Это многотонная громада, покоящаяся на четырех кусках скальной породы. Узкий просвет между камнем и горой создает впечатление невесомости, и ка-

жется, вот-вот глыба сорвется с места и взлетит. С сейдами у древних жителей был связан культ поклонения предкам; лопари почитали священные камни как покровителей промыслов — охоты, рыболовства.

Самые яркие краски подбирает северная природа, одевая осенью горы Лапландии в золото карликовой березы и осики, в тягучий пурпур голубики и альпийской толокнянки. И все это на фоне зеленовато-голубых ягельных ковров, изрезанных тонким пунктиром оленьих троп. В этом краю не увидишь медленного осеннего тления, столь характерного для средних широт: не успеют еще облететь листья с берез, как ясной сентябрьской ночью, когда первые сполохи северного сияния озарят небо, появляется сверкающий налет инея, а за ним — пушистый покров белейшего снега.

На территории заповедника много красивых рек и озер, но Чунозеро, почти на 25 км протянувшееся вдоль южных развалов Чунатундры, несравнимо ни с чем. На северном холмистом берегу озера осенью 1930 г. был построен первый сторожевой кордон, отсюда начинались и первые исследовательские маршруты сотрудников заповедника. В холодной, прозрачной, зеленовато-голубой воде Чунозера обитают 13 видов рыб, 6 из них лососевые. Не очень крупная, с темно-зеленой спиной, в мелких розовых пятнах по бокам озерная кумжа особенностями строения и повадками во многом напоминает семгу, а харюс — наоборот, самый красивый из лососевых. Весной, в брачном наряде, по красоте он равен разве что тропическим рыбам и бабочкам: длинное стройное тело, сверху цвета вороненой стали, плавники и хвост синие, на голубом фоне спинного плавника, формой похожего на парус джонки, — глазчатые пятна, красновато-коричневые полосы, окаймленные радужной подсветкой. И у каждой рыбы рисунок плавника неповторим! Упругими ударами широкого мускулистого хвоста она время от времени выбрасывается из воды, гоняясь за пролетающими насекомыми.

Под негромкое урчание катера неторопливо проплывают заросшие лесом берега, а вдалеке, в туманной дымке уже возникает гора — Сахарная голова, очертаниями похожая на слоненка, опустившего длинный хобот в озерную воду. Словно серебристые косички сбегают с Сахарной головы ручьи, а некоторые, срываясь с высоты карнизов, образуют воздушные челки водопадов. Внизу, в заболоченных низменностях раздолье для суетливо-домовитых уток гоголей и траурно-пестрых крохалей.

Ближе к берегу гнездятся осторожные гагары, а в дуплах иссушенных временем сосен обитают вечно сонные совы. С ранней весны и до поздней осени на озере можно увидеть грациозных лебедей.

Примерно на широте заповедника проходят границы обитания многих животных: севернее уже не встретишь тетерева, зато только начинается царство тундрной куропатки и песка. С северным пределом хвойных лесов совпадают границы распространения норвежского лемминга, гадюки обыкновенной, рыси, медведя, куницы, рябчика, глухаря и некоторых других видов. Среди пушных здесь обычны лиса, россомаха, заяц беляк, белка; горностаи и белка часто селятся вблизи лесных кордонов, занимая время от времени мелким воровством и неподсудным разбоем.

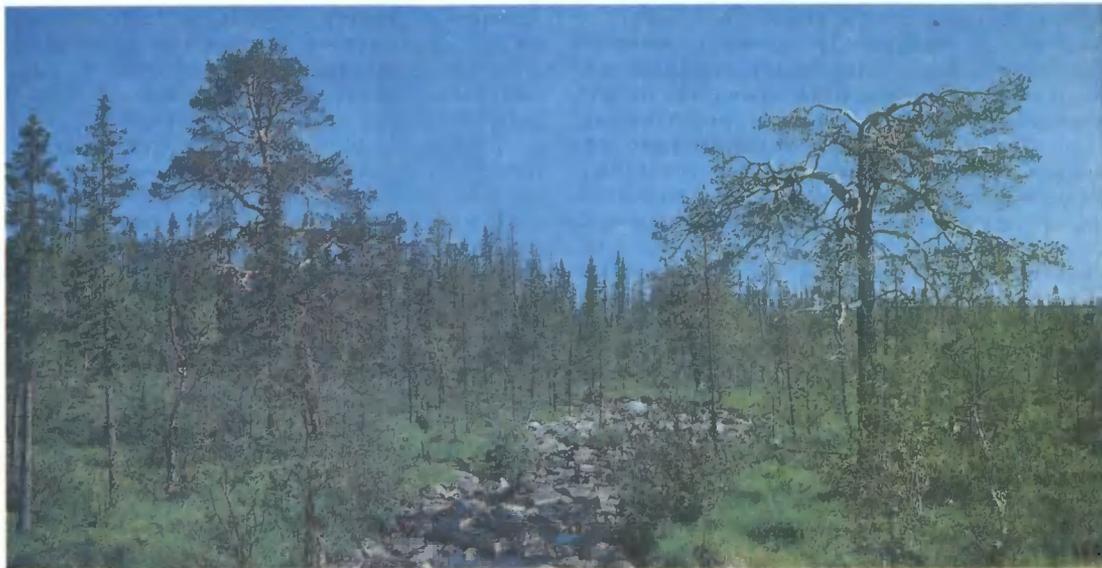
Заповедник — единственное место в нашей стране, где можно увидеть бобра в естественных условиях при дневном свете. Бобр — животное ночное, но здесь, где летом ночь мало чем отличается от дня, бобры выходят из нор в любое время суток.

Нет нужды подробнее описывать природу этого замечательного края; кто любит и понимает Север, все равно не удовлетворится рассказом, а почитающие другие края могут и заскучать. Да и разговор о заповеднике затеян не ради описания его красот.

ЗЛОКЛЮЧЕНИЯ РАЗНОГО МАСШТАБА

В центральных районах Кольского п-ова, где преобладают горные ландшафты, основным объектом охоты и промысла жителей был дикий олень. В заповеднике и сегодня можно увидеть заплывшие ягелем и вороникой ловчие ямы. В конце XIX в. из-за развития оленеводства и отстрела диких оленей (повысился спрос на их шкуры и мясо) их численность начала быстро сокращаться. Известный зоолог Ф. Плесске, пересекший Кольский п-ов от Кандалакши до Колы в 1887 г., сообщает: «На Имандре, где в прежние годы олень жил в баснословном количестве, он встречается и теперь, хотя постоянные преследования грозят или истребить его совершенно, или по крайней мере оттеснить его в самые глухие места»². И действительно, через 40 лет положение оленя оказалось катастрофическим. Крепс, тогда научный сотрудник Мурманской биологической станции, уже утверждал: «Един-

² Плесске Ф. Д. Критический обзор млекопитающих и птиц Кольского полуострова. Спб., 1887. С. 144.



Ручей в тайге.

ственной действительной мерой для охраны дикого северного оленя от полного уничтожения является организация заповедника»³.

Почти десять лет шел к этой цели Герман Михайлович. Выпускник сельскохозяйственного института, он появился на Кольской земле в 1920 г. в составе комплексной экспедиции известного профессора Н. И. Прохорова, и с той поры ни одно значительное событие 20-х годов на Кольском п-ове не обошлось без его деятельного участия. Создатель первой сельскохозяйственной станции, ставшей прообразом Полярного отделения Всесоюзного института растениеводства (ПОВИРа), и самого северного на нашей планете заповедника — этого уже вполне хватило бы, чтобы надолго остаться в благодарной памяти потомков. Но в 1924 г. Крепс организует и возглавляет первую комплексную экспедицию в бассейн оз. Имандра, которая плодотворно работала в течение трех лет; совместно с Г. Д. Рихтером в 1925 г. создает первую гипсометрическую карту Русской Лапландии. С именем Крепса связана и разведка хибинских апатитов, и открытие медно-никелевых руд в Мончегунд্রে⁴.

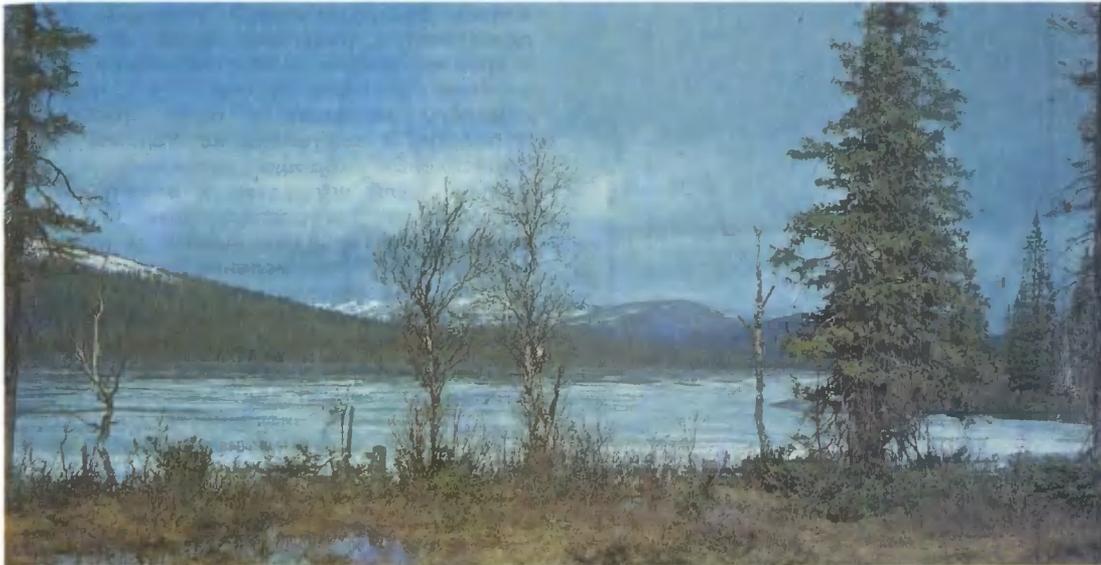
Вскоре после публикации своей программной работы с проектом организации заповедника Крепс проводит первый учет дикого оленя. Печальный прогноз местных охотников лопарей, увы, подтвердился: во всей западной популяции оказалось всего 95 «дикарей». Видя, что медлить со спасением оленя нельзя, в скорейшей организации заповедника приняли участие друзья и коллеги Германа Михайловича — В. К. Алымов и Г. А. Ключе, А. Е. Ферсман и М. М. Пришвин, а также И. Г. Эйхфельд, А. Н. Лабунцев, Б. М. Куплетский, А. А. Григорьев, А. А. Бялыницкий-Бируля, Ю. Д. Цинзерлинг, Г. Д. Рихтер, брат, ныне покойный академик Е. М. Крепс и многие другие. 17 января 1930 г. — день рождения Лапландского заповедника.

Взятое под охрану и обеспеченное хорошими ягельниками Чуна- и Мончегундры оленье стадо начало быстро расти. Среднегодовой прирост за 1929—1940 гг. составил 23 %, и далее численность оленей неизменно увеличивалась. К 1967 г. их количество достигло 12 640 голов⁵. Территория оказалась перенаселена, ягельные пастбища истощались. По рекомендации специалистов заповедника предполагалось регулировать численность оленя ежегодным промыслом, и в 1963 г. в Кандалакше был создан госпромхоз «Мурманский». Но промысловики развернули свою работу с опозданием на 7—8 лет, когда численность

³ Крепс Г. М. // Карело-Мурманский край. 1928. № 10—11. С. 37.

⁴ Подробнее см.: Берлин В. Э. Гражданин Лапландии. М., 1985.

⁵ Семенов-Тянь-Шанский О. И. Северный олень. М., 1977. С. 19—23.



Ранняя весна на оз. Чинглис-явр.

олень уже сильно уменьшилась вследствие падежа из-за бескормицы. Промысел ослабленных животных напоминал кровавую бойню. Поголовье оленей западной популяции сократилось более чем в 40 раз — в 1980 г. в заповеднике было всего 290 особей. Не пощадили «промысловики» и восточную популяцию, численность которой с 8000 голов упала до 340. Сегодня дикий северный олень находится в «Красной книге Мурманской области», жизнеспособность его популяций по-прежнему вызывает тревогу.

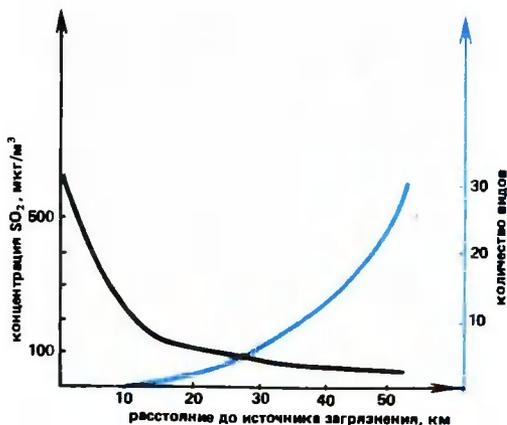
А вот еще один итог неразумения человеческого. Значительный ущерб понесла сама территория заповедника, уже при организации он не досчитался около 100 км² восточных районов Мончетундры, отданных на рудные разработки и строительство Мончегорска. И промедли Крепс с организацией оленьего заповедника на год-два, вероятно, его и не было бы вовсе, но остановить его деятельность пытались не раз. Так, в 1934 г. для нужд гидроэлектростанций на р. Ниве заповедные Охтозеро и оз. Пиренга были превращены в запасные водохранилища, уровень воды при этом был поднят более чем на 5 м. Охтозеро, имевшее сток в Пиренгу через р. Меркенч, превратилось в громадный залив с плавающими торфяниками. На затопленных берегах было уничтожено более 1000 га леса, погибли и обширные заросли тростника, кубышки, вахты и других растений,

служивших кормом лосю и ондатре, местом для гнездования многочисленных водоплавающих. Претерпела изменения и флора заповедника, навсегда исчез, например, озерный камыш⁶. Каскад гидротехнических сооружений на р. Ниве лишил семгу возможности заходить на нерест в Имандру. Последний экземпляр этого вида лососевых был пойман на Вочеламбине осенью 1935 г. Но на долю заповедника выпали удары и пострашнее.

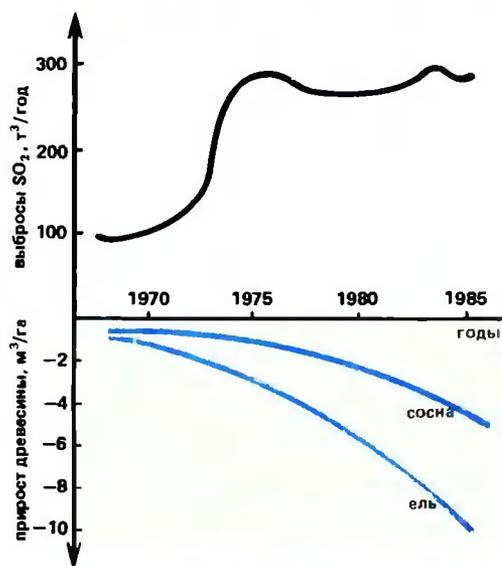
Постановлением Совета Министров СССР от 29 августа 1951 г. он, как и 25 других государственных заповедников, был закрыт и отдан на разграбление местным промышленным и лесохозяйственным организациям. Под сплошные рубки пошла половина лесной площади заповедника, в том числе лучшие участки сосново-ягельных боров, средний возраст которых оценивался в 200—250 лет. Для сплава в Имандру был поднят на 1,5—2 м уровень воды в Чунозере, и на низких берегах лес погиб, обезобразив неповторимые по красоте ландшафты главного озера заповедника и р. Верхней Чуны.

История бобров — тоже яркий пример антропогенного воздействия. Издавна на Руси бобровый промысел считался самым доходным, особенно ценился мех животных, обитавших на Севере. Многие века лопарские погосты платили дань мо-

⁶ Семенов-Тянь-Шанский О. И. // Справка об истории и деятельности Лапландского государственного заповедника. 1972. Архив Дома-музея Г. М. Крепса. С. 14—15.



Влияние загрязнения сернистым газом приземной части атмосферы на видовой состав эпифитных лишайников.



Влияние выбросов сернистого газа на потерю прироста древесины. В 70-х годах увеличилась концентрация SO₂ в отходящих газах комбината, увеличились и потери древесины хвойных пород.

сковским царям бобровыми шкурами, но не безграничными оказались природные кладовые — последний бобр был убит в Русской Лапландии в 1880 г. Не лучшее положение сложилось к началу XX в. и на территории всей Евразии.

Еще в первый год своего существования Лапландский заповедник стал инициатором опытов по акклиматизации ондатры за Полярным кругом. Начинание поддержало Мурманское охотничье хозяйство, и очень скоро этот неприхотливый, но ценный зверек вошел в состав заполярной

фауны. Воодушевленный успехами, Крепс приступает к решению более интересной и трудной задачи — восстановлению бобра на Кольском п-ове. Летом 1934 г. из Воронежского заповедника были доставлены 8 бобров и выпущены на Верхней Чуне. Переселенцы хорошо освоились и прижились, дали потомство и в течение нескольких лет так расплодился, что в некоторых местах даже вышли за пределы заповедника. Рост численности продолжался вплоть до его закрытия в 1951 г. Последовавшее за этим резкое изменение условий в бобровых речках (затопление низинностей, молевой сплав) усугубилось браконьерством. В заповеднике осталось 20—30 бобров, т. е. численность сократилась в 4—5 раз. Сегодня их кольская популяция — самая северная в СССР — находится в критическом состоянии и включена в Красную книгу области.

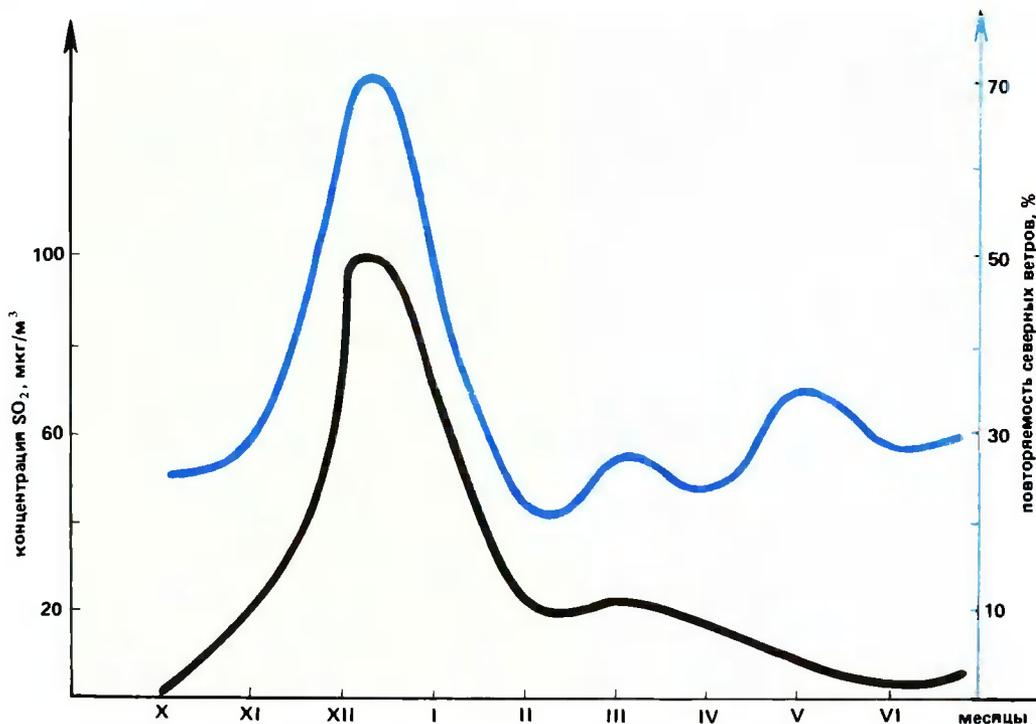
К счастью, пора разграбления заповедников, принесшая им немалые беды, закончилась, в 1958 г. и Лапландский заповедник был восстановлен в прежних границах. Но ему уже угрожали ни с чем не сравнимые глобальные изменения природной среды — по соседству, в Мончетундре, расцвел центр цветной металлургии.

«НАИПОЛЕЗНЕЙШИЙ» СОСЕД

В переводе с лопарского Мончетундра — красивая тундра. Ж.Е. Ферсман писал: «Монча — это замечательной красоты горный хребет на Кольском полуострове... его склоны омываются десятками озер, бурные реки стекают с его каменистых круч, а леса, заповедные, с седым ягелем, покрывают предгорья, охраняя стада диких лосей и оленей»⁷. Такой прекрасной страной рисовались заимандровские тундры первым геологическим партиям 20-х годов. Но уже два десятилетия спустя картина резко изменилась.

Началом загрязнения северо-восточной части заповедника, непосредственно примыкающей к промышленной площадке комбината «Североникель», следует считать 1939 г., когда он произвел свою первую продукцию — огневой никель. В 1946 г., по сообщению сотрудника заповедника П. М. Тюнина, от выбросов комбината уже значительно усохли леса в радиусе 6 км. До начала 60-х годов никакие выбросы не утилизировались, а ведь это выбрасываемые с технологическими и вентиляцион-

⁷ Ферсман А. Е. Воспоминание о камне. М., 1958. С. 71.



Влияние метеорологических условий на загрязнение приземной части атмосферы сернистым газом в заповеднике (район Чунозера).

ными газами металлургических цехов различные соединения серы, металлосодержащая пыль, в составе которой имеются чрезвычайно токсичные окислы и сернистые соединения никеля, меди, кобальта и некоторых других элементов, а также гидроаэрозоли. Неудивительно, что в «Летописи природы» заповедника в 1964, 1967 и 1969 гг. зафиксированы значительные изменения в составе растительных сообществ уже на расстоянии 17—20 км от комбината.

Выбросы металлов были столь велики, что неведущие об этом исследователи попадали иногда впросак — стали появляться сообщения о новых месторождениях. В областной газете промелькнула заметка «Ловят металл»⁸: «В прошлом году (в 1965.— В. Б.) в районе Мончегорска сотрудники Ленинградского университета обнаружили аномалию с высоким содержанием никеля и меди. Чтобы проверить это открытие, решено было провести большие геофизические исследования, а затем и бурение скважин». Однако предварительные гидро-

химические исследования «аномалии» показали, «что причиной являются отходящие газы комбината «Североникель», выносящие в атмосферу много никеля, меди, кобальта». Так и не состоялось открытие аномалии.

В 1969 г. сотрудники Полярно-альпийского ботанического сада, определив содержание тяжелых металлов в хвое и листьях деревьев, а также в лишайниках и почве различных зон заповедника, оценили влияние промышленного загрязнения на естественную растительность в окрестностях Мончегорска⁹. В хвое, собранной в зоне интенсивного загрязнения, содержание тяжелых металлов достигало 0,2 %, а в тканях лишайников — 0,55!

Доцент МГУ А. В. Дончева, руководившая комплексной экспедицией географического факультета в районе Мончегорска в 1971—1973 гг., задает вопрос: «Возможно ли возобновление в сфере воздействия комбината?» И отвечает: «Да, возможно. Восстановление полночленных фитоценозов естественным путем в очаге взаимодействия

⁸ Полярная правда. 1966. 30 ноября.

⁹ Исаченко Е. А., Филипова Л. Н. Влияние промышленного задымления на естественную растительность в окрестностях г. Мончегорска // Естественная среда и биологические ресурсы Крайнего Севера. Л., 1975. С. 135—143.

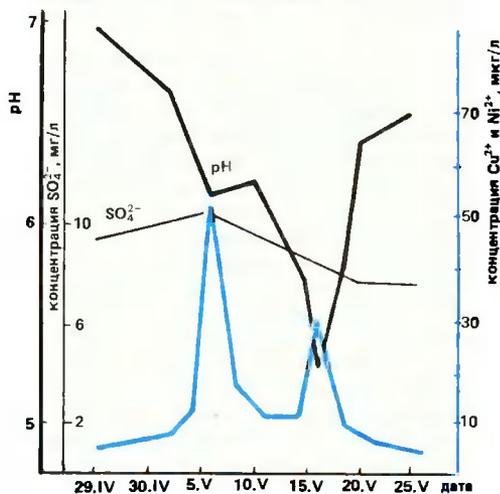
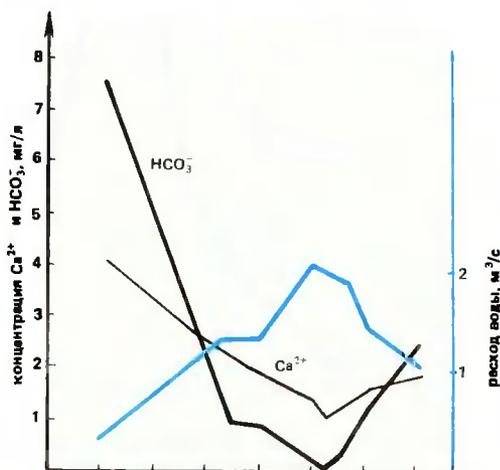


Калипсо — один из 10 видов орхидей заповедника.

возможно... через 500—800 лет»¹⁰. Конечно, если полностью прекратится антропогенное воздействие. Но оно, увы, не прекратилось, а усилилось. В 1971 г. с богатой местной руды, уже выработанной к тому времени, комбинат перешел на привозное сырье, в котором содержание никеля, меди, кобальта было не меньше, чем в местном, но серы в 2—3 раза больше. Соответственно увеличились выбросы сернистого газа и других соединений серы. Но, видимо, это мало тревожило хозяина комбината — Министерство цветной металлургии, иначе откуда бы взялись такие диспропорции: в 1975 г. утилизировалось всего 20 % соединений серы из ежегодных 288 тыс. т, выбрасываемых в атмосферу, а 13 лет спустя улавливалось около 50 %, при этом мощности по производству серной кислоты

использовались лишь на 70—75 %¹¹. Это были убытки страны, а отнюдь не министерства. Что ему поражение лесов, вызванное загрязнением атмосферы и, как констатирует Госкомгидромет, в наибольшей степени проявляющееся на севере, в центрах цветной металлургии — в окрестностях Но-

¹¹ Кольский полуостров: проблемы экологии // Север. 1988. № 1. С. 92.



Изменение гидрохимического режима одного из ручьев заповедника в половодье (вверху) и загрязнение поверхностного стока. Концентрация ионов кальция и гидрокарбонатов убывает, так как они расходуются на связывание и нейтрализацию сульфатов, накопившихся за зиму в снегу. Загрязняющие вещества смываются в ручьи и реки с первым половодьем: в начале мая концентрация ионов тяжелых металлов достигает максимума; pH воды резко падает, поскольку бедные кальцием почвы не могут полностью связать поступающие с талым снегом сульфаты.

¹⁰ Д о н ч е в а А. В. Изменение природного ландшафта Мончегорского района производственной деятельностью комбината «Североникель». М., 1974. С. 70; Она же. Ландшафты в зоне воздействия промышленности. М., 1978.

рильска и Мончегорска¹² (хотя какие же сейчас леса в районе Норильска?).

Растут убытки и от потерь металлов, выбрасываемых в виде пыли. Если в 60-х годах стоимость ежегодных потерь оценивалась В. И. Гуревичем (руководитель гидрохимических исследований «аномалии») довольно скромно — в 1—2 млн. руб., то через 22 года, как сообщил В. Я. Поздняков (бывший главный инженер комбината, заместитель директора по науке, лауреат Ленинской премии, а ныне пенсионер), сумма ущерба от сверхнормативных выбросов (заметьте, не всех, а только сверх нормы!) металлов составила около 18 млн. руб.¹³ Комментарии, видимо, излишни!

С 1978 по 1980 г. наш заповедник пытался предъявить санкции комбинату: совместно с лесхозом были оформлены научно обоснованные штрафы за ущерб, причиненный лесному хозяйству заповедника на сумму 2,5 млн. руб. Надо ли говорить о тщетности этих попыток?! Комбинат между тем в ущерб экологическим интересам продолжал наращивать мощности. И будто бы для того, чтобы расширить зону своего влияния, вместо низких труб для выбросов отходов производства были построены 150- и 200-метровые. Площадь загрязнения значительно выросла: в 1971 г. очаг рассеивания выбросов составлял 30—50 км², а в 1989 — уже 250—300. Юго-западные районы, заповедника, наиболее близкие к финской границе и долгое время считавшиеся эталонными по чистоте, потеряли это качество.

Для оценки влияния комбината на растительность заповедника очень много дали специальные работы, в которых в качестве биологических индикаторов использовались лишайники и хвоя ели и сосны. Круглогодичность жизненного цикла, долготелетие и высокая чувствительность лишайников (на порядок выше, чем хвойных) к токсическим веществам делает их незаменимыми для биомониторинга (именно по лишайнофлоре составлена карта загрязненной территории заповедника¹⁴). Выяснилось, что по мере приближения к источнику загрязнения сначала уменьшается численность, а затем и видовой состав эпифитов. Что касается хвойных пород, то их хвоя начинает отмирать при концентрации сер-



Заросли морошки на берегу оз. Ель-яр.



Норвежский лемминг. Периодически он появляется в огромных количествах там, где раньше его не замечали.

нистого газа 0,02 мг/м³, суммарном содержании металлов свыше 50 мг/кг и серы более 1000 мг/кг¹⁵ (см. табл.). Поражение деревьев усиливается вторичным повреждением холодом: видимо, загрязняющее вещество, действуя на хвою, вызывает ее разрушение и значительно снижает морозостойкость. Ускоряется гибель хвойных.

Выбросы комбината рассеиваются ветром, поэтому очень важен анализ метеорологической ситуации, чтобы понять, какая судьба ожидает заповедник. Автор этих строк много лет измерял концентрацию сернистого газа в зависимости от розы ветров на центральной усадьбе заповедника, т. е. в 40 км от «Североникеля». Оказалось, что в приземной атмосфере наибольшее количество газа приносят северные

¹² Обзор фонового состояния окружающей природной среды в СССР за 1988 г. М., 1989. С. 94—95.

¹³ Мончегорский рабочий. 1980. 5 ноября.

¹⁴ А б л а в а З. Х. Лишеиндикационное картирование Лепландского заповедника // Природа Севера и ее охрана. Мурманск, 1981. С. 38—44.

¹⁵ Сыройд Н. А. Способность хвои ели и сосны выживать в условиях аэротехногенного загрязнения // Антропогенное воздействие на экосистемы Кольского Севера. Апатиты, 1988.

Состояние биоиндикаторов и содержание элементов-загрязнителей

Расстояние до источника загрязнения, км	Некроз хвои, ели и сосны, %	Химические элементы в хвое, мг/кг*			Сернистый газ в воздухе**, мг/м ³	Металлы в почве, мг/кг	
		сера	никель	медь		никель	медь
0—8	100	3400—3150	400—90	210—80	5—10	1700	870
		2400—2300	600—100	500—100			
8—15	50—90	3200—2300	150—60	90—60	2—5	640	380
		2350—2200	500—25	300—50			
15—30	30—50	2700—2300	80—35	60—25	1—2	400	180
		2300—1400	100—10	200—10			
30—50	3—5	2450—1200	40—8	25—6	0,5—1	140	60
		2200—1000	40—8	80—5			
Контрольный участок (100 км)	0	900—400	1—0,5	1—0,5	0,02—0,05***	40	20
					0,1—0,5		

* В числителе приведены данные для ели, в знаменателе — для сосны.

** Приведены максимальные концентрации.

*** Среднегодовые данные многолетних измерений автора статьи в заповеднике.

и северо-восточные ветры (при пасмурной погоде), несущие дымы комбината и чаще всего дующие зимой — в декабре 1988 г. их повторяемость в районе Чунозера составила 65%. Это сразу же сказалось на концентрации SO₂: она достигла рекордной величины — 1,5 мг/м³. Совокупное воздействие загрязнителей приводит к увеличивающимся год от года потерям древесины, ежегодный прирост которой становится все меньше. По некоторым оценкам за 15 лет такие потери составили 10—12,0 м³/га¹⁶.

Чтобы выяснить особенности аэротехногенного воздействия на гидрохимические характеристики водоемов, сотрудники заповедника совместно с Лабораторией охраны природы (Апатиты) не один год изучали химический состав снежного покрова и поверхностных вод в конце зимы и в половодье в нескольких крупных реках и ручьях, впадающих в оз. Имандру и Чунозеро, т. е. на расстоянии 20—40 км от комбината. Зимой минерализация не превышала 30 мг/л, но снег был сильно загрязнен тяжелыми металлами, а его pH составлял 3,9—5,1. Ионный состав воды в половодье фактически отражал состав снеговых вод, а pH менялся от 7,2 до 5,2 в зависимости от расхода воды: чем больше он был, тем кислее вода. Почвы в районе наблюдений бедны кальцием, поэтому обладают слабой буферной емкостью к кислотным

осадкам. В начале половодья кислотность воды меняется мало за счет нейтрализации гидрокарбонатов, а затем pH резко снижается («кислотный толчок»), что необратимо сказывается на биоте. Это же происходит и в периоды сильных осенних дождей.

Концентрация никеля и меди на пике половодья более чем в 20 раз выше их валового содержания в ил, при этом концентрация основных катионов (K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) уменьшается с увеличением расхода воды, т. е. просто разбавляется. По сведениям ихтиолога И. А. Паракецова, за счет загрязнения водоемов сильно обеднен состав водной растительности и мелких беспозвоночных, служащих основным кормом для рыб, в результате они нерестятся не каждый год, а плодовитость их низка. Это самые характерные черты таких водоемов. Мышевидные грызуны, обитающие поблизости от этих зон, потеряли треть своего видового разнообразия и 80% численности. У оставшихся чрезмерно накоплены тяжелые металлы во внутренних органах, понижено содержание гемоглобина в крови, имеются генетические нарушения, замедлено половое созревание¹⁷. Во многом похожи и патологические отклонения у птиц.

Изучение и сопоставление почвенно-ботанических, биологических и некоторых

¹⁶ Кузьмин А. В., Кузьмина Л. И. // Лесоведение. 1986. № 5. С. 45—50.

¹⁷ Катаев Г. Д. Мелкие млекопитающие как биоиндикаторы состояния окружающей среды на Кольском полуострове // Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Л., 1989. Вып. 5. С. 228—235.



«Живительные» дым комбината.

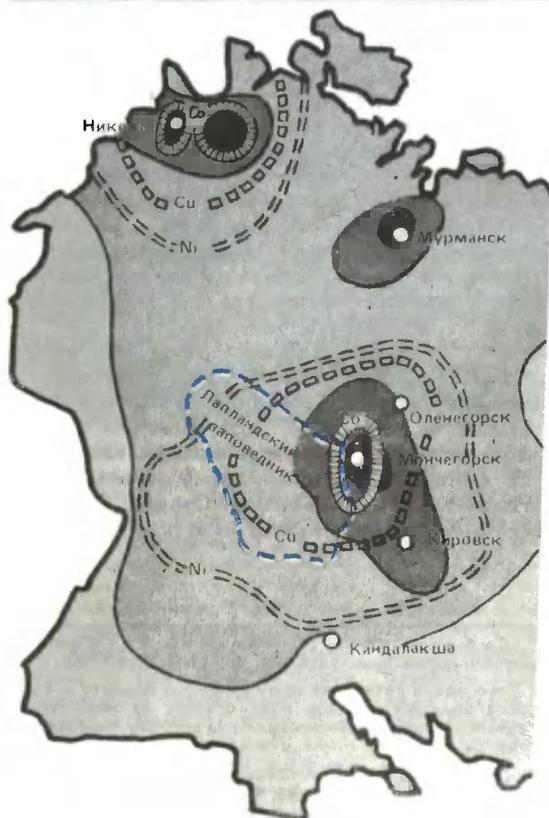


Схема азротехногенного загрязнения Кольского п-ова.

Зоны выпадения сульфатов:



других исследований разных лет, анализ «Летописи природы» заповедника, а также временных характеристик промышленных выбросов приводят к печальному выводу: живая природа в радиусе до 30 км вокруг комбината необратимо гибнет и в ближайшие 20—25 лет деградирует окончательно¹⁸. Уже в 70-х годах стало ясно, что сохранить заповедник в существующих границах невозможно, для продления его жизни нужно было расширить его в северо-западной части, куда еще не доходили дымовые шлейфы «Североникеля». Дело сдвинулось с мертвой точки лишь в 1980 г.

¹⁸ Крючков В. В., Макарова Т. Д. Азротехногенное воздействие на экосистемы Кольского севера. Апатиты, 1989. С. 79.

после статьи в «Правде» сотрудника заповедника О. И. Семенова-Тян-Шанского «Висит дым над заповедником». Однако объединение «Мурмансклес» спешно мобилизовало свои силы для рубки, и когда через 3 года территория была увеличена (при обязательном условии изъять под вырубку сильно пострадавшие от загрязнений леса вдоль восточной границы), многих сотен гектаров сосновых боров уже не досчитались. По иронии судьбы, в начале 1985 г. на четверть уничтоженный заповедник был переведен в ранг биосферных и оказался под «крышей» ЮНЕСКО.

Говоря о бедах природы, нельзя не сказать, что они повсеместно сопровождаются деградацией здоровья людей. Человек не может приспособиться к столь сильным изменениям среды, его адаптация — это начальная фаза заболеваний или мутаций. По данным информационной службы «Здоровье — окружающая среда» Министерства здравоохранения СССР, заболеваемость контролируемой части населения в Мончегорске за 1983—1985 гг. выросла на 64 %, причем $\frac{3}{4}$ заболеваний — болезни органов дыхания. Биохимики, анализируя легочную ткань умерших мончегорцев, отмечают ее неестественно коричневый цвет и высокое содержание в ней тяжелых металлов¹⁹. Особенно высока заболеваемость детей кожными болезнями (первое место в СССР).

Миллионы кубометров неочищенных промышленных стоков десятки лет отравляют жемчужину заполярья — оз. Имандра, откуда одновременно берут питьевую воду. Большое количество тяжелых металлов в организме рыб Имандры делает их непригодными для питания, как грибы и ягоды, собранные в радиусе 30 км от «Североникеля». Зона распространения сульфатов, никеля, меди в районе Мончегорска простирается более чем на 100 км от комбината, а площади 10-кратного превышения фонового загрязнения ими снежного покрова и растительности составляют соответственно 10, 12 и 13 тыс. км², т. е. около 10 % всей Мурманской области²⁰.

Проблема сохранения окружающей среды у нас, как и во многих других местах нашего необъятного отечества, превратилась в проблему выживания человека и природы. К сожалению, преступления про-

тив окружающей среды до сих пор не вынесены в отдельную главу нашего Уголовного кодекса; нет и четкого перечня норм, устанавливающих ответственность за отдельные виды посягательства на природу²¹. Именно поэтому пресловутые ПДК могут превращаться в десятки, сотни и тысячи раз, а виновные даже поощряются, если производством выполнен план. Правда, с 5 января 1990 г. Совет Министров СССР утвердил Положение о взимании в 50 городах страны штрафов за сверхнормативные выбросы в атмосферу загрязняющих веществ. Как ни странно, Мончегорск в их число не попал! Может, по той причине, что для «Североникеля» нормативы предельно допустимых концентраций выбросов до сих пор не установлены?²²

В начале прошлого года вышел из печати первый отечественный документ, в котором представлены систематизированные данные о качестве окружающей среды. Кольский п-ов едва ли не чаще прочих, мягко выражаясь, неблагополучных мест поминается на его страницах²³, и все потому, что экономисты и политики считают, видимо, нерентабельным экологически чистое производство из-за затрат, необходимых на приобретение и работу современных безотходных и энергосберегающих технологий. Депутат Верховного Совета СССР А. В. Яблоков предложил использовать валютные средства в первую очередь именно на эти нужды, но пока суд да дело, на природу и человека не удосуживаются оглянуться. Двадцать лет назад Запад оценил грозящие ему последствия загрязнения среды, и сегодня наиболее развитые страны, вопреки нашему представлению об «их морали», — пример бережного отношения к человеку и природе.

7 апреля прошлого года по советскому телевидению выступали советские и финские ученые, которые, обрисовав ситуацию на Кольском п-ове, заявили о близящейся здесь экологической катастрофе. Так быть или не быть этому израненному уголку северной природы? Ответ у времени ждать преступно, нужно действовать.

¹⁹ Кольский полуостров: проблемы экологии // Север. 1988. № 1. С. 93.

²⁰ Обзор фонового состояния окружающей природной среды в СССР за 1989 г. М., 1989. С. 72.

²¹ Дубовик О. Л., Жалинский А. Э. Причины экологических преступлений. М., 1988. С. 67—68.

²² Ежегодник состояния атмосферного воздуха и выбросов вредных веществ в атмосферу на территории деятельности Мурманскгидромета в 1988 г. Мурманск, 1989. С. 130.

²³ Состояние природной среды в СССР в 1988 году. М., 1989. С. 26, 40, 61, 62, 73, 80, 93, 109, 112—115, 123, 124, 131.

На борту «Академика Иоффе»

Ю. Ю. Житковский,
доктор физико-математических наук,
Н. С. Скорнякова,
кандидат геолого-минералогических наук,
А. Ю. Захлестин,
Н. Ю. Терский
Институт океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР
Москва



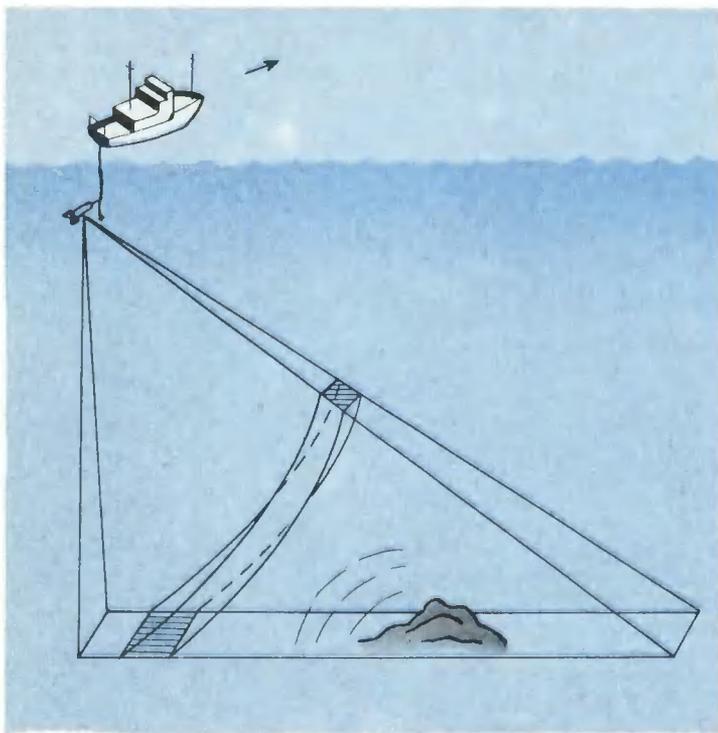
В ФЕВРАЛЕ 1989 г. мы поднялись на борт нового научно - исследовательского судна «Академик Иоффе», построенного для АН СССР в финском городе Раума на верфи акционерного объединения «Холлминг». Этот первый рейс судна, предназначенного для комплексных исследований океана и оснащенного самой современной аппаратурой, позволяющей заменить традиционные и весьма трудоемкие океанологические методы экспрессными, был «акустическим». При помощи звуковых волн предпо-

лагалось изучать толщу океана, айсберги, дно и, в частности, железомарганцевые конкреции в Северной Атлантике. Акустическое их обнаружение и было главной задачей нашей комплексной группы, состоящей из акустиков и геологов.

И «Академик Иоффе», и однотипный корабль «Сергей Вавилов» спроектированы финнами совместно с советскими специалистами из АН СССР, и в частности ИОАна. Эти комфортабельные дизельные суда со скоростью движения 15 узлов в час имеют ширину

18 м, длину 117 м и могут преодолевать расстояние в 20 тыс. миль, не пополняя запасов топлива и провианта. Навигационная система судна вычисляет его точные координаты и позволяет направлять вдоль определенной исследовательской линии (одной или нескольких). В дрейфе судно может медленно изменить положение (чтобы приблизиться к другому) с помощью жестких пластиковых парусов — ветровых движителей.

Численность экипажа вместе с исследовательским пер-



Принцип работы гидролокатора бокового обзора.

соналом — 128 чел. Кроме удобных кают на судах предусмотрены библиотека и спортивные помещения. Здесь располагается около 20 стационарных лабораторий:

метеорологическая, оптико-радиометрическая, метрологическая, гидролого-гидрохимическая, радиометрическая, приема и регистрации данных, геологическая и геофизическая и др. Имеется место для трех сменных контейнерных лабораторий, устанавливаемых при необходимости. При этом у каждой лаборатории свои ЭВМ, подключенные к измерительным приборам и передающие информацию в общий вычислительный центр судна.

Не останавливаясь пока на аппаратах, с которыми мы работали в рейсе, отметим, что на борту имеется парусно-моторный метрологический бот, связанный с судном радиотелеметрической системой передачи информации, который позволяет выйти из шумового поля судна. Слабые подводные акустические сигналы принимают при «режиме тишины» на судне, когда на шлюпочной палубе работает дизель-гене-

ратор, помещенный в специальную заглушающую шум кабину.

Немаловажное подспорье в работе — прекрасно оборудованные мастерские, фотолаборатории, исследовательские лебедки, рамы и краны, разнообразные системы, способные опускаться до глубины в несколько километров.

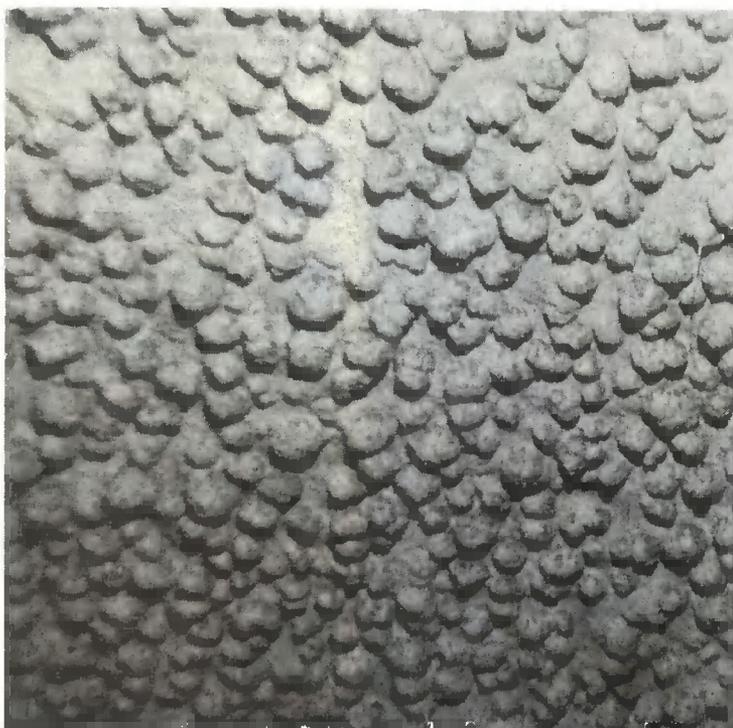
Теперь о предмете наших исследований. Крупные запасы марганца, никеля, меди, кобальта и других ценных металлов, заключенные в широко распространенных на дне океана железомарганцевых конкрециях, привели к тому, что они стали объектом не только научных, но и экономических интересов. Основная их масса обнаружена на глубинах 4000—6000 м, где конкреции залегают на поверхности осадков и иногда устилают дно, подобно булыжной мостовой.

Чтобы обнаружить конкреции, определить их концентрацию (процент покрытия ими дна) и количество на единицу площади традиционно пользовались дночерпателями, грунтовыми трубками, тралами и драгами. Из них только дночерпа-

тели, площадь «захвата» которых известна, пригодны для количественной оценки, а концентрацию более эффективно выявляет съемка дна при дрейфе судна — подводное фотопрофилирование.

Однако этот вид работ достаточно дорог, и проводить его предпочтительнее после выявления зон, где концентрация железомарганцевых конкреций наиболее высока. Исследования последних лет показали, что конкреции распространены на поверхности дна весьма неравномерно. Поэтому их разведку гораздо дешевле и проще проводить с помощью буксируемых над дном фототелевизионных установок или акустических приборов. Но фототелевизионные установки, перемещаемые со скоростью 2—3 узла у самого дна, требуют мощного освещения. Наиболее эффективный акустический прибор для околуривания скопления железомарганцевых конкреций — гидролокатор бокового обзора — буксируют у поверхности океана (на глубине 20—100 м) при скорости 5—7 узлов. За час работы такой прибор

Конкреционная мостовая в Бразильской котловине.



обозревает около 100 км² площади морского дна.

Гидролокатор бокового обзора позволяет зафиксировать рассеяние звука дном океана, уровень которого зависит от физических характеристик слагающих дно осадков, пород или конкреций. Правда, метод дистанционного зондирования дна не позволяет отличить скопления конкреций от россыпи обломков пород такой же плотности или «конкреционную» мостовую от лавового покрова, и впоследствии нужна геологическая коррекция, т. е. достаточно частей отбор проб.

Гидролокатор излучает звуковую волну в плоскости, перпендикулярной к направлению буксировки. Распространяясь, звук достигает дна сначала непосредственно под локатором и отражается. Затем рассеяние происходит на все более удаленных участках «озвучиваемой» полосы дна. Зная положение гидролокатора и время распространения сигнала до дна, можно определить местоположение рассеивающего участка. Каждый участок дна характеризуется определенным уровнем

рассеяния сигнала. Следующая посылка «озвучит» соседнюю полосу дна и т. д. Фиксируя принятый сигнал, получают графическое изображение распределения обратного рассеяния звука на исследуемом участке дна.

Использованный в рейсе гидролокатор бокового обзора «SONAC LF» разработан совместно АН СССР и финской фирмой «Холлминг» и предназначен для съемок дна при глубине океана до 6 тыс. м. Он позволяет одновременно просматривать полосу дна шириной до 13—15 км по обе стороны от линии движения судна. Прибор имеет 3 рабочих частоты: 5, 10 и 20 кГц отдельные приемную и излучающую антенны и в отличие от наиболее известного гидролокатора дальнего действия «GLORIA», который требует использования специального судна, может быть установлен практически на любом корабле. Габариты этой буксируемой «рыбы» 3,5×1,5×1,2 м, вес в воздухе около 500 кг. Благодаря использованию частотно-модулированных зондирующих сигналов прибор име-

ет широкую полосу обзора при относительно небольшой излучаемой мощности, поэтому он получил еще одно название «сервейер».

Испытание сервейера и отработка с его помощью методов акустической индикации конкреций и проводились нами в первом рейсе «Академика Иоффе» на полигоне в Бразильской котловине. Подобные работы с сервейером в комплексе с геологической съемкой мы выполняли и ранее, но теперь в нашем распоряжении был многолучевой эхолот, с помощью которого исследуют рельеф дна, а система точной географической привязки с использованием спутниковой навигации позволяла определять местоположение судна с точностью до 50 м.

Шестидесятилучевой эхолот «ECHOS XD» обозревает полосу съемки в 2 раза большую, чем глубина под килем¹, но наиболее точная информация о рельефе дна поступает в полосу шириной в «одну глубину». Съемка велась 8 ч, учитывалось, что именно в этот период «работает» спутниковая навигация. Уже через 10 ч была готова батиметрическая карта полигона, площадью около 400 км².

После окончания эхолотного промера началось 30-часовая работа с сервейером. Расстояние между галсами (их было сделано 8) выбиралось таким образом, чтобы полученные изображения дна перекрывались. К концу работ на полигоне была отработана методика совместной работы многолучевого эхолота и сервейера, что в будущем позволит за 10 ч получать одновременно и данные о рельефе, и карту интенсивности рассеянного звука от дна, т. е. основу для геологического картирования на полигоне размером 10×10 миль.

Геологические работы на полигоне строились с учетом полученных акустических данных. С помощью дночерпателя «Океан», бравшего пробы через 1—2 мили, и самовсплывающего

¹ Дмитриевский Н. И., Терский Н. Ю. Многолучевой эхолот // Природа. 1989. № 5. С. 61—63.



Распределения осадков и выходов
коренных пород на полигоне в
Бразильской котловине.



дночерпателя «АП-Пассат», поднимавшего породы через 500 м, было получено 52 пробы. Кроме того, сделано 6 фоторазрезов длиной 1—4 мили.

Полигон был расположен в восточной части Бразильской котловины, примыкающей к Срединно-Атлантическому хребту. Здесь гряды высотой 300—500 м над дном соседствуют с холмистой равниной. Сильно расчлененный рельеф, обусловленный тектоническими движениями и вулканизмом, выходы коренных пород делают осадочный покров разнообразным и неравномерным.

Судя по фотографиям дна и пробам, даже на равнинных участках мягкий грунт нередко сменяется выходами лавовых покровов или глыбовыми развалами, на которых обычны россыпи конкреций. Еще более контрастны осадки и неравномерное распространение конкреций на вершинах и склонах подводных гор.

Спуски за борт гидролокатора бокового обзора.

Фото Б. А. Давыдова



Карта распространения конкреций на полигоне.

Распространение конкреций:



на 30—70% площади дна



на площади менее 10%

Коренные породы, выявленные:



геологическими исследованиями



сервейером



Полигон находился в той части котловины, где глубины варьируют от 4500 до 5400 м. Биогенные осадки, карбонатные и фораминиферовые, встречаются на меньших глубинах, а известковые илы и бескарбонатные глины на больших.

Наибольшая интенсивность рассеянных дном сигналов была обнаружена гидролокатором бокового обзора на поднятиях и в узких линейных зонах в равнинной части полигона. Именно с этих участков были подняты глыбы и мелкие обломки базальтов, туфобрекчии и конкреции. По фотографиям дна, максимальному уровню рассеяния соответствовали обнаружения коренных пород или плотные залежи конкреций.

С помощью проб и фоторезрезов было установлено, что основная масса конкреций находилась на вершинах и пологих участках склонов вулканических гряд в областях развития карбонатных осадков. Конкре-

ции здесь покрывали от 30 до 70 % площади дна, обычно — более 50 %. На крутых участках склонов их сменяли шаровые лавы и глыбы. Между грядами и на поверхности холмистой равнины концентрация конкреций резко снижалась (ими покрыто менее 10 % площади) или они вообще отсутствовали. Однако местами (обычно на участках выходов коренных пород в равнинной части полигона) их концентрация достигает 20—50 %. Так, на одном из фоторезрезов в равнинной части полигона были обнаружены: развалы глыб, обрамленные осадками с конкрециями с концентрацией 10—30 %. Ширина зоны, в пределах которой на поверхности дна наблюдались коренные породы и россыпи конкреций, составляла примерно 1 км; по обе стороны от нее на расстоянии 0,5—1 мили на фотографиях видна мягкая поверхность осадков, лишенная конкреций.

Акустическую разведку железомарганцевых конкреций начали проводить не так давно. Пока главное в работах такого рода — проверка совпадения акустических и геологических данных. В нашем рейсе оно оказалось 75—80 %-ным, что объясняется, во-первых, «пятнистостью» распространения руд, характерной для контрастного донного рельефа полигона в этой части Северной Атлантики, и, во-вторых, отсутствием средств «привязки» дночерпателей, нередко отплывающих на 200—300 м от места взятия пробы. В некоторых районах Тихого океана «акустика» совпала с «геологией» почти полностью.

На работы в Бразильской котловине в первом рейсе «Академика Иоффе» ушло около месяца. Интересными и продолжительными были исследования звукорассеивающих слоев в толще океана, течений, айсбергов, но это уже другие темы.

Крупнейшее захоронение мамонтов в Европе

А. В. Лавров, Е. Н. Машенко
Палеонтологический институт АН СССР
Москва

Л ЕТОМ 1988 г. на юго-востоке Брянской области, около Севска, при добыче песка ковш экскаватора подцепил несколько громадных костей. Инженер, руководивший работами, доставил часть их в Севский краеведческий музей, где определили, что кости принадлежат мамонту. В ходе работ два скелета разрушились, а огромные кости и череп одного из мамонтов долго лежали в карьере, пока их не разобрали на сувениры. Этим все могло бы и кончиться, если бы не энтузиазм Сергея Николаевича Серегина, который, понимая важность находки, сообщил о ней в наш институт¹.

Осенью того же года группа палеонтологов института отправилась на Севский карьер. Первое, что мы увидели, — огромная бедренная кость, торчащая из его стенки, и груды костных обломков на песке. Из отвалов и стенок карьера мы собрали много целых костей взрослых мамонтов и неполный скелет мамонтенка. Карьер оказался крупным местонахождением мамонтов. Мы возвратились в Москву, но собирались продолжить раскопки в следующем году.

Весной 1989 г. на глубине 2 м был вскрыт костеносный слой. Основная масса костей, принадлежавших, видимо, 10—15 животным, оказалась сконцентрированной всего на 50 м², где кости лежали плотным слоем. Здесь находились два

почти целых скелета мамонтов, плоские тазовые кости и лопатки, черепа и нижние челюсти, бивни, длинные кости конечностей. Посреди площадки выделялась самая крупная находка — череп молодого мамонта с бивнями. В других участках раскопа были собраны остатки еще 4—5 животных. Костеносный горизонт уходил в восточную и южную стенки раскопа.

Значительная часть костного материала представляла собой крупные сохленные фрагменты скелетов. Извлеченные из грунта кости были нежно-розового, иногда желто-оранжевого цвета, но через 5—10 мин. становились на воздухе светлосерыми. Многие кости из основного костеносного слоя можно было извлекать без предварительной обработки клеющим составом, но некоторым не всегда помогал и клей: бивни, например, при высыхании быстро растрескивались и разрушались.

Севское местонахождение

расположено на левом берегу р. Сева, и стенка карьера подрезает речную террасу, бровка которой поднята над урезом воды метров на 8—10. Отложения террасы состоят из двух комплексов: 5-метровой толщи горизонтально-слоистых мелкозернистых, хорошо отсортированных озерных песков с кровлей, несущей явные следы размыва, и перекрывающих ее типично пойменных речных осадков. Насыщенный костями горизонт залегает в основании пойменного комплекса и перекрывает размытую песчаную кровлю.

Район формирования костеносных отложений, видимо, представлял собой некогда речную пойму со старичными озерами, образовавшимися на месте обмелевшего озера. В периоды высокого стояния воды течением и заносились в старицу трупы мамонтов. По мнению Н. К. Верещагина, богатые кормом поймы рек привлекали множество животных и могли

Состав костного материала с севского* и берелехского мамонтовых «кладбищ»

Часть скелета	Количество костей	
	Берелех	Севск
Череп	3	4
Нижняя челюсть	121	6
Зубы	149	22
Позвонки	1328	232
Ребра	2359	206
Лопатки	156	17
Плечевые кости	189	14
Локтевые кости	155	10
Лучевые кости	143	25
Бедренные кости	179	19
Тазовые кости	215	16
Количество особей	156	20

* Приведены данные 1988—1989 гг. Количество особей установлено по черепам, нижним челюстям, лопаткам, тазовым костям и парным костям конечностей.

¹ Авторы глубоко признательны руководству Севского РК КПСС, начальнику РСУ Артюхину В. Г. за неоценимую техническую помощь при проведении экспедиционных работ, а также учащимся Севского интерната, принимавшим участие в раскопках. Особую благодарность мы выражаем Сергею Николаевичу Серегину.

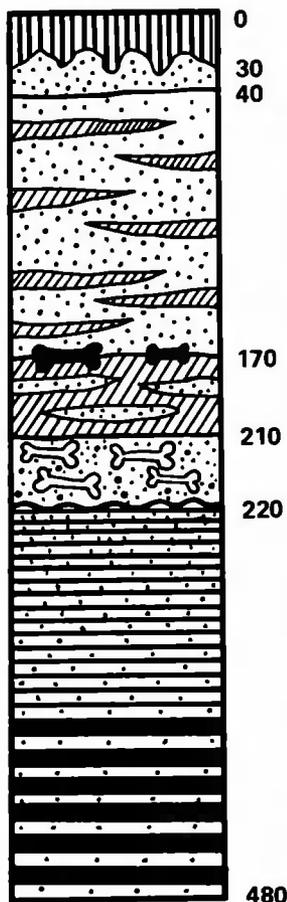


Схема строения плейстоценовых отложений в севском карьере и место раскопа. Основной костеносный горизонт из среднезернистого

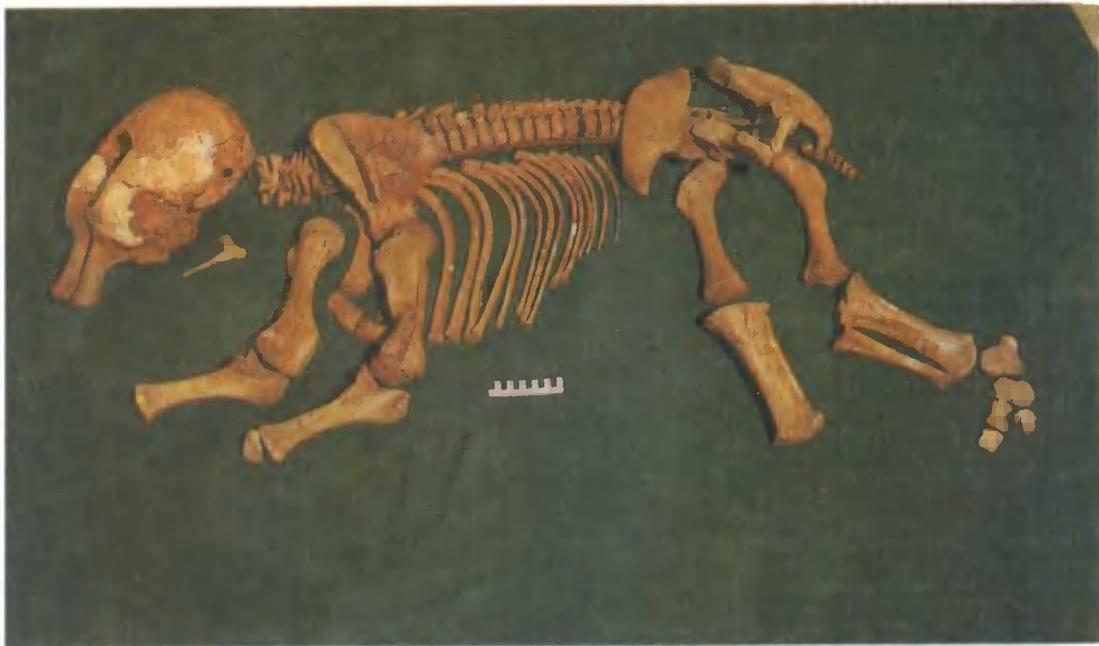
песка с примесью гальки и единичных валунов — это пойменные отложения древней реки, под которыми залегают озерные отложения с хорошо выраженной горизонтальной слоистостью и смывной кровлей.

быть ловушками для них во время сильных половодий.

До места захоронения туши мамонтов продельвали различный путь, и потому поразному сохранились их скелеты. Но степень сохранности не всегда связана с дальностью переноса: на двух черепах повреждения явно вызваны выветриванием уже после частичного захоронения. Скелеты мамонят, найденные в понижениях древнего микрорельефа, хорошо сохранились, видимо, благодаря тому, что их небольшие тела были быстро погребены под пойменными наносами.

Севское местонахождение уникально по нескольким характеристикам. Во-первых, это самое крупное в Европе естественное «кладбище» мамонтов, намного превосходящее кондовское (Великобритания), где найдены остатки 3—4 животных, а в Севске уже сейчас не менее 20. Правда, грандиозному бережливому «кладбищу» в Якутии оно значительно уступает — там экспедицией Зоологического института АН СССР за три полевых сезона собраны 8830 костей, принадлежащих 156 особям² (см. табл.). Во-вторых, в севском карьере больше, чем в других естественных местонахождениях или на стоянках древних людей, останки молодых животных от 1,5—2 до 8—

² Верещагин Н. К., Украинцева В. В. // Тр. Зоол. ин-та. 1985. Т. 131. С. 104—113.



Скелет 1,5—2-годовалого мамон-
тенка. Неполностью прорезавшие-
ся бивни и строение альвеол ука-
зывают на то, что это, скорее
всего, самка.
Здесь и далее фото А. В. Мазина.



Череп 8—10-летней самки (воз-
раст установлен по форме аль-
веол, размерам бивней и проре-
завшимся первым коренным зу-
бам). Правый бивень сломан после
смерти животного, так как поверх-
ность излома не имеет площадки
стирания, характерной для пере-
ломов, полученных животным при
жизни. Верхушечная часть черепа
как бы срезана — она выступала из
покрывавших останки речных от-
ложений и успела разрушиться.



Нижние челюсти мамонят и
взрослых животных. Судя по силь-
но стертой, вогнутой форме жева-
тельной поверхности зубов, одна

из челюстей (слева внизу)
принадлежала очень старому, ве-
роятно, более чем 60-летнему ма-
монту.

10-летнего возраста — на их
долю приходится 45%, а в
Берелехе, например, 2—10-лет-
них животных 28,5%, большую
часть (48—70%) составляют
10—30-летние³. В конце плейсто-

цена, видимо, ухудшились ус-
ловия обитания мамонтов, и
неблагоприятная демографиче-
ская ситуация, сложившаяся в
популяции «севских» животных,
привела к повышенной гибели
молодняка. В-третьих, севские
мамонты — самые низкорослые
из известных к настоящему

³ Вережанин Н. К. // Тр. Зоол.
ин-та. 1977. Т. 72. С. 5—49.

времени: судя по размерам костей конечностей взрослых особей, высота их скелета колебалась от 2,1 до 2,4 м, в то время как скелеты мамонтов из других местонахождений были 2,5—3,2 м высоты. Возможно, обширный ареал мамонтов, простиравшийся от Британских островов до Аляски, в конце плейстоцена оказался разделенным на ряд изолированных участков. Мелкие размеры севских животных могут отражать реально существовавшую в то время разницу в росте животных из удаленных друг от друга популяций.

Добавим, что севское захоронение отличается от других хорошей сохранностью костей. Поскольку костеносный горизонт формировался в условиях стабильного режима осадконакопления, кости были недоступны хищникам и грызунам — из 1367 найденных костей всего четыре имели характерные повреждения (на берелехском местонахождении повреждены 19 % костей). Кроме остатков мамонтов в Севске мы нашли только

три кости конечности древней лошади, а в том же Берелехе найдены остатки овцебыков, северных оленей, бизонов, шерстистых носорогов, пещерного льва, волков, росомых и белых куропаток.

Основной костеносный горизонт в севском карьере, судя по радиоуглеродному анализу костей скелета, выполненному сотрудником Геологического института АН СССР Л. Д. Сулержицким, сформировался $13\,950 \pm 70$ лет назад, а кровля — $13\,680 \pm 60$. Два других крупных «кладбища» образовались несколько позже: Кондовер — около 12 800, Берелех — $12\,240 \pm 160$ лет назад.

Повсеместное и быстрое вымирание многих представителей мамонтовой фауны (мамонт, шерстистый носорог, пещерный лев и др.), приспособленных к суровым условиям существования в зонах холодных и сухих тундростепей, было связано с глобальными изменениями климата, происходившими на рубеже плейстоцена и голоцена, т. е. 10—13 тыс.

лет назад. Быстро происходила смена ландшафта осоково-злаковых тундростепей на бескормные для большинства крупных растительноядных мохово-лишайниковую заболоченную тундру и северную тайгу⁴. Последние мамонты вымерли около 10 тыс. лет назад. Наиболее поздние из известных остатков (9670 ± 60 лет) этих животных происходят с р. Нижняя Таймыра в северной части п-ова Таймыр.

При исследовании естественных захоронений животных у палеонтологов появляется возможность оценить факторы, влиявшие на стабильность и благополучие популяций, выделить причины, сыгравшие решающее значение в исчезновении вымерших видов. Изучение севского мамонтового «кладбища» — уникального памятника природы — будет продолжено и несомненно даст новые интересные результаты.

⁴ Величко А. А. Природный процесс в плейстоцене. М., 1973.

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

БАШКИРСКИЙ МАГАЗИН № 1 «КНИГА — ПОЧТОЙ»

«Академкнига» предлагает книги издательства «Наука»:

Еременко Н. А. МИР ГЛАЗАМИ ГЕОЛОГА. (Человек и окружающая среда). 1990. 176 с. 65 к.

КОЛЬЦЕВАНИЕ И МЕЧЕНИЕ ЖИВОТНЫХ. 1983—1984 гг. 1987. 160 с. 1 р. 40 к.

КОЛЬЦЕВАНИЕ И МЕЧЕНИЕ ПТИЦ В СССР. 1979—1982 гг. 1986. 168 с. 1 р. 80 к.

Корпачев В. В. ЦЕЛЕБНАЯ ФАУНА. (Человек и окружающая среда). 1989. 189 с. 2 р.

Метлицкий Л. В., Озерецковская О. Л. КАК РАСТЕНИЯ ЗАЩИЩАЮТСЯ ОТ БОЛЕЗНЕЙ. (Наука — сельскому хозяйству). 1985. 190 с. 70 к.

Сребродольский Б. И. ЗАГАДКИ МИНЕРАЛОГИИ. (Человек и окружающая среда). 1987. 160 с. 55 к.

ЭКОЛОГИЯ И МИГРАЦИЯ ЛЕБЕДЕЙ В СССР. 1987. 152 с. 1 р. 80 к.

Заказы на книги направляйте по адресу: 450059, г. Уфа, ул. Р. Зорге, дом. 10. Магазин № 1 «Книга — почтой» «Академкнига».

Самоорганизация в кольцах планет

Н. Н. Горькавый, А. М. Фридман



Николай Николаевич Горькавый, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник отдела физики звездных и планетных систем Астрономического совета АН СССР. Специалист в области физики планетных колец. Лауреат Государственной премии СССР (1989 г.).



Алексей Максимович Фридман, доктор физико-математических наук, заведующий этим же отделом. Научные интересы связаны с развитием пограничной области между теоретической астрофизикой и физикой плазмы — теоретической гравифизики, описывающей процессы в гравитирующих средах. Лауреат Государственной премии СССР (1989 г.).

«Когда мы на самом деле видим, как эта величественная арка висит над экватором планеты без всякой видимой поддержки или связи, наш ум уже не может успокоиться. Мы не можем примириться с этим явлением (...) не отыскивая объяснения ему»¹.

Дж. Максвелл

ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ КОЛЕЦ САТУРНА

Существование необычных образований возле Сатурна впервые обнаружил Г. Галилей в 1610 г. О том, что Сатурн окружен «тонким и плоским кольцом, нигде не соприкасающимся с ним и наклонным к эклиптике»², догадался только Х. Гюйгенс в 1656 г. (и Галилей и Гюйгенс сначала из осторожности зашифровали сообщения о своем открытии — слишком уж неожиданным оно казалось). В 1675 г. Ж. Д. Кассини открыл промежуток между кольцами А и В (щель Кассини). Его сын Ж. Кассини высказал идею метеороидного строения колец. Плеяду блестящих умов, изучавших кольца, продолжил И. Кант, в 1755 г. описавший их как дифференциально вращающийся разреженный диск сталкивающихся частиц, причем из-за соударений частиц диск делится на узкие колечки. Космология Канта, изложенная во «Всеобщей естественной истории и теории неба», опередила науку примерно на 200 лет и именно поэтому была мало известна современникам. Лаплас через 40 лет обсуждает гораздо более искусственную конструкцию: «Кольца, окружающие Сатурн, представляют собой непрерывные твердые тела неодинаковой ширины в разных точках своей окружности...» Переменная ширина колец, по Лапласу, необходима, «чтобы поддерживать кольцо в равновесии вокруг планеты, так как если бы оно было совершенно одинаковым во всех своих частях, его равновесие наруша-

¹ Maxwell J. C. On the Stability of the Motion of Saturn's Rings. Cambridge, 1985.

² Цит. по: Паша И. И. // Земля и Вселенная. 1983. № 6. С. 42—47.

лось бы самой незначительной силой... И кольцо упало бы на планету»³.

Исследование задачи Лапласа об устойчивости твердого кольца в 1857 г. продолжил Дж. Максвелл. Подтвердив вывод о падении такого кольца на планету, он показал, что устойчивым может быть твердое кольцо с приклеенным к нему спутником, масса которого в 4,5 раза превосходит массу остального кольца. Далее Максвелл заключает: «Так как вид колец не дает никаких указаний на что-либо подобное, не дает никаких предпосылок для такой большой неравномерности распределения масс, то теория твердых колец становится весьма неправдоподобной. (...) Единственная жизнеспособная система колец сводится к бесчисленному количеству несвязанных частичек, обращающихся вокруг планеты с различными скоростями. (...) Эти частички могут быть собраны в систему узких колец или они могут двигаться одна за другой без особой закономерности»⁴. За эту работу по устойчивости колец Сатурна Максвелл получил премию имени Адамса. Имена первых исследователей колец запечатлены на «географической карте» колец Сатурна — помимо широко известных щелей Кассини и Энке там появились кольца Гюйгенса и Максвелла. Так были названы два очень необычных — узких и эллиптических — колечка, открытых недавно в щели Кассини и кольце С.

Интересно, что кольцу Сатурна выпала честь быть первым в истории объектом, исследованным на устойчивость. Именно при анализе устойчивости этого кольца Лаплас сформулировал задачу с начальными условиями, которая сейчас известна как задача на собственные значения. Именно в статье Максвелла об устойчивости колец Сатурна было впервые приведено уравнение, определяющее собственные частоты колебаний колец (в наше время такие уравнения называют дисперсионными). В качестве курьеза отметим, что Максвелл вслед за Лапласом ошибся в выводе о падении сплошного кольца на планету. Как показано Фридманом, Морозовым и Поляченко⁵, твердое кольцо из реального материала не успеет упасть на планету, поскольку еще на орбите будет разломано на куски мелкомасштабной изгибной неустойчивостью (и никакой «приклеенный» спутник от этого не спасет).

Интересно также, что мысль о расслоении колец Сатурна на узкие колечки, идущая от Канта к Лапласу и Максвеллу, прочно забылась в XX в. Как ни странно, это связано с установившейся монополией классической механики на исследование динамики Солнечной системы.

КЛАССИЧЕСКАЯ ПАРАДИГМА В НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКЕ

Практически вся традиционная небесная механика сводится к решению задачи нескольких гравитирующих материальных точек, чаще всего трех: Солнце — планета — астероид, планета — спутник — спутник и т. д. Трехвековой путь науки о движении небесных объектов — поистине триумфальное шествие парадигмы N тел, в рамках которой развиты глубокие математические методы и накоплены точные решения⁶. Модель нескольких точек плохо соответствовала лишь одному объекту в Солнечной системе — кольцам Сатурна. Но «природу пытаются «втиснуть» в парадигму, как в заранее сложенную и довольно тесную коробку»⁷. И после того, как Солнечная система стала царством небесной механики, на кольца Сатурна тоже стали смотреть как на пассивное плоское облако мелких независимых спутников, для описания которого достаточно механики отдельной частицы в поле тяготения планеты. Из взаимодействия частиц выводилось только медленное распыление колец по радиусу. Именно поэтому идеи о расслоении колец были прочно забыты.

Такая точка зрения столкнулась с фактом существования 9 далеко отстоящих друг от друга колец Урана, обнаруженных астрономами США по затмению звезды. Открытие было сделано 10 марта 1977 г. с борта «Боинга» — Койперовской летающей обсерватории.

Кольца оказались эллиптической формы, узкими, плотными, с резко очерченными краями. Это свидетельствует об отсутствии диффузии на краях колец. Факт нетривиальный: казалось бы, резкий градиент плотности должен размываться из-за столкновений, так что распыление колец по космогоническим временным масштабам произойдет практически «мгновенно» — за какие-нибудь 200 лет. Примерно за такое же время кольца из эллиптических должны превратиться в круг-

³ Лаплас. Изложение системы мира. Кн. 4. О теории всемирного тяготения. Л., 1982.

⁴ Maxwell J. C. The Scientific Papers. Vol. 1. Cambridge: Univ. Press, 1890.

⁵ Fridman A. M., Morozov A. I., Polyachenko V. L. // Astrophys. and Sp. Sci. 1984. V. 103, P. 137.

⁶ Арнольд В. И. Трехсотлетие математического естествознания и небесной механики // Природа. 1987. № 8. С. 5—15.

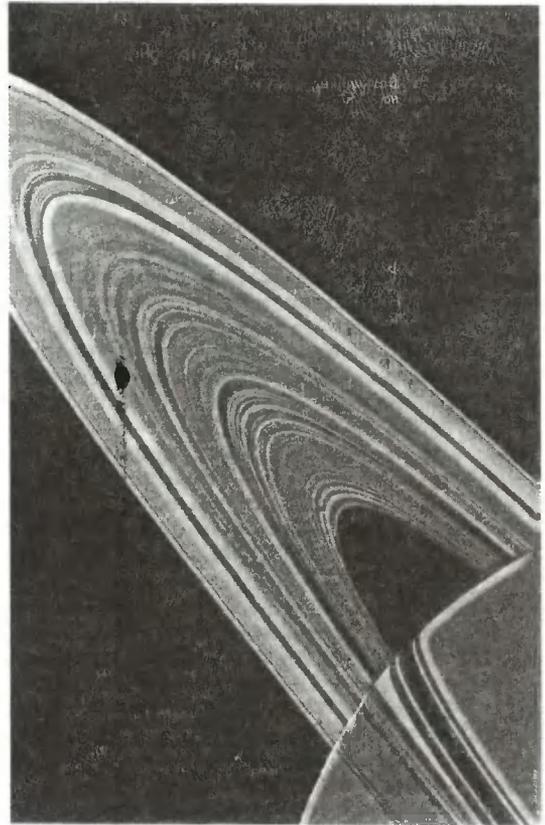
⁷ Кун Т. Структура научных революций. М., 1977. С. 45.

лые. Причину последнего легко понять. Внутренней и внешней границами эллиптического кольца служат два соосных эллипса — их соосность, т. е. совпадение прямых, соединяющих их фокусы, и обеспечивает эллиптичность всего кольца. Но это противоречит классической механике, поскольку потенциал гравитационного поля Урана ψ является не чисто «ньютоновским», $\psi \sim R^{-1}$, а содержит квадрупольную поправку. Значит, орбита, по которой частица вращается вокруг силового центра, будет не неподвижным эллипсом, а эллипсом прецессирующим (поворачиваемся вокруг этого центра). Скорость прецессии растет с угловой скоростью частицы Ω . А поскольку при дифференциальном вращении справедливо уравнение $\Omega^2 R = GM/R^2$ (R — радиус орбиты частицы, M — масса планеты, G — гравитационная постоянная), то линейная и — тем более — угловая скорость частиц на внутреннем крае колец больше, чем на внешнем. Значит, скорость прецессии внутренней кромки больше, чем наружной (этот эффект называют дифференциальной прецессией), и соосность эллипсов-границ должна нарушаться за считанные сотни лет. Следовательно, кольца не могут быть эллиптическими. Тем не менее именно таковыми мы их наблюдаем.

Среди нескольких вариантов решения парадоксов стабильности колец Урана наиболее широкое распространение получила гипотеза Голдрайха и Тремайна⁸. Согласно этой гипотезе, с обеих сторон от каждого из 9 обнаруженных колец находится по 2 спутника-«пастуха», которые и препятствуют диффузии частиц колец по радиусу.

Поскольку при дифференциальном вращении, в соответствии с законом Кеплера, скорость уменьшается с ростом радиуса орбиты, внутренний спутник-«пастух» обгоняет ближайшие к нему частицы кольца, а внешний «пастух» отстает от них. Проходя мимо частиц у внутреннего края кольца, первый «пастух» за счет гравитационного взаимодействия сообщает им дополнительную скорость. В результате центробежная сила, действующая на частицы, увеличивается, и они подпадают к центру кольца. Второй «пастух», напротив, замедляет частицы у внешнего края кольца, из-за чего центробежная сила уменьшается и они «падают» на планету, также приближаясь к средней линии кольца.

Как видим, модель спутников-«пастухов» родилась из традиционной небесномеханической парадигмы N тел. Сплошная сре-



Расслоение кольца Сатурна [фото «Вояджера-1»]. Структура колец — иерархическая (более узкие колечки вложены в более широкие). Видны только два широких кольца: А [внешнее] и В [внутреннее], разделенные темным промежутком — щелью Кассини. Ближайшее к планете широкое кольцо С было обнаружено сравнительно недавно, поскольку его плотность очень мала [кольцо настолько прозрачно, что в отличие от А и В, не образует тени на поверхности планеты и его не видно на ее фоне]. Внутри щели Кассини также видны узкие и плотные колечки. Космическими аппаратами обнаружены и другие, еще более прозрачные кольца D и E, а также невидимое на фото узкое [шириной около 70 км] и плотное кольцо F, удаленное на расстояние 3 тыс. км от кольца А.

да колец в ней по-прежнему представляет собой пассивное множество макрочастиц, которые подчиняются гравитационному полю одного или двух близких крупных спутников.

В 1980 г. возле внешнего по отношению к основным кольцам Сатурна (А, В и С), эллиптического и узкого кольца F были открыты два «пастуха» — Пандора и Прометей, что весьма укрепило авторитет гипотезы.

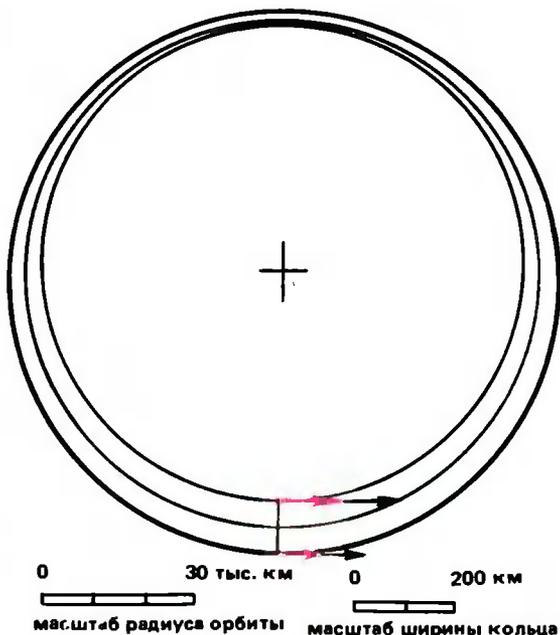
Следующей серьезной проблемой, с которой столкнулось традиционное мировоззрение, стало иерархическое расслоение колец Сатурна, обнаруженное «Вояджером» в 1980—1981 гг. Немедленно возник-

⁸ Goldreich P., Tremaine S. // Nature. 1979. V. 277. P. 97—99.

да гипотеза о том, что в кольцах Сатурна существуют тысячи невидимых спутников, «выгрызающих», а точнее, «выметающих» щели в сплошном диске из мелких частиц и превращающих кольца Сатурна в подобие грампластинки. Но «Вояджеры» не нашли таких спутников: распределение частиц по размерам резко обрывалось на 5—10 м, да и спутник-«древоточец» должен образовывать абсолютно прозрачную щель, а наблюдаемые промежутки все-таки заполнены веществом. И в 1981 г. У. Уорд и, независимо, Д. Н. Ц. Лин и П. Боденхеймер предложили модель, по которой расслоение колец является результатом действия внутренней коллективной неустойчивости (неустойчивости отрицательной диффузии). В этом же году В. Л. Поляченко и А. М. Фридман выдвинули гипотезу о расслоении колец как результате действия джинсовской гравитационной неустойчивости или более медленной диссипативной вековой неустойчивости⁹ (подробнее о таких неустойчивостях речь пойдет позже). С этих работ началось развитие моделей «активных» (самоорганизующихся) колец, концептуально отличающихся от модели «пассивных» колец, частицы которых способны образовывать пространственные структуры только благодаря организующему влиянию спутников.

Если для расслоения широких колец Сатурна модель коллективной неустойчивости утвердилась прочно, то для узких колец Урана модель «пастухов» не сдавала позиций. (Впрочем, в кольцах Сатурна тоже нашлось несколько узких эллиптических колечек, причем спутников рядом обнаружено не было. Пришлось авторам моделей «пастухов» предположить, что эти спутники слишком малы для обнаружения.)

В середине 80-х годов появились сообщения наблюдателей об обнаружении незамкнутых колец (дуг) возле Нептуна. Данные о расположении и количестве дуг приводились очень неопределенные, часто ошибочные, но сам факт существования плотных скоплений вещества, сосредоточенных только на некотором участке орбиты, сомнений у большинства ученых не вызывал. В рамках концепции «пастухов» считалось очевидным, что здесь не обошлось без гравитационного влияния невидимых спутников — ведь что-то препятствовало быстрому расплыванию дуги вдоль орбиты. Наиболее про-



Типичное эллиптическое узкое кольцо Урана. Угловая скорость частиц у внутреннего края кольца больше, чем у внешнего (показано черными стрелками), из-за чего возникает разность скоростей прецессии их орбит (цветными стрелками). Если бы частицы двигались независимо друг от друга, этот эффект быстро разрушил бы эллиптичность кольца.

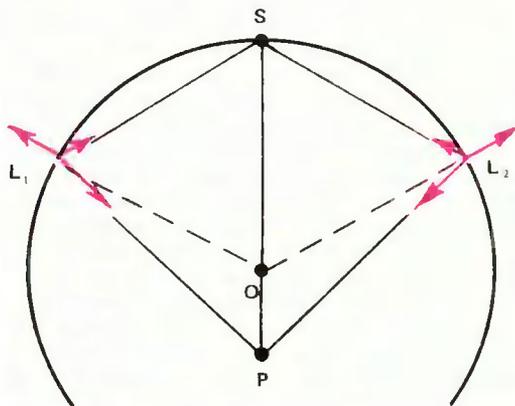


Схема расположения точек Лагранжа. При вращении спутника S планеты P вокруг общего центра масс O на орбите спутника существуют две точки L₁ и L₂, в каждой из которых силы притяжения к планете и спутнику и центробежная сила (цветными стрелками) уравновешивают друг друга. Эти точки, образуя вместе с двумя другими два равносторонних треугольника, называются точками Лагранжа. Поскольку равнодействующая всех сил в точках Лагранжа равна нулю, помещенные в их окрестности частицы могут оставаться там сколь угодно долго.

⁹ Ward W. R. // Geophys. Res. Lett. 1981. V. 8. P. 641—643; Lin D. N. C., Bodenheimer P. // Astroph. J. (Lett). 1981. V. 248. P. 183—186; Поляченко В. Л., Фридман А. М. // Астроном. циркуляр. 1981. № 1204. С. 1—6.

стое объяснение — считать, что они размещены в двух точках Лагранжа на орбите крупного спутника (так Юпитер удерживает впереди и позади себя две группы астероидов — «греков» и «троянцев»). Правда, столкновения между частицами дуги осложняют ситуацию и требуют введения еще одного «поддерживающего» спутника — на соседней орбите. Такую модель для дуг Нептуна предложил Д. Лиссайер в 1985 г.¹⁰

КОНЦЕПЦИЯ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ КОЛЕЦ

В Астрономическом совете АН СССР развивалась концепция планетных колец, которая расходилась с моделью «пастухов» почти по всем пунктам. Согласно этой концепции, ключевую роль в динамике колец играют коллективные и столкновительные взаимодействия частиц.

Фундаментальная проблема происхождения колец: почему частицы при взаимных соприкосновениях не «слиплись» в спутник, а остановились в росте, достигнув размера 5—10 м? По общепринятой версии, выдвинутой еще 150 лет назад Э. Рошем, частицы колец разрушает приливное воздействие планеты. Такой подход очень «классичен» по духу. Однако полученные с помощью «Вояджеров» данные показали, что материал частиц в кольцах достаточно прочен, чтобы удерживать 10-метровые частицы от приливного разрушения (но, как увидим ниже, не настолько прочен, чтобы не разрушаться при столкновениях).

В 1985 г. авторы опубликовали работу, в которой развита теория неупругих столкновений в кольцах¹¹. Согласно этой теории, наблюдаемые частицы возникли в результате баланса двух конкурирующих процессов — разрушения и слипания. Интенсивность разрушения частиц определяется в первую очередь их рыхлостью, т. е. относительным объемом материала, который может быть разрушен при столкновении частиц, обладающих характерной для данного кольца кинетической энергией. Если весь разрушенный материал покидает частицу, то разрушение пропорционально третьей степени ее размера. Следовательно, для достаточно больших частиц ($a > a_{cr}$) дробление преобладает над слипанием (интенсивность последнего про-

цесса практически не зависит от размеров частиц). Для колец Сатурна $a_{cr} = 5—10$ м, что свидетельствует о крайне непрочном материале частиц (рыхлый снег). Впрочем, чего еще можно ожидать от колец — космической мельницы, где каждая крупная частица испытала несколько десятков миллиардов разрушительных столкновений. Видимо, кольца — самая «зрелая» многочастичная система во Вселенной, они совершили около триллиона оборотов вокруг своей оси. Теория также дала возможность определить спектр самых крупных частиц по размерам, и он совпал с наблюдаемым.

Согласно выводам теории, подавляющая часть обломков покидает сталкивающиеся частицы (и уходит в пространство между ними) не в любой области колец, а только вблизи планеты — там, где относительная скорость крупных частиц, а следовательно, и образовавшихся осколков v больше первой космической скорости на поверхности сталкивающихся частиц (массы μ и радиуса a):

$$v > \sqrt{G \frac{M}{a}}. \quad (1)$$

Сама же величина относительной скорости рассчитывается из зависимости угловой скорости вращения частиц вокруг планеты Ω от радиуса их орбит R , которая при дифференциальном вращении в соответствии с законом Кеплера имеет вид: $\Omega^2(R) = GM/R^3$, где M — масса планеты. Дифференцируя эту зависимость и умножая ее на размер частиц a (определяющий характерное расстояние между орбитами сталкивающихся частиц), получим: $v = 3\Omega a$. Тогда неравенство (1) можно преобразовать в следующую:

$$R < R_{cr} \equiv \alpha^3 \sqrt{M/\rho} \quad (2)$$

(ρ — плотность материала колец, $\alpha \approx 1$). Неравенство (2) определяет кольцевую область вокруг планеты $R_{pl} < R < R_{cr}$ (R_{pl} — радиус планеты), в которой при каждом столкновении происходит разрушение сталкивающихся частиц (одновременно идет, конечно, и обратный процесс — слипание). Вне этой области, при $R > R_{cr}$, все образовавшиеся осколки возвращаются на материнские частицы, и суммарная масса сталкивающихся частиц не уменьшается (этот результат, полученный аналитическим путем, был подтвержден компьютерным анализом судьбы обломков). Значит, в области $R > R_{cr}$ возможен рост крупных спутников. И только в ближней к планете области рост частиц ограничивается их разрушением при столкновениях, так что

¹⁰ Lissauer J. J. // Nature. 1985. V. 318. P. 544—545.

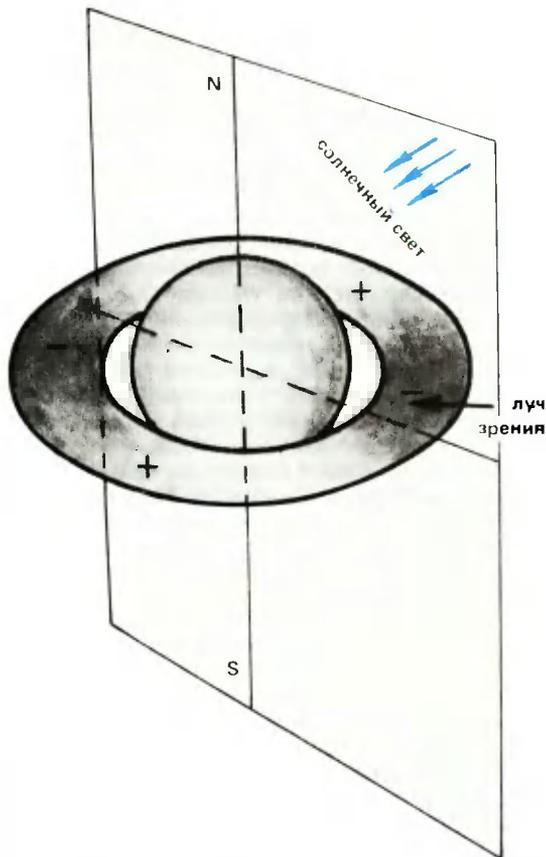
¹¹ Горькавый Н. Н., Фридман А. М. // Письма в Астрон. журн. 1985. Т. 11. С. 628—633. Аналогичная работа о столкновительном разрушении частиц в кольцах на Западе появилась только через 4 года: Lon-garretti P.-Y. // Icarus. 1989. V. 81. P. 51—73.

рост спутников, как правило, не идет. Здесь и находятся кольца.

Таким образом, из описанной теории вытекает вывод о невозможности существования крупных спутников внутри зоны колец. Спутники-«пастухи» могут возникнуть лишь вблизи внешнего края колец, где дифференциальное вращение минимально (по отношению к любой другой области колец).

Развитая авторами теория дала неожиданный «побочный результат»: компьютерный анализ движения обломков привел к объяснению загадочного явления азимутальной асимметрии яркости колец Сатурна, открытого в 1958 г. Г. Камишелем¹². Если, глядя со стороны Солнца, разметить кольца Сатурна как циферблат часов (так, чтобы проекция луча зрения на плоскость колец проходила через цифры 6 и 12), то обнаружится, что яркость в области цифр 1 и 7 максимальна, а в области 4 и 10 — минимальна, причем контраст достигает 40%. Каких только гипотез не выдвигалось на этот счет: и о несимметричной раскраске частиц, вращающихся синхронно с планетой, и о продолговатых телах, вытянутых вдоль орбиты с небольшим наклоном к ней. Но все эти модели построены на весьма шатком предположении о синхронном вращении частиц, чего трудно ожидать в условиях сильных столкновений. Наиболее современная гипотеза утверждала, что эффект асимметрии связан с гравитационным влиянием крупных частиц, каждая из которых собирает мелкие частички и пыль в две спиральные волны (никаких оценок в такой модели не проводилось). Когда же была построена компьютерная фотометрическая модель колец Сатурна, которая учитывала гравитационное влияние крупных частиц на мелкие¹³, оказалось, что, во-первых, изменение яркости из-за спиральных волн крайне мало; во-вторых, наблюдаемая асимметрия определяется взаимным затмением крупных сталкивающихся частиц и облаков из образовавшихся обломков. Проще говоря, в ярких участках колец хорошо видны светлые облака пыли и обломков, а в темных они загораживаются крупными частицами. Этот эффект сильно зависит от плотности и прочности частиц. Уже первые расчеты показали, что они имеют плотность не льда, а рыхлого снега.

Для исследования коллективных процессов в планетных кольцах была построена теория переноса, с помощью которой про-



Асимметрия яркости колец Сатурна.

анализирована устойчивость линейных возмущений диска¹⁴. Оказалось, что диффузионная неустойчивость Уорда — Лина — Боденхеймера приводит к образованию только очень узких (в сотни метров) колечек. Наблюдаемое расслоение колец Сатурна на структуры в десятки и сотни километров так объяснить нельзя. Но при углубленном анализе в кольцах обнаружился целый ряд новых неустойчивостей: квазивекковая (открыта совместно с В. Л. Поляченко), энергетическая, аккреционная и эллипс-неустойчивость.

КОЛЛЕКТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В КОЛЬЦАХ

Рассмотрим физику гравитационной неустойчивости тонкого диска. Мысленно ра-

¹² Camichel H. // Ann. Astrophys. 1958. V. 21. P. 231.

¹³ Горькавый Н. Н., Тайдакова Т. А. // Письма в Астрон. журн. 1989. Т. 15. С. 534—553.

¹⁴ Горькавый Н. Н. // Научн. информ. Астросовета АН СССР. 1986. Т. 61. С. 132.

зобьем его на отдельные кольца разного радиуса R , выделим одно из них и проследим за поведением пробной частицы массы μ , находящейся в диске на расстоянии ξ от оси выделенного кольца. На частицу действуют сразу две силы притяжения — от ближнего участка кольца и от планеты, вокруг которой обращается диск. Если притяжение планеты доминирует, система устойчива, если кольцо притягивает соседние частицы сильнее планеты, то оно начинает расти и диск расслаивается на кольца, т. е. становится неустойчивым. Определим по порядку величины критерий гравитационной неустойчивости. Пусть диск толщиной $2h$ разбит на кольца с круговым сечением радиуса h и массой единицы длины кольца χ . Тогда при $\xi/R \ll 1$ сила притяжения пробной частицы к кольцу F_R примерно равна силе притяжения бесконечной гравитирующей нити с линейной плотностью χ . По аналогии с электростатикой имеем: $F = 2G\chi\mu/\xi$. Сила притяжения к планете есть $F_{pl} = GM\mu/R^2$. Условие неустойчивости $(F_R)_{\max} > F_{pl}$ принимает вид:

$$2G\chi\mu/h > GM\mu/R^2,$$

или

$Q < 1$, где $Q = \pi L M h / m R$, $m = 2\pi R \chi$ — масса кольца. Отметим, что точное решение задачи об устойчивости диска в поле большой центральной массы¹⁵ приводит к аналогичному условию неустойчивости, только в этом случае m — масса диска.

Нетрудно видеть, что $F_R = (F_R)_{\max}$ при $\xi = h$. Следовательно, в результате гравитационной неустойчивости диск расслаивается на кольца шириной порядка их толщины.

Для пояснения тепловой (энергетической) неустойчивости колец нужно отметить, что в энергетическом отношении они являются открытой системой. В дифференциально вращающемся вязком диске благодаря постоянному трению соседних слоев энергия орбитального вращения превращается в энергию хаотического движения частиц колец, а та, в свою очередь, при неупругих соударениях переходит в обычное тепло, которое уносится в космическое пространство инфракрасным излучением. Так что кольца — типичная тепловая машина, хотя и маломощная (общая мощность около 100 кВт), зато долговечная: запас энергии орбитального движения обеспечивает их существование уже миллиарды лет. И, как в любой тепловой машине, в кольцах сохраняется баланс: при-

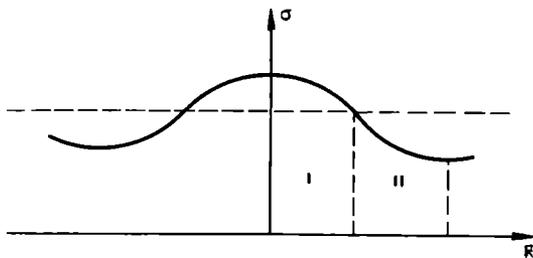


Схема развития неустойчивости отрицательной диффузии. Каждую из наложенных периодических структур разного масштаба, которые составляют иерархию колец Сатурна, можно приближенно представить косинусоидой $\sigma(R)$, где σ — масса единицы площади колец. Пространство, занятое такой структурой, условно делится на две области I и II, причем $\sigma_I > \sigma_{II}$. Условие неустойчивости отрицательной диффузии $v_I \sigma_I < v_{II} \sigma_{II}$ означает, что поток вещества из более разреженной области в более плотную превосходит встречный [v — скорость хаотического движения частиц]. При выполнении этого условия плотность вещества в области I еще больше растет за счет разрежения в области II. Это возможно, если $v \sim \sigma^{-(1+\epsilon)}$, где $\epsilon > 0$. Такое уменьшение хаотической скорости частиц в местах их скопления происходит лишь при сильно неупругих столкновениях. Действительно, тогда в местах с большей плотностью частота столкновений и, следовательно, потеря кинетической энергии каждой частицей больше, чем в местах разрежений. В результате скорость частиц в уплотненной области падает, и они накапливаются там. Этот процесс замечателен тем, что поток частиц направлен в сторону градиента плотности, а не противоположен ему, как при обычной диффузии. На языке математики это означает, что коэффициент диффузии отрицателен, с чем и связано название неустойчивости.

ток энергии равен ее оттоку. В некоторых ситуациях может возникнуть неустойчивость этого баланса. Скажем, если при охлаждении участка колец приток энергии по какой-то причине тоже уменьшается, это приводит к скачкообразному охлаждению колец. Обратный случай — при нагреве системы приток энергии еще больше увеличивается и система скачком разогревается.

Неустойчивость отрицательной диффузии Уорда — Лина — Боденхеймера, казалось бы, противоречит прописным истинам молекулярной физики. Действительно, в обычном газе частицы из более плотной области диффундируют в менее плотную. В кольцах возможна противоположная картина: частицы движутся из разреженного участка в плотный благодаря тому, что в разреженной области скорости хаотического движения (и скорости диффузии) у них больше, чем в плотных областях, где они гасятся при неупругих соударениях. Проще говоря, частицы залетают в скопление других частиц, растрачивают энергию в толчее и застревают в скоплении, еще больше увеличивая сутолоку. Точно так же накапливаются

¹⁵ Поляченко В. Л., Фридман А. М. Равновесие и устойчивость гравитирующих систем. М., 1976.

люди у узкого прохода: чем больше толпа, тем меньше пропускная способность прохода.

Как и гравитационная неустойчивость, неустойчивость отрицательной диффузии приводит к расслоению масштабам в несколько толщин диска (для колец планет — в сотни метров).

Более крупное расслоение — до километра — может вызвать квазивекловая неустойчивость, которая возникает при малом, но положительном коэффициенте диффузии среды. В этой неустойчивости важную роль играет самогравитация диска, т. е. силы тяготения между его частицами. Квазивекловая неустойчивость интересна тем, что связана с ростом возмущений, имеющих отрицательную энергию. Энергия возмущений состоит из энергии хаотического движения и гравитационной, причем последняя отрицательна, поэтому и сумма энергий может иметь разный знак. Возмущения с отрицательной энергией в диссипативной среде растут. Действительно, когда из-за возмущений увеличивается поглощение энергии в диссипативной среде, это равносильно приобретению ими дополнительной отрицательной энергии. Следовательно, абсолютная величина энергии возмущений со временем растет — в этом и состоит неустойчивость возмущений, имеющих отрицательную энергию.

Отрицательная энергия не есть прерогатива только самогравитирующих систем. В радиоэлектронных приборах волны отрицательной энергии впервые обнаружили еще в 50-х годах, в электрон-ионной плазме — в 1968 г., в жидкости — еще позднее¹⁶.

Аккреционная неустойчивость отличается от перечисленных выше тем, что образует кольцевые структуры гораздо больших масштабов, и, по-видимому, отвечает за крупномасштабное (50—1000 км) иерархическое расслоение колец Сатурна. Эта неустойчивость возникает, если в системе существуют недиффузионные потоки вещества — например, поток пыли, текущий к планете из-за аэродинамического трения или взаимодействия с солнечным излучением (эффект Пойнтинга — Робертсона). Механизм этой неустойчивости напоминает физику образования барханов в пустыне: движущиеся к планете частицы «застревают» в флуктуациях с большей плотностью, а следовательно, и с большей поглощающей способностью. Аккреционная неустойчивость порождает крупномасштабное расслоение колец, так как мелкомасштабные флуктуации рас-

плываются из-за диффузии и не успевают собрать «бархан». Математически прирост плотности в данной точке диска описывается так же, как возникновение молекул и радикалов при химических реакциях. В биологии для диффузионных систем с химическими реакциями характерна неустойчивость Тьюринга, которая отвечает за морфогенез организма, раскраску тигров, зебр и бабочек. Так что полосатость колец Сатурна в близком родстве с узором на тигриной шкуре.

Все уже описанные неустойчивости порождают кольцевые структуры, обладающие круговой симметрией. Эллипс-неустойчивость, возникающая в симметричном диске, служит примером спонтанного нарушения симметрии. Вспомним задачу Лапласа — Максвелла об устойчивости абсолютно твердого кругового кольца вокруг планеты. Каждый элемент кольца уравновешен центробежной и гравитационной силами, но связь между элементами оказывается роковой: кольцо самопроизвольно смещается с круговой орбиты, что в линейном приближении соответствует переходу на эллиптическую. Почему это происходит?

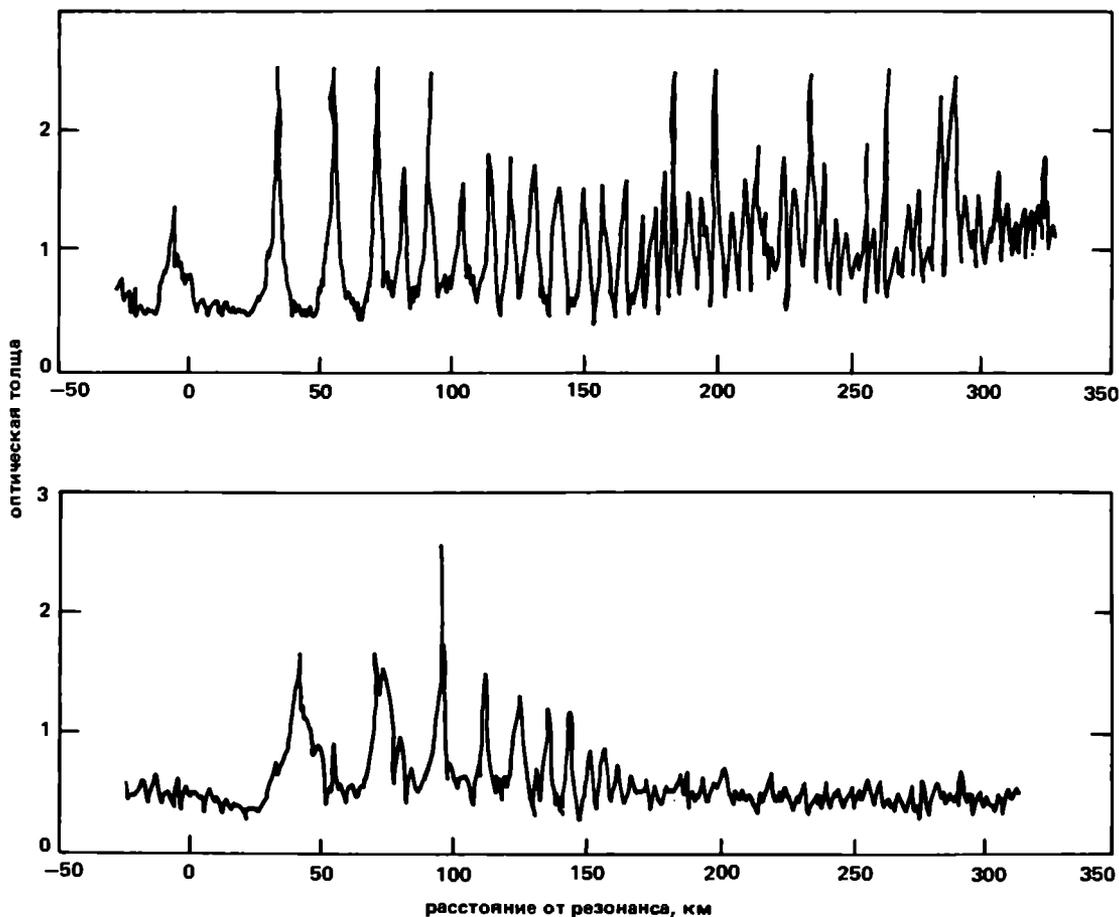
Деформация кругового кольца в эллиптическое осуществляется с помощью крупномасштабного возмущения. Такое возмущение меняет в основном форму кольца, оставляя плотность вещества практически неизменной. Аналогичная картина наблюдается при возмущениях кольца из несжимаемого материала. Следовательно, механизм эллипс-неустойчивости планетного кольца аналогичен механизму деформации жесткого кругового кольца в эллиптическое. При смещении участка твердого кольца он продолжает вращаться с той же скоростью, что и остальные участки, с которыми он жестко скреплен. В результате для ближних к планете участков начинает доминировать притяжение планеты, а для дальних — центробежная сила, что увеличивает сдвиг, и кольцо смещается с круговой орбиты. Примерами эллипс-неустойчивости служат эллиптические колечки Урана и Сатурна.

Этот набор неустойчивостей показывает богатство коллективных процессов в планетных кольцах и их неистощимую способность к самоорганизации. Но это еще далеко не все сюрпризы колец. Не менее важную роль в динамике колец играют и спутники.

РЕЗОНАНСЫ В КОЛЬЦАХ

Внешние спутники вызывают целый ряд резонансных явлений в дисках. Орбиты, на

¹⁶ Подробнее см.: Незлин М. В. // Успехи физ. наук. 1976. Т. 220. Вып. 3. С. 481.



Волны плотности в кольцах Сатурна [рисунок по данным «Вояджера-1»). Вверху — нелинейная протяженная спиральная волна в кольце В от Януса [линдбладовский резонанс 1:2], внизу — сильно затухающая волна от Мимаса в кольце А [3:5].

которых возникают наиболее сильные резонансы, называются линдбладовскими и описываются соотношением:

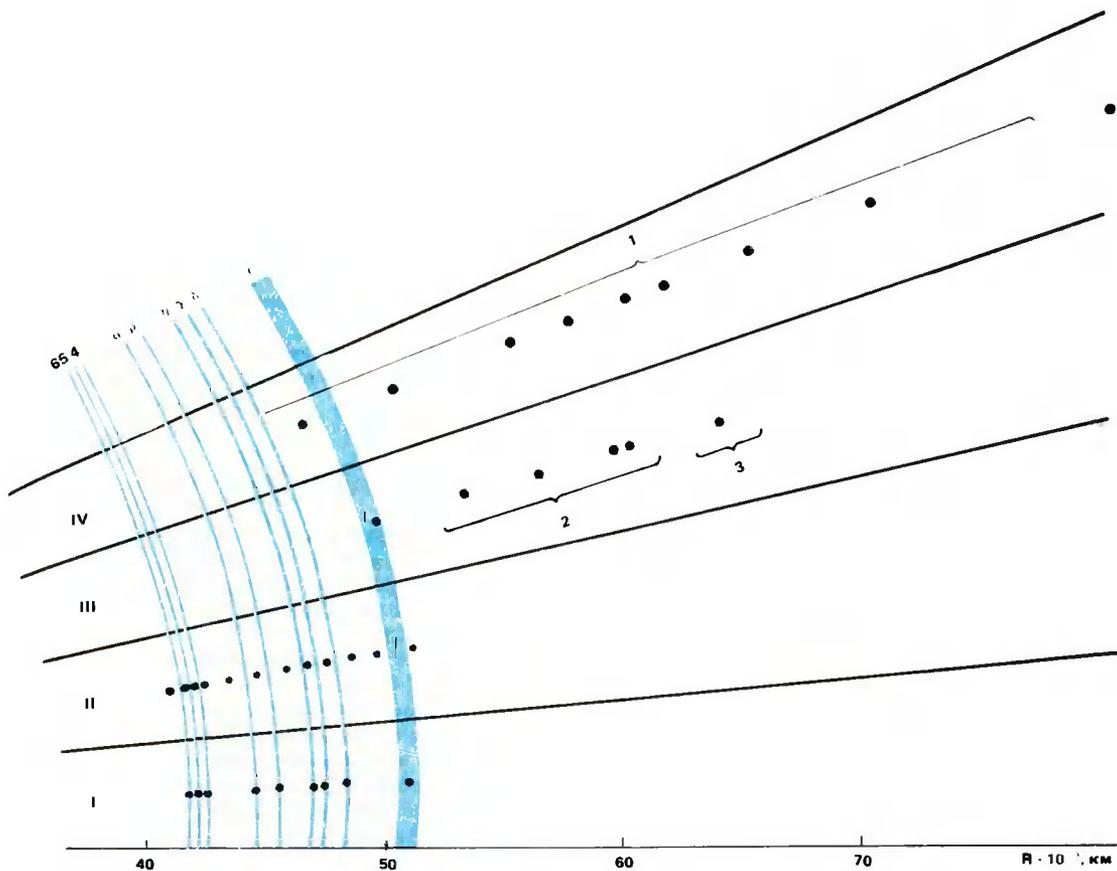
$$T_r/T_s = m/(m+1), \quad m=1, 2, 3 \dots,$$

где T_s и T_r — соответственно периоды обращения спутника и частицы кольца. Впервые на эти резонансы обратил внимание шведский астроном Б. Линдблад, рассматривая процессы в Галактике. Чем замечательны резонансные орбиты? Любая частица на нерезонансной орбите будет встречаться со спутником, т. е. подходить к нему на ближайшее расстояние, в различных точках орбиты. Любая частица на резонансной орбите будет встречаться со спутником в одних и тех же точках, и потому частицы на таких орбитах

подвержены наибольшему возмущению со стороны спутника.

Массивные спутники могут образовывать щели, если под влиянием их притяжения частицы «выметаются» с орбит быстрее, чем диффузия возвращает их назад. Пример — Мимас и возникшая благодаря ему щель Кассини. Но ширина щели Кассини — 4,5 тыс. км, тогда как по канонам небесной механики естественная ширина резонанса 1:2 от Мимаса — 140 км. В чем же причина образования щели, более чем в 30 раз превосходящей ширину резонанса?

Поскольку воздействие спутника на каждую частицу, движущуюся по резонансной орбите, периодическое, на этой орбите генерируются различные типы волн, например: акустические волны (изменения давления среды), волны плотности (волны разрежения и сжатия), изгибные волны, искривляющие диск (вызываются спутниками, которые движутся по орбите, наклонно пересекающей плоскость колец).



Расположение спутников Урана согласно гипотезам Дермотта—Голда—Синклера (I), Голдрайха—Тремайна (II), Горькавого—Фрийдмана (III) и реальная картина, обнаруженная «Вояджером-2» (IV). Спутники обозначены черными точками, кольца — цветными дугами. Цифрой 1 отмечена зона, в которой спутники имеют с частями колец резонансы типов 1:2, 2:3 и 3:4, цифрами 2 и 3 — зоны, в которых спутники имеют сразу по два резонанса (соответственно 2:3, 3:4 и 1:2, 2:3).

Оказывается, щель Кассини была вызвана мощной спиральной волной плотности от Мимаса. Именно коллективные свойства колец (давление, самогравитация и др.) позволили спиральной волне так далеко распространиться от точки резонанса. Как показали расчеты, распространяющиеся наружу спиральные волны плотности, взаимодействуя с частицами, отбирают у них момент вращения. В результате частицы «падают» к основанию спиральной волны, и в области ее распространения образуется щель.

Но в кольцах Сатурна обнаружился еще один эффект, который совсем не укладывается Природа № 1

вается в обычные представления. Кроме внешнего эллиптического кольца F, окруженного спутниками-«пастухами», глубоко в области колец Сатурна обнаружили еще четыре эллиптических кольца, очень похожих на кольца Урана. Три из них соответствовали резонансам от внешних спутников, одно было «независимым». При этом не всегда кольца лежали в пределах естественной ширины резонанса. Отсюда следовал вывод, что, хотя динамика эллиптических колец может быть не связана со спутниками, резонансы явно задают расположение таких колец.

Как же это происходит? Кроме уже отмеченного накопления частиц у основания спиральной волны возможно образование уплотнения в виде кольца при наличии потока пыли к планете, когда развивается аккреционная неустойчивость. Здесь спиральная волна играет роль препятствия на пути встречного пылевого потока (а такой поток существует в кольцах и Урана, и Сатурна).

В 1985 г. авторы проанализировали радиусы внешних резонансных орбит для

Параметры предсказанных и открытых спутников Урана

Радиус орбиты спутников, км		Число резонансов в зоне колец (41 500—52 000 км) и их тип	Диаметр спутников, км
предсказанных	открытых		
—	86 000	—	155
—	75 260	1 (1:2)	60
—	69 940	1 (1:2)	60
66 450	66 090	2 (1:2, 2:3)	110
—	64 350	1 (2:3)	80
62 470	62 680	2 (2:3, 3:4)	60
61 860*	61 780	2 (2:3, 3:4)	60
58 600	59 170	2 (2:3, 3:4)	50
55 380	53 800	1 (3:4)	30
51 580**	49 770	—	25

* Опубликован в 1986 г.

** «Пастух» кольца ϵ выполняет все предсказанные функции и контролирует кольцо 4, только резонансом не 3:4, а 4:5, что и вызвало расхождение между предсказанной и обнаруженной орбитами на 1810 км.

9 колец Урана¹⁷. Неожиданно обнаружилось, что часть резонансных орбит очень точно совпадают друг с другом. Если разместить на этих орбитах спутники, то каждый из них будет задавать расположение сразу пары колец. Исходя из этого, авторы построили модель расположения спутников Урана, в которую входили 5 спутников на «двойных» орбитах и спутник-«пастух» у внешнего кольца ϵ , который нес и дополнительную нагрузку, определяя радиус кольца 4 резонансом 3:4.

В январе 1986 г. американский космический аппарат «Вояджер-2» впервые приблизился к системе Урана и открыл 10 новых спутников. В таблице приведены радиусы орбит предсказанных и открытых спутников. Сравнение гипотетической системы спутников, соответствующей модели «пастухов», с данными «Вояджера» показывает, что эта модель не оправдала возложенных на нее надежд.

По мнению ведущих американских исследователей в области физики планетных колец, «два из новых спутников, вероятно, определяют положение частиц в самом внешнем кольце, но поблизости от других колец не было обнаружено ни одного спутника ожидаемых размеров»¹⁸. Возникло предположение, что «пастухи» все-таки есть, но они меньше 10 км и поэтому не были

найжены «Вояджером». Но эта спасительная идея уже не могла выдержать весь груз фактов, полученных при пролете «Вояджера-2». Выяснилось, что верхняя атмосфера Урана так сильно торМОзит частицы, что внутренние кольца Урана должны были упасть на планету за считанные миллионы лет и спасти их от этой участи невидимые спутники-«пастухи» не могут (сами эти спутники тоже нужно спасать). Американцам, помнящим гибель «Скайлэба» из-за атмосферного торможения, особенно хотелось понять устойчивость колец Урана. Но только самое внешнее кольцо, удаленное от планеты и окруженное «пастухами», оказалось устойчивым.

САМОСТАБИЛИЗАЦИЯ КОЛЕЦ

Только отбросив предположения о «пастухах», упорно ускользающих от телекамер «Вояджеров», и исследовав механизмы самоорганизации, удалось понять динамику колец Урана.

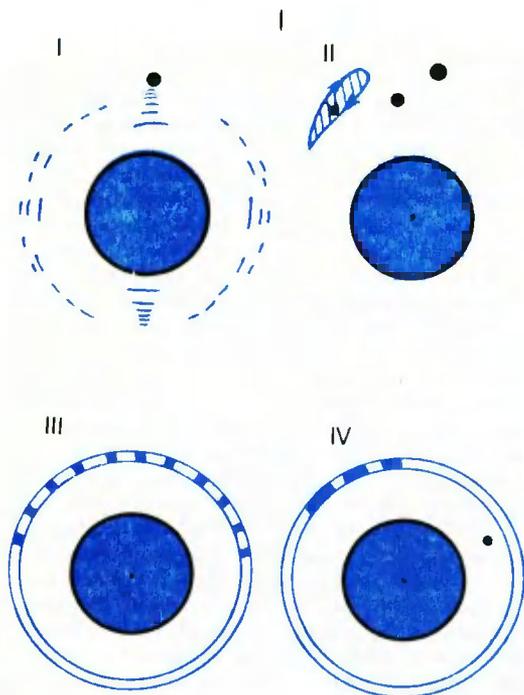
Как уже говорилось, возникновение колец обычно связано с тем, что резонансные спутники рождают в сплошном протодиске спиральные волны, которые создают уплотнение на краю волновой зоны, например, задерживая пылевой поток, движущийся к планете. Поскольку это не единственный механизм образования плотных колец, возможны и «независимые» кольца такого вида.

После образования колец их динамика становится практически самостоятельной: они испытывают эллипс-неустойчивость и становятся эксцентриситетными. Это сразу повышает их устойчивость к диффузии: из эллиптического колечка, прецессирующего в поле планеты, частице уйти гораздо сложнее, чем из обычного кругового. Прецессирующее кольцо, как правило, не отпускает свои частицы дальше, чем на километр. Это нетрудно объяснить. Убегая из кольца, например наружу, частица отдаляется от планеты, из-за чего скорость прецессии ее орбиты падает, так что соосность эллиптического кольца и эллипса орбиты частицы-беглянки нарушается и частица через короткое время вновь пересекает эллипс кольца, застревая в нем. (Что касается соосности краев самого кольца, то, как показали Голдрайх и Тремайн, она сохраняется благодаря самогравитации кольца.)

Нейтрализация аэродинамического трения оказалась связана с тем, что внутренние кольца Урана получают добавку углового момента, поглощая поток пыли, образующейся при микрометеоритном разруше-

¹⁷ Горькавый Н. Н., Фридман А. М. // Письма в Астрон. журн. 1985. Т. 11. С. 717—720.

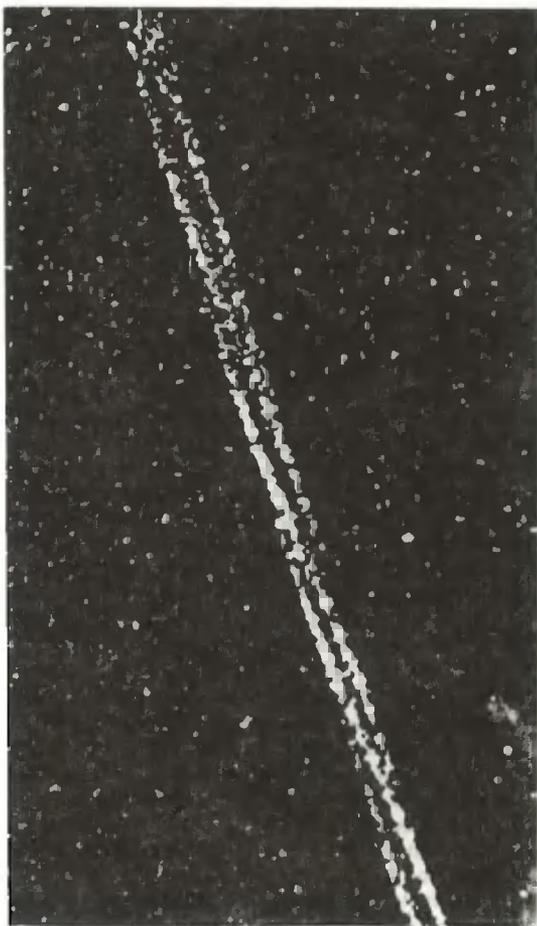
¹⁸ Каззи Дж., Эспозито Л. // В мире науки. 1987. Вып. 9.



Расположение дуг и спутников Нептуна в соответствии с моделями Бордери—Голдрайха—Тремайна [I], Лиссайера [II], Горькавого [III] и картина, обнаруженная «Вояджером-2» [IV].

нии внешнего, самого широкого и очень массивного кольца ϵ и тянущейся к планете¹⁹. Оценки показывают: половины массы этого кольца, распыленной за космогоническое время, достаточно, чтобы стабилизировать все легкие внутренние колечки-«лажи», держащиеся за пылевой шлейф кольца ϵ . Суть механизма передачи момента от внешнего кольца к внутренним проста. При разрушении внешнего кольца возникают пылевые потоки со значительными эксцентриситетами, направленные от планеты или к ней. У потоков, направленных к планете, наиболее удаленная точка орбиты находится возле внешнего кольца, а ближайшая к планете — возле внутренних. Из-за аэродинамического трения пылевой поток медленно сдвигается к планете, так что рано или поздно касается одного из внутренних колец, и тогда пыль поглощается кольцом, сообщая ему избыточный угловой момент.

После неудачи с кольцами Урана ожидалось, что модель «пастухов» возьмет реванш в системе Нептуна, где существова-



Цель сгустков внутри дуги Нептуна, сфотографированная «Вояджером-2». Большое время выдержки привело к образованию треков на фотографии из-за движения космического аппарата относительно сгустков.

ние дуг никак не мыслилось без «пасущих» их спутников. Авторами была высказана принципиально иная гипотеза: дуги Нептуна — это плотная часть непрерывных колец²⁰. Затем была предложена более конкретная модель, по которой дуги представляют собой набор эллиптических вихрей, нанизанных на невидимое с Земли прозрачное пылевое кольцо (в таких вихрях частицы движутся по вложенным друг в друга эпициклам)²¹. Когда же «Вояджер-2» передал сведения о реальной структуре дуг, полной неожиданностью для многих явилось отсутствие спут-

¹⁹ Горькавый Н. Н. // Письма в Астрон. журн. 1990. Т. 16. С. 178—182.

²⁰ Горькавый Н. Н., Фридман А. М. // Астрон. циркуляр. 1989. № 1531. С. 25—26.

²¹ Горькавый Н. Н. // Астрон. циркуляр. 1989. № 1538. С. 31—32.

ника на орбите возле них. Участники проекта отмечали, что кольца не укладываются в существующие модели. Действительно, даже само расположение дуг показывает отсутствие симметрии, неизбежно возникающей при наличии спутника. С другой стороны, подтвердилась идея непрерывного кольца. На фотографиях, сделанных с наибольшим разрешением, обнаруживается регулярная цепь сгущений внутри дуг. Это является прямым доказательством того, что дуги образованы цепью эллиптических вихрей. Аналитический и компьютерный анализ (проделанный совместно с Т. А. Тайдаковой) показал, что пылевое кольцо, на которое нанизаны вихри, эффективно стабилизирует их орбиты, а также обеспечивает баланс углового момента внутри вихря (иначе из-за слабого дифференциального вращения и вязкости вихрь постепенно бы расплылся). При этом гравитационное поле вихря вызывает такое возмущение в кольце, что между вихрями появляется своеобразное притяжение, что и сближает их в дугу.

Модель спутников-«пастухов» не смогла объяснить основные особенности системы колец Урана — пространственное расположение, эксцентриситет и устойчивость к диффузии, стабильность относительно аэродинамического трения. Динамика и расположение дуг Нептуна также противоречат этой модели.

Исследование самоорганизации планетных колец показывает, что наблюдаемые феномены могут быть объяснены с учетом столкновений и коллективных взаимодействий частиц. Способность колец к образованию стабильных пространственных струк-

тур связана не только с коллективной динамикой, но и с тем, что в энергетическом отношении кольца являются открытой системой, способной к активной самоорганизации.

Модель спутников-«пастухов», выросшая из классических схем небесной механики, предполагает активную роль только нескольких гравитирующих крупных тел. Между тем в динамике колец часто оказывается важной пыль (к которой обычно относятся как к несущественному фактору, «загрязняющему» привычную идеальную схему нескольких тел). Пыль ответственна за перенос массы в кольцах Сатурна, из-за чего образуется расслоение самого крупного масштаба; передает угловой момент в кольцах Урана, нейтрализуя аэродинамическое трение; стабилизирует дуги Нептуна, выступая переносчиком взаимодействия между вихрями.

Четыре системы планетных колец демонстрируют удивительнейшее разнообразие коллективных процессов и пространственных структур, изящные, тонко сбалансированные динамические конструкции. Все эти феномены могут существовать в любом дифференциально вращающемся диске из сталкивающихся частиц. Возникает принципиальный вопрос: какие явления самоорганизации происходили в дифференциально вращающихся протоспутниковых дисках и протопланетном облаке? Какую роль в формировании планет и спутников могли играть различные пространственные структуры, несомненно, возникавшие в протодисках? Исследование физики планетных колец должно существенно изменить наши взгляды на всю космогонию Солнечной системы. Предстоит детально изучить и самоорганизацию Солнечной системы — более сложной, чем планетные кольца, а потому еще более разнообразной.

Черное море: катастрофы мнимые и действительные

Т. А. Айзатулин, Д. Я. Фащук



Тамерлан Афиятович Айзатулин, старший научный сотрудник Всесоюзного института научной и технической информации ГКНТ и АН СССР. Занимается проблемами экологической химии, математическим моделированием трансформации веществ в водной среде. Участник многих морских экспедиций.



Дмитрий Яковлевич Фащук, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник Азово-Черноморского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии Министерства рыбного хозяйства СССР. Научные интересы связаны с физической океанологией.

В ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ советские и американские специалисты независимо зафиксировали в Черном море тенденцию подъема среднего уровня вод, содержащих сероводород, и их аномально высокое (до 50-метровой глубины) положение на отдельных участках акватории¹. Вскоре после этого появились сообщения о рассекреченном рапорте начальнику управления Черноморского флота, относящемся к периоду Крымского землетрясения 1927 г. В нем говорится о наблюдавшихся на море у Севастополя и Евпатории «столбах пламени» и «вспышках огня белого цвета» высотой до 500 м и шириной 1,5—2 км.

Реакция на эти события оказалась поразительной: «Что будет, если, не дай Бог, у черноморских берегов случится новое землетрясение? Вновь морские пожары? Или одна вспышка, один грандиозный факел? Сероводород горюч и ядовит... в небе окажутся сотни тысяч тонн серной кислоты...?» («Литературная газета», 1989, № 24); «Достаточно небольшого землетрясения, чтобы сероводород вышел на поверхность Черного моря и загорелся — и его побережье превратится в пустыню» («Рабочая трибуна», 1990, № 70); «Достаточно совпадения во времени и пространстве... резкого понижения атмосферного давления и вертикального течения... Вскипев, вода насытит воздух ядовитыми парами горючего газа. Куда будет дрейфовать смертоносное облако — одному Богу ведомо. Оно может вызвать жертвы на побережье, может за считанные секунды превратить пассажирский лайнер в «летучий голландец» («Совершенно секретно», 1989, № 5).

Перечень цитат можно продолжить, дополнив его выдержками из массы писем в Верховный Совет СССР от встревоженных жителей черноморского побережья. Как и большинство публикаций в прессе, они заканчивались требованием немедленного спасения моря. «Или мы станем свидетелями небывалой экологической катастрофы... или миру будет дан великий пример прозорливости и праведной технологической мощи»

¹ Айзатулин Т. А., Фащук Д. Я. Белые пятна Черного моря // Природа. 1989. № 1. С. 81—88.

(«Литературная газета», 1989, № 24). В качестве «великого примера» авторы газетных публикаций и коллективных писем предлагают реализацию проекта понижения уровня сероводородного слоя за счет откачки из глубин его «излишков» с параллельным извлечением серы, марганца, серебра и других металлов, а также использованием сероводорода в качестве топлива.

По-видимому, впервые предложение об энерготехнологической утилизации сероводорода черноморской воды было высказано на I съезде советских океанологов в 1977 г. гидрофизиком А. С. Васильевым. Оно неоднократно обсуждалось в начале 80-х годов, но из-за нерентабельности крупномасштабного производства не вышло за рамки научно-популярных публикаций², и практических шагов к его осуществлению предпринято не было.

После неоднократной смены авторов и организаций-разработчиков ныне этот проект стоимостью 5 млрд. руб. под названием «Черноморская океанотехнология» прислан на рецензию в Институт океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР. Его последний автор А. К. Рязанов (коллега и соратник предыдущих) предлагает приосановить подъем содержащих сероводород вод, выкачивая с глубины 1200 м по трубам диаметром 3 м 2,5 тыс. км³ воды в год — 12 ежегодных стоков Дуная — и компенсируя убытки от добычи из этой воды серы и металлов спасением от «экологической катастрофы» — выхода на поверхность «вечного замора» Черного моря.

Для разработки и реализации проекта — несомненно, более грандиозного, чем с трудом отвергнутый недавно проект переброски северных рек на юг (в нем речь шла об изъятии из северных рек всего около 6 км³ воды), территорию предоставляет г. Новороссийск, в связи с чем проект получил среди химиков название «Новороссийская «Панاما»».

Сомневаться в серьезности намерений спасти море не приходится после того, как руководитель нашей страны с трибуны международного Глобального форума по защите окружающей среды и развитию в целях выживания заявил: «Верхняя граница сероводородного слоя в Черном море за последние десятилетия поднялась с глубины 200 м до 75 м от поверхности. Еще немного, и через порог Босфор он пойдет в Мраморное, Эгейское и Средиземное море» («Правда», 1990, 20 января).

Мы попытались проанализировать реальность апокалипсических прогнозов на современном уровне знаний о природе Черного моря, свойствах сероводорода и с учетом достижений математического моделирования.

Сейсмичности Причерноморья приурочена к периферии Черноморской впадины, центральная же глубоководная ее часть малосейсмична³. Крым, в отличие от других прибрежных районов Черного моря, характеризуется узлокализированной сейсмоактивностью, зона которой располагается здесь вдоль крутого континентального склона непрерывной полосой от Севастополя до Феодосии с максимальной активностью у Ялты. За последние 100 с лишним лет в Крыму отмечено около 100 землетрясений мощностью 5—8 баллов, и только в 1927—1930 гг. наблюдалась вспышка сейсмоактивности, сопровождавшаяся 9-балльным землетрясением, превысившим по мощности известное Ташкентское (1966 г.) в сотни раз. В результате тектонических подвижек 11 ноября 1927 г. морской блок земной коры в районе Южного берега Крыма на удалении до 100 км от берега опустился, а континентальный — поднялся. Эффект этого стихийного бедствия оказался узлокализированным и не распространялся на основную часть акватории моря, занятой сероводородной зоной. В эпицентре землетрясения, располагавшемся в 25 км от Ялты, земная кора под участком моря с содержащими сероводород водами опустилась, что никак не могло привести к их выходу на поверхность.

По данным наблюдений, во время Крымского землетрясения вспышки огня на море отмечались в ночное время в направлении от Евпатории, Севастополя и м. Лукул на запад (пеленг 255—260°). Нанеся эту информацию на карту, нетрудно убедиться в том, что «море горело» над глубинами, не превышающими 100 м, — там, где сероводорода в придонном слое никогда не было. Ближайшее расстояние от границы сероводородной зоны (изобаты 150—200 м) в этом направлении до Севастополя — 60—100 км, а Евпатории — более 200, что исключает возможность увидеть огонь даже ночью.

Причина «морских пожаров» становится понятной после анализа геологического строения северо-западного шельфа Черного моря — типичного газоносного района Мирового океана. В меридиональном направлении его пересекают 4 крупных разлома, раз-

² Айзатуллин Т. А. // На суше и на море. 1984. С. 424—429.

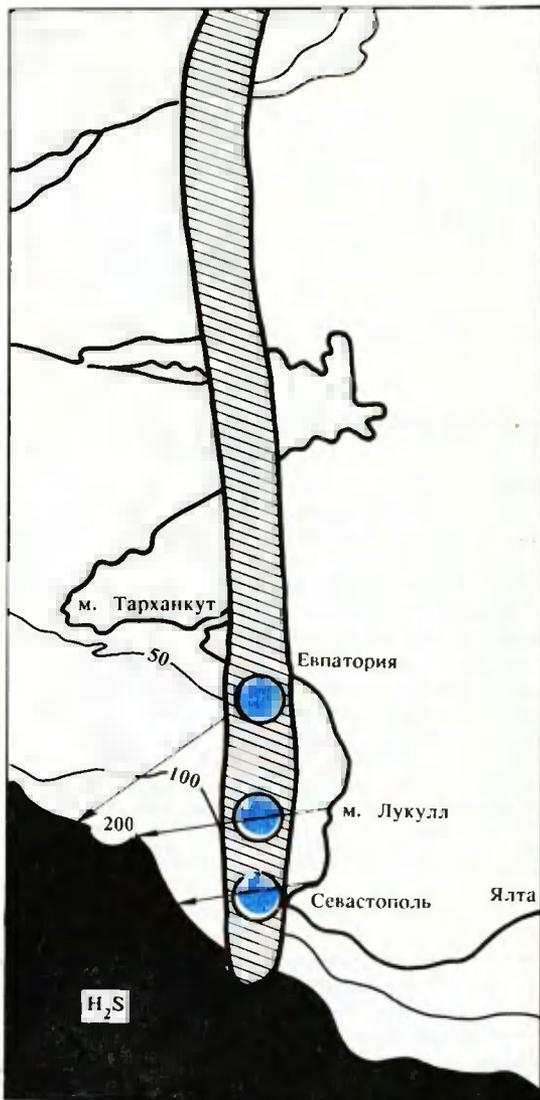
³ Земная кора и история развития Черноморской впадины. М., 1975. С. 225—229.

деляющие основные структурные элементы Причерноморья. В настоящее время в зонах этих разломов на акватории действуют буровые установки по добыче природного газа. Весной 1989 г. экспедицией Института биологии южных морей АН УССР под руководством Г. Г. Поликарпова на дне (глубины от 62 до 400 м) здесь обнаружены выходы природного газа в виде «факелов» с поперечным сечением от 50—70 до 200—300 м, а в одном случае — «на разломе длиной до двух миль» («Слава Севастополя», 1989, № 139). «Морские пожары» наблюдались на акватории, расположенной над Криворожско-Евпаторийским разломом. Добыча газа там сейчас не ведется, но активизация его источников при землетрясении вплоть до выхода «факелов» на поверхность и воспламенения вполне реальна.

Максимальная концентрация сероводорода в воде Черного моря составляет 13 мг/л, что в 1000 раз меньше, чем необходимо для 100 % насыщения и выхода его из воды в виде газа. Условия для взрыва или воспламенения такого раствора трудно создать даже в лаборатории (взрывные концентрации для сероводорода в воздухе составляют 4,5—45 %, а температура воспламенения — 250 °С). Кроме того, открытыми источниками сероводородных вод, в которых концентрации превышают черноморские в сотни раз, люди пользовались с давних времен, и ни одного взрыва, например в известной Мацесте, при этом не отмечалось. Описаны встречи с сероводородными струями в шахтах — они сопровождались отравлением людей, изменением цвета пламени открытых светильников на зеленый, но, в отличие от метана, не взрывами.

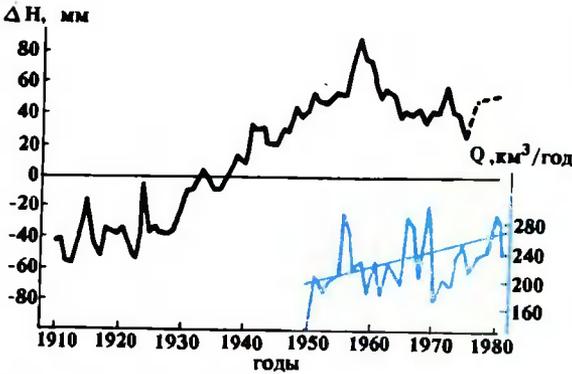
Летальные концентрации сероводорода в воздухе составляют 670—900 мг/м³, нарушения центральной нервной системы происходят при 270 мг/м³, а отравления — при 70 мг/м³. Для реальных условий Черного моря при гипотетическом мгновенном выходе глубинных вод на поверхность в воздухе над морем труднодостижима даже предельно переносимая по запаху концентрация — 2 мг/м³. Так что «летучих голландцев» опасаться не стоит, и населению побережья при самых фантастических обстоятельствах сероводородная опасность не грозит. А вот как быть с населением моря, существует ли она для него? Такой прогноз возможен при выяснении причин, определяющих динамику границы анаэробной зоны.

Одной из причин могло бы быть антропогенное безвозвратное водопотребление, которое в Мертвом море, например, достигло 80 % стока р. Иордан и привело к



Приуроченность «морских пожаров» периода Крымского землетрясения к Криворожско-Евпаторийской зоне разломов (заштрихована), протягивающейся вблизи Восточного Крыма, и их «отдаленность» от сероводородной зоны, закрашенной черной краской.

увеличению солености поверхностного слоя, выравниванию ее с глубинной, интенсивному перемешиванию и выходу содержащих сероводород вод на поверхность. Однако в последние 30 лет, в течение которых наблюдается подъем границы анаэробной зоны в Черном море, сток Дуная (в среднем 200 из 346 км³ поступающей в море за год речной



Изменения уровня Мирового океана (ΔH , мм) и стока Дуная (Q , км³/год).

воды) не уменьшался, а возрастал⁴. Сток же Днестра в результате забора на орошение, несмотря на повышенную водность этого периода, оставался практически неизменным (45 км³). Таким образом, суммарный речной сток в Черное море увеличивается. Пресная вода, снимаемая на нужды народного хозяйства в размере 15—20 % от общего годового стока, в последние годы с избытком компенсируется природой в процессе увлажнения климата, а соленость поверхностного

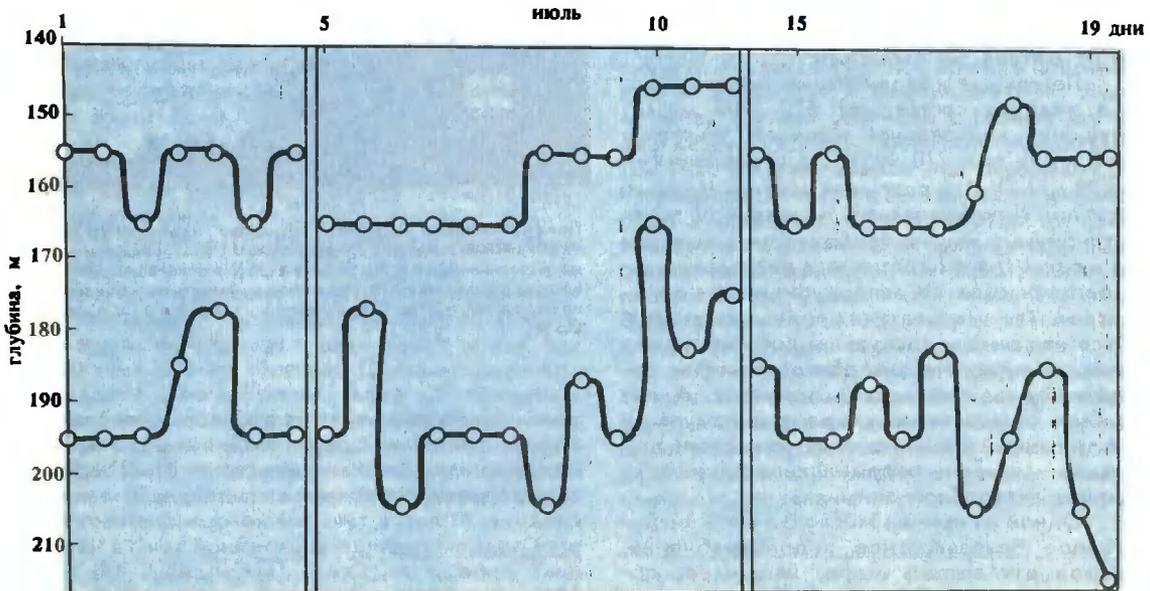
⁴ Альтман Э. Н., Гертман И. Ф., Голубева В. А. // Труды ГОИН. 1988. Вып. 189. С. 39—53; Богуславский С. Г., Еремеев В. Н., Жорев В. А., Новоселов А. А. // Мор. гидрофиз. журн. 1986. № 6. С. 52—60.

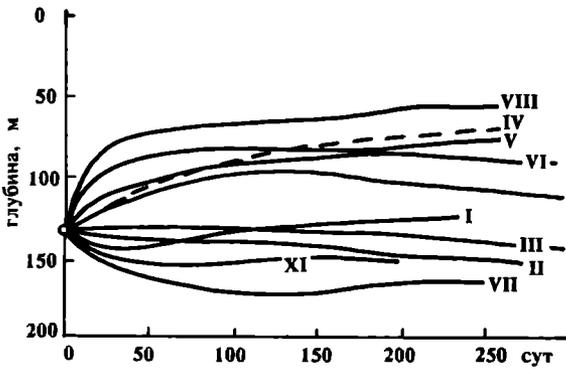
слоя проявляет тенденцию к понижению. Антропогенный фактор, следовательно, не оказывает принципиального влияния на гидрологическую структуру открытой части Черного моря, как это произошло в Мертвом, и не является причиной подъема границы анаэробной зоны. В то же время дополнительный приток пресной воды привел к увеличению разности плотностей поверхностного и глубинного слоев Черного моря. Модельные расчеты, выполненные в Севастопольском отделении Государственного океанографического института, показали, что это может уменьшить глубины, на которые проникают обогащенные кислородом воды при зимнем конвективном перемешивании, и, следовательно, вызвать подъем сероводородной зоны.

Исследователи из Морского гидрофизического института АН УССР полагают, что другим фактором, нарушающим стабильность положения границы анаэробной зоны, могут быть долгопериодные изменения уровня Черного моря, синхронные с колебаниями уровня Мирового океана, который ныне растет в среднем на 1,4—1,5 мм в год⁵.

⁵ Колебания уровней морей и океанов за 15 000 лет. М., 1982.

Изменение положения верхней границы сероводородной зоны (слоя сосуществования сероводорода и кислорода) в районе Ялты под влиянием синоптических процессов.





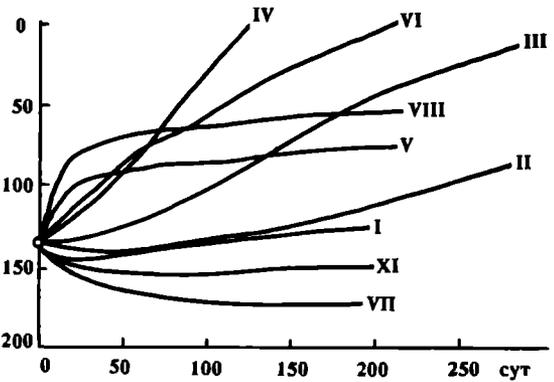
Результаты модельных расчетов положения верхней границы сероводородной зоны при реальной [с л е в а] и увеличенной в 1000 раз [с п р а в а] мощности источника сероводорода. Ее подъем до поверхности происходит только в случае однородного по плотности моря (кривые III, IV, VI) при 1000-кратном росте мощности.

К аналогичному эффекту могут привести и изменения интенсивности и характера атмосферной циркуляции над морем, определяющие, в свою очередь, интенсивность восходящих движений в водоеме.

Корреляционный анализ рядов средней глубины залегания границы анаэробной зоны в летний период H_5 (м), изменения уровня Мирового океана ΔH (мм) и атмосферного (среднегодового P_{cp} и среднемайского P_y) давления (гПа) в Ялте свидетельствует о статистически достоверной связи между ними:

$$\begin{aligned} H_5 &= 0,37\Delta H + 121,4; \\ H_5 &= 5,87P_{cp} - 5770; \\ H_5 &= 2,91P_y - 2790. \end{aligned}$$

Прогноз по этим уравнениям корректен только в условиях, для которых они получены, так как меняющиеся факторы среды должны входить в них со своими зависимостями. Тем не менее несложные расчеты показывают, что для выхода сероводорода на поверхность необходимо, чтобы уровень Черного моря повысился на 330 мм или среднемайское давление в Ялте понизилось до 958,7 гПа. Первое может произойти (при современной скорости подъема) через 220 лет, а второе нереально (самое низкое среднемайское давление в Ялте за время наблюдений составило 1002,8 гПа). Кроме того, все перечисленные природные механизмы имеют циклический характер, так что установленную тенденцию к подъему границы анаэробной зоны в Черном море, обусловленную, видимо, их суммарным, совпавшим по направленности, действием, нельзя линейно



экстраполировать в будущее. Таким образом, есть основания полагать, что «экологическая катастрофа» под влиянием долгопериодных изменений климата населению Черного, а также Мраморного, Эгейского и Средиземного морей не грозит.

Несмотря на приведенные оптимистические оценки, аномально высокое положение границы анаэробной зоны в настоящее время налицо. Она стала доступна динамическому воздействию мезомасштабных вихрей в открытой части моря и сгонно-нагонной циркуляции в прибрежных районах. Могут ли эти природные механизмы привести к выходу вод, содержащих сероводород, на поверхность в отдельных местах, что имело бы печальные последствия для обитателей моря, например, в период нереста?

В наиболее активном в динамическом отношении районе — у Южного берега Крыма — граница анаэробной зоны реагирует на усиление ветра (изменение атмосферного давления) через 12 ч, и эта реакция длится двое суток⁶. Ее глубину здесь в летний период можно рассчитать по формуле: $H_5 = -583 + 0,73P_{ат}$, где $P_{ат}$ — отсчет давления в Ялте со сдвигом 2 сут. Для выхода ее на поверхность необходимо давление не более 800 гПа. Но даже в тропических циклонах шестой (высшей по мощности) группы не фиксировалось давление ниже 883 гПа⁷. Таким образом, реальность локальных «катастроф» в прибрежной части моря под влиянием синоптических процессов тоже оказывается под большим сомнением.

Наконец, еще один возможный механизм подъема границы анаэробной зоны в Черном море — изменение мощности источ-

⁶ Фащук Д. Я., Айзатулин Т. А., Дронов В. В. и др. // Океанология. 1990. № 2. Вып. 30. С. 253—263.

⁷ Пальмен Э., Ньютон Ч. Циркуляционные системы атмосферы. Л., 1973.

ников сероводорода в результате антропогенного эвтрофирования моря (увеличения количества поступающего органического вещества). На мелководных участках северо-западного шельфа этот процесс оказался одним из определяющих в развитии здесь сероводородных зон в летний период. Количественных оценок его вклада в интенсивность производства сероводорода в глубоководной части моря до последнего времени не было. В 11 имитационных машинных экспериментах⁸ мы задавали различные варианты гидрологической структуры моря (распределение условий обмена по вертикали вплоть до полного выравнивания плотности по глубине) и комбинировали их с 4 сценариями различной мощности источников сероводорода (она менялась на 1—3 порядка). Оказалось, что положение границы анаэробной зоны определяется положением слоя с минимальной интенсивностью вертикального обмена и слабо зависит от изменения потока сероводорода. При реальном, соответствующем современным количественным оценкам значению этой величины даже при однородном по плотности море граница анаэробной зоны не только не выходит на поверхность, но и понижается из-за улучшения аэрации глубинных слоев. Стократное усиление мощности источника сероводорода вызывает подъем границы на 40 м, но и при этом на поверхность она не выходит. Только 1000-кратное ее усиление в однородном по плотности море приведет к такому результату. При сохранении же стратификации вод даже в этих фантастических условиях «экологическая катастрофа» невозможна.

Удручает то, с какой быстротой и простотой рождаются проекты выкачивания «излишков» из моря — серьезнейшей операции на теле природы. При этом «состояние здоровья больного», о котором можно узнать в любом институте океанографического профиля Академии наук, Гидрометслужбы или Минрыбхоза, никого не интересует, ибо серьезная информация подменяется мифами. Эта подмена, по нашему мнению, является свидетельством подлинной социальной катастрофы! Безудержное технологическое развитие цивилизации, происходящее на фоне гипертрофированного развития технократического знания при дистрофии естествознания, поставило нас на протяжении жизни одного поколения перед опасностью деградации окружающей среды. За более чем полувековую кампанию покорения природы

не известно ни одной победы над ней, не обратившейся впоследствии в беду для «победителя», а вернее, для его потомков. Зато при этом в нас атрофировались чувства единства с природой, желание и способность думать о будущем, элементарный инстинкт самосохранения.

К счастью, стремительное продвижение проекта «спасения Черного моря», начавшееся в 1984 г., сегодня приостановлено. Судя по газетным публикациям, его авторы уже запрашивают не 5 млрд., а всего 250—300 тыс. руб. для решения «основополагающих вопросов технологии», гарантируя экономический эффект 89,9 млн. руб. («Слава Севастополя», 1990, № 63). Но не меньше гарантировали и каскад Днепровских водохранилищ, и забор воды из среднеазиатских рек, и канал Дунай — Днепр, и водохозяйственные мероприятия на Волге и Кубани, и «освоение» Байкала. Чем все это закончилось, мы сегодня прекрасно знаем.

Сегодня можно перечислить не менее десятка решений и постановлений советских и партийных органов как союзного, так и республиканского масштаба, касающихся вопросов экологии и охраны среды в бассейне Черного моря. Все они содержат термины «усилить», «объединить», «сконцентрировать» и т. п. В проектах ГКНТ «Черное море» и «Моря СССР», а также в проекте «Программы биосферных и экологических исследований АН СССР до 2015 года» и в комплексной целевой программе Министерства рыбного хозяйства СССР «Юг» неизменно присутствуют фразы «комплексность исследований», «системный подход», «экологический мониторинг». Тем не менее, как видим, воз и ныне там! Значит, не в директивах и программах дело.

Отсутствие культуры в век НТР привело к тому, что вместо заповеди «не навреди» горе-властелин в своей деятельности стал руководствоваться легкомысленным тезисом «где-то теряем, где-то находим», маскируя истинную позицию — «после меня хоть потоп». Печальные результаты такой замены в полной мере оправдали пророчество о том, что дорога в ад, в частности экологический, усеяна благими намерениями. Будем надеяться, что перемены, начавшиеся в стране, позволят нам из него выбраться, избавят нас в будущем от истинной катастрофы, угрожающей сейчас не только Черному морю, но и всей природе, а следовательно, и нам самим, и нашим детям!

⁸ Айзатулин Т. А., Леонов А. В. // Вод. ресурсы. 1990. № 1. С. 95—110.

Ю. А. Шилов Проблемы степных "пирамид"



Юрий Алексеевич Шилов, кандидат исторических наук, научный сотрудник Института археологии АН УССР. Занимается исследованием курганов Северного Причерноморья, сопоставлением археологических данных с древними мифами. Автор книги «Космические тайны курганов» (М.: Мол. гвардия, 1990). В «Природе» опубликовал статью «Пришельцы? — Пракосмонавты!» (1989, № 6).

В ПОСЛЕДНИЕ годы мне часто видится одна и та же картина: стоя аистов на вспаханном поле. Я знаю, что дело не в редкостном зрелище, а в «Дозорном», или, по-местному, Чауше — огромном кургане, стоявшем на месте птичьего токовища. Та «пирамида степей» была наибольшей в округе, примыкающей к знаменитой Новосельской переправе через Нижний Дунай; на румынском берегу донныне стоит осиротевший визави Чауша — рукотворный холм и вовсе немислимой величины, светлым пятном выступающий на фиолетово-пепельном фоне отрога Добруджа.

Иногда, принимаясь за очередную статью, достаю копию отчета о полевом сезоне 1987 г. и в который раз рассматриваю план и разрезы уничтоженного мной Чауша, отгоняя навязчивое видение аистов резонным соображением, что археологические памятники невозможно понять, не разрушив их в процессе раскопок... Слабое утешение! Ведь острой необходимости в раскопках не было, и несколько предыдущих экспедиций пощадили «Дозорный», не позарившись даже на вполне вероятное скифское золото, которым изобилдовал близлежащий могильник. А я, начальник экспедиции «Газопровод-87», не пощадил: «интересы науки» пересилили теплившееся желание оставить для потомков наследие пращуров. Теперь остается утешать себя тем, что разрушение разрушению рознь, что курган был раскопан неплохо... несмотря на отсутствие не только нивелира и фотоаппарата, но и нормальных лопат на складе нашего института. И этот случай — правило, а не печальное исключение... Поразительно, что при этом удалось извлечь из Чауша ценнейшую информацию.

СВЯТИЛИЩЕ ЧАУША

В основе кургана мы обнаружили святилище, состоявшее из культовой ямы, трех кострищ разного времени, остатков жертвоприношения и насыпи. Строили курган в два приема.

Строительство началось с рытья «человекоподобной» ямы, обращенной головой



«Пирамида» стелей Поднепровья. Начало раскопок. Здесь и далее фото автора.

строго на запад, к закату весеннего или осеннего солнца. Направления восходов летнего и зимнего солнца отметили парой костров. Затем вокруг ямы насыпали вал с уплотненным гребнем, заготовку будущей насыпи. После этого посреди ямы сделали углубление в виде второй человекоподобной фигуры, ориентированной головой на восток; в ее чреве был установлен столб. Желтой супесью из углубления засыпали участок на гребне вала северной ямы; впоследствии туда, наверное, был перенесен столб.

Потом строительство святилища надолго, не менее чем на год, приостановилось. За это время яму наполовину занесло грязью и пылью. Деревянный столб начал гнить, его вытащили и, по-видимому, установили на вершине недостроенной насыпи. Затем принесли в жертву человека, коня и корову. Два первых существа изрубили на мелкие части. Несколько осколков человеческих костей уложили рядом с новым костром — в южной части кургана. Лошадиные кости

бросили в яму, уложив туда же тушу коровы. Черепов мы нигде не нашли; возможно, их прикрепили к столбу. Потом яму перекрыли камышом и ветвями и засыпали воронку над ней, в центре кольцевидного вала. Вместе с землей бросали остатки человека и лошади. После заполнения воронки насыпь обложили дерном и промазали илом. Законченное сооружение обрело вид яйца длиной 34, шириной 31 и высотой 2,7 м, обращенного острым концом на юг, в направлении последнего костра, человеческой жертвы и виднеющегося вдали Дуная... Позже в святилище было «впущено» 14 могил эпохи бронзы, которые перекрыли особой досыпкой.

Что же особенного в Чауше — ведь есть памятники куда выразительнее? Святилище уникально тем, что это самое древнее на Западе жертвоприношение человека и лошади. Эти ритуалы (пурушамедха и ашвамедха) были приняты у ариев, которые сформировались в Юго-Восточной Европе, а в середине II тысячелетия до н. э. (примерно через 13 веков после закладки Чауша) частично переселились в Северо-Западную Индию. Там эти ритуалы отразились в священной

литературе, а жертвоприношение лошади практиковалось до недавнего времени.

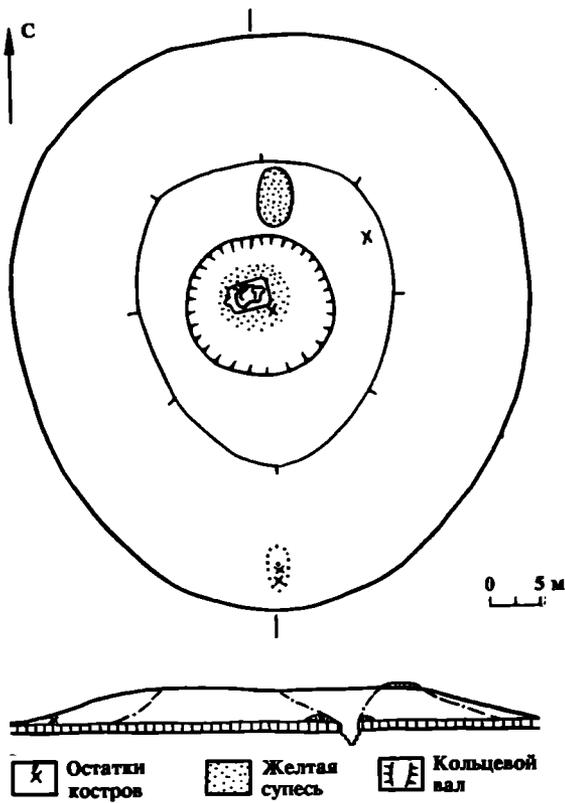
Сохранился «Гимн Пуруше» — Человеку-титану, из членов которого боги и жрецы создали за год Вселенную с ее стихиями и существами:

Из этой жертвы...
 ...кони родились...
 Быки родились из нее...
 Когда Пурушу расчленили...
 Его рот стал брахманом,
 Его руки сделались раджання,
 Его бедра (стали) вайшья,
 Из ног родился шудра.
 Луна из (его) духа рождена,
 Из глаза солнце родилось...!

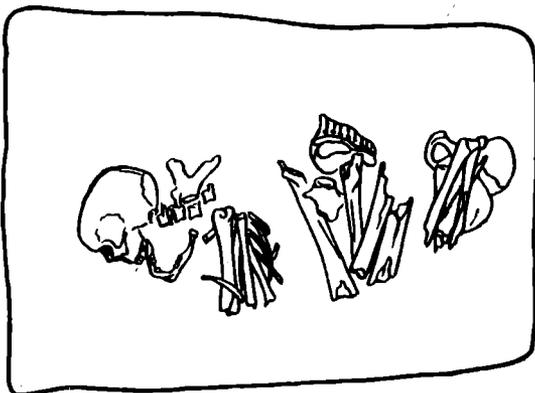
Обособленное жертвоприношение Пуруши, или пурушамедха, наиболее очевидно представлено в соседнем с Чаушем кургане Цыганча. Здесь в одной из невзрачных могил содержался странный «скелет» из обломков костей 4 или 5 человек. Ему придали обычное для бронзового века скорченное («эмбриональное») положение и посыпали охрой — символом крови, воскрешения. Череп «скелета» принадлежал мужчине около 50 лет, руки были сложены из обломков его (?) костей и костей женщины возрастом около 40 лет, бедра сложили из оставшихся костей того же (?) мужчины, голени и ступни — из берцовых и других костей молодого человека и 2—3 подростков неопределенного пола. Вполне вероятно, что перед нами Пуруша, рот (череп) которого сопоставлен с брахманом — жрецом, руки — с воинами — раджання, бедра — с земледельцами — вайшья, голени и ступни — с ремесленниками — шудра.

Подобных жертвоприношений в Индии не обнаружено. Специалисты считают, что они практиковались лишь на европейской прародине ариев. А вот ашвамедха, которую индусы считали равнозначной пурушамедхе, засвидетельствована там вполне четко.

Желая поправить дела в своем государстве, заручиться поддержкой высших сил и упрочить собственный авторитет, царь — раджа решался на длительный и дорогостоящий ритуал. Он выбирал из своих табунов наилучшего жеребца, приставлял к нему отряд конников и на год отпускал их бродить по стране. Конь скакал и пасся, где хотел, а дружина издали наблюдала за ним и объявляла священной ту землю, где ступало копыто их обожествляемого поводыря. А в это время на родине строился жертвенник.



План и разрез (с севера на юг) святилища кургана Чауш. Человекоподобная яма с жертвоприношением перекрыта насыпью в виде яйца.



«Пуруша» из кургана Цыганча. Скелет сложен из останков нескольких человек.

¹ Гимн Пуруше. Ригведа X.90.9—13 // Ригведа. Избранные гимны / Перевод, вступительная статья и комментарий Т. Я. Елизаренковой. М., 1972. С. 259—261, 403—405.



Изображение жертвоприношения человека и коня у подножия человекоподобного идола на одной из плит Каменной Могилы.

По прошествии года к нему приводили коня, который как бы вобрал в себя все мыслимое пространство и время, стал воплощением страны, годового цикла, Вселенной.

Жертву предавали закланию. Затем следовало ее символическое бракосочетание с царицей; оно должно было обеспечить плодородие и процветание государства. Потом коня расчленили, и жрецы, вознося на алтарь его члены, провозглашали: «ОМ! Голова жертвенного коня — это поистине время рассвета, глаз — это солнце... Став конем, он понес на себе богов, жеребцом — гандхарвов, скакуном — асуров, лошадью — людей. Море — его привязь, море — источник рождения»².

Нетрудно заметить здесь сходства со святилищем Чауша: «источник рождения» — его яйцеобразная форма, «море» — воронка, «привязь» — столб; человекоподобные фигуры на дне воронки — небесные «боги» (фигура головой на восток) и потусторонние «демоны-асуры» (яма с западной ориентацией), «люди» — участники ритуала, а «гандхарвы» (подобие греческих кентавров: полулюди-полукони или же «всадники») — совместное жертвоприношение человека и лошади. Учитывая, что корова в жертвоприношениях ариев олицетворяла молитву (брахму), ее следует признать движителем чудесного всадника.

За чем он был отправлен на небо? О чем была та молитва? Какова сущность произведенного ритуала? Ответы на эти вопросы намечены в трудах В. С. Семенцова и других исследователей культурного насле-

дия ариев³. А кроме того, в Каменной Могиле, неподалеку от г. Мелитополя, обнаружено изображение этого ритуала...

Ритуал, руководимый несколькими жрецами во главе с верховным брахманом, требовал от каждого участника уподобления жертве. Способность к ней подготавливалась на протяжении всей жизни, которая от рождения до смерти рассматривалась как сплошное самопожертвование человека Вселенной. И когда жертвы пурушамедхи, ашвамедхи и прочих ритуалов отождествлялись жрецами с землей, небом, солнцем и т. д., соплеменники ощущали (некоторые — весьма основательно), что это происходит с каждым из них. Ибо мастерство жрецов направлялось на вскрытие подсознания, на извлечение оттуда «воспоминаний» не только о предках и зарождении жизни на Земле, но, быть может, о возникновении Солнечной системы и даже Вселенной. Слова, действия, музыка, воскурения и возлияния — вся обстановка направлялась на это! А весь наивный и жестокий, с точки зрения современного человека, ритуал раздвигал мировосприятие первобытных индивидов далеко за пределы их собственного существования. Люди отрешались от быта и приобщались к бытию — воплощавшемуся для них в Вираджд — сиянии, которым становилась обожествленная жертва, очищенная от плоти и воссозданная ритуалом в виде духа, сущности всего мироздания.

Ведь Пуруша — это Вселенная,

Которая была и которая будет.

Он также властвует над бессмертием...

От него Вираджд родилась,

От Вираджди — Пуруша⁴.

Так, через подсознание, приоткрывались врата в реальное бессмертие. Человек мог стать (и некоторые становились!) богоравным, не нуждающимся в Боге — посреднике между собой и Вселенной.

То было время титанов — и только не ведая этого, я мог посягать на сотворенные ими святилища.

ЧТО, ГДЕ И КАК ГУБЯТ ИССЛЕДОВАТЕЛИ

Страшно подумать, что Чауш раскопали бы чуточку хуже. Что не обратили бы внимания на форму ямы или не заметили воронку над ней, или пропустили обломки

³ Семенцов В. С. Проблемы интерпретации брахманической прозы. М., 1981. С. 47—96; Кёйпер Ф. Б. Я. Космогония и зачатие: к постановке вопроса // Труды по ведийской мифологии. М., 1986. С. 112—146.

⁴ Гимн Пуруше. Ригведа. X.90.2,5 // Указ соч. С. 259—260, 404.

² Великая Лесная упанишада I. 1 // Брихадараньяка упанишада. М., 1964. С. 67.

костей, или... В архивах и публикациях я постоянно натываюсь на «мелкие недоработки» коллег и своих прежних раскопок. Эти недоработки складываются в стену отчуждения между нынешней наукой и феноменами первобытной культуры. Жутко видеть клочки великих заветов, хранилищ бессмертия, загубленных некомпетентными раскопщиками и интерпретаторами!

Надо признать, что некомпетентность с увеличением объема исследований не убывает. Отчасти ее порождает специализация, усиливающаяся размежевание археологии, этнографии, лингвистики, истории, естественных и гуманитарных наук; но главная беда — формализация, угасание сути культуры, того, что достигается не всеобъемлемостью, а углубленностью. Рвутся связи, теряется смысл, воцараются мертвые схемы, оживлять которые способны (если говорить о проблемах науки) данные смежных дисциплин, сохранять смысл может лишь постоянный учет перспектив, воссоздавать связи подвластно только следованию интересам общественной жизни... Но возвратимся к проблемам изучения первобытных святилищ.

На протяжении 3—4 поколений археологов сложилась такая схема восприятия степных «пирамид»: курган — это большая куча земли и камней с элементами простейшей архитектуры, сооружавшаяся над могилами выдающихся по тем временам людей суеверными их соплеменниками. Признается некоторая научная ценность⁵ рукотворных холмов, но неизмеримо большее внимание уделяется сокрытым под ними могилам — и даже не им, а содержащимся в них «изделиям материальной культуры». На этих-то изделиях и базируется археология дунайско-волжской природы ариев, вошедших в историю своими неуязвимыми свершениями духовной культуры. Таким образом, существует драматичное противоречие между этим разделом археологии и развитием и осмыслением духовного (психического) мира общественного человека. Некоторые моменты этой драмы общеизвестны («арийский вопрос» и «доктора археологии» среди высших чинов фашистской Германии), другие известны только в «кузких научных кругах».

К невосполнимым утратам цивилизации следует причислить гибель Буртов — уникального святилища у с. Цветна Киевской области, за признание которого безуспешно бился еще в прошлом веке граф А. А. Бобринский⁵. Археологи долго решали: верить

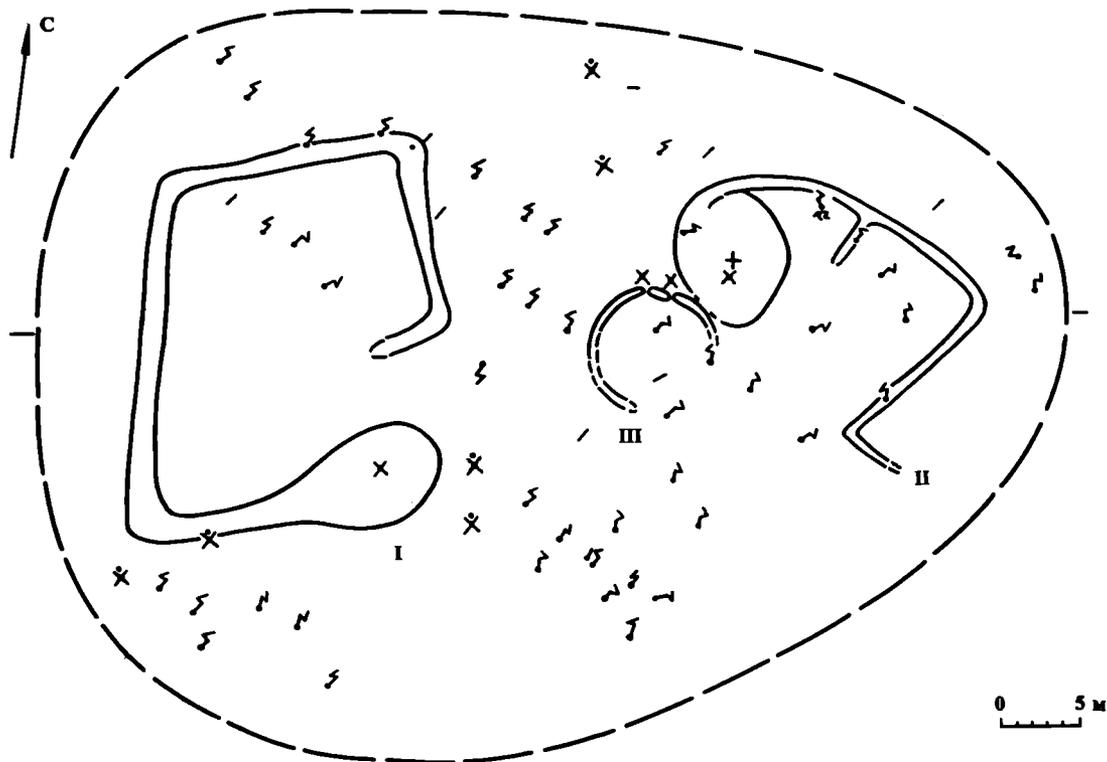
или не верить своим глазам, которым представала система насыпей в виде паукообразной фигуры, ориентированной на точки восходов и закатов в периоды солнцестояний, пока лет пять назад строители не подвели итог затянувшимся размышлениям... срыв выдающийся памятник «для нужд производства». Не менее драматична судьба «арийского Парфенона» — Высокой Могилы у Староселья на Херсонщине⁶. В то же время в Америке и Западной Европе подобные памятники, возникшие не только у ариев, но у всех народов, проходивших определенный этап истории, получили признание как в науке, так и в культуре, в духовной жизни современных людей. Кто не знает гигантских изображений и обсерваторий перуанской Наски или окрестностей английского Стоунхенджа! На стыке археологии и астрономии сформировалась новая наука — астроархеология; в долине Миссисипи выделена культура «изобразительных курганов», имеющих вид змей, оленей, небесных светил...⁷ А мы отстаем.

Дальнейшее существование археологии немислимо без участия в экспедициях ученых-естественников: геофизиков и астрономов, ботаников и зоологов, антропологов со знанием основ криминалистики, а также высококвалифицированных геодезистов, фотографов и чертежников. Отчасти эту проблему можно решить, существенно улучшив подготовку самих археологов и обеспечив их необходимым инструментарием. Без этого раскопки-разрушения необходимо сворачивать. Ибо современная «наука о древностях» уже выросла из придатка музееведения и подмастерья истории с ее направленностью на выяснение социально-экономической подоплеку событий; она начала осознавать, что исследует вместилища взаимосвязей человека со Вселенной. Эти вместилища неизмеримо ценнее самой археологии, которая обязана прежде всего заботиться об их сохранении и воскрешении в жизни цивилизации. Преступно крушить бесценные памятники, довольствуясь малой толикой извлекаемой из них информации. Надо остановиться — до тех пор, пока на основе коллекций и архивов прежних раскопок не будет достигнут хотя бы тот уровень понимания наследия пращуров, на котором находятся языкознание, этнография, история культуры, пока в

⁵ Бобринский А. А. Отчет по исследованию майдана у с. Цветна // Отчет Археологической комиссии за 1896 год. СПб., 1898. С. 213—218.

⁶ Шилов Ю. А. // Археология. 1977. Т. 22. С. 48—65; Он же. Древнейшие курганы и мифотворчество // Македонски фолклор. Скопје, 1987. С. 45—61; Он же. Космические тайны курганов. М., 1990.

⁷ Lexikon früher Kulturen. Leipzig, 1984. Bd. 1. S. 135; Вуд Дж. Солнце, Луна и древние камни. М., 1981.



Киммерийский могильник у с. Камры, иллюстрирующий основной миф индоарийской Ригведы: противоборство героя Индры [II] со змием Вритрой [I] за обладание Валой [III].

соответствии с этим не будет выработана и материально обеспечена методика полевых исследований — не обязательно раскопок, быть может, комплекса электромагнитных, сейсмических и прочих «просвечиваний»; а также геодезических и астрометрических замеров, которые интенсивно внедряются ныне за рубежом.

Отечественная археология должна переставать обслуживать интересы строителей и любителей кладов, она обязана возглавить защиту культуры. Поясню свою позицию еще одним примером из практики.

ЦЕННЕЕ СКИФСКОГО ЗОЛОТА

Наша экспедиция уже третий сезон работает на полях у с. Каиры Горностаевского района Херсонской области: выполняем заказ мелиораторов, которым мешают курганы. Они нас финансируют и, помимо своевременных раскопок и сравнения с землей

рукотворных холмов, интересуются результатами: «Ну как, золото есть?» Шутят, конечно. Но от ответа на этот вопрос зависит наш престиж, а нередко и блага. И так — от прораба строительного участка (который вправе выделить бульдозер сейчас, а может и задержать твою экспедицию на месяц-другой) до министерских чинов (которые, по сути, содержат сотни археологов в отделах охранных работ многих научно-исследовательских институтов, а также археологических групп при музеях и вузах). Этот же «шутливый» вопрос задает местное руководство колхоза, сельсовета, райисполкома; от них мы тоже немало зависим. Известно, кроме того, что лишь драгоценные находки мирового значения способны заставить считаться с нашими научными и прочими интересами дирекции института и Президиум Академии наук. Поэтому погоня за сокровищами (в ущерб памятникам и науке, естественно) — неотъемлемое условие успешной карьеры. Исключений немного.

В начале раскопок возле Каир нам улыбнулось счастье (на уровне прораба мелиораторов и председателя колхоза, выделивших технику). Взвесив на ладони вырезанные из тонкой жести перстеньки — са-



Изваяние скифского воина из святилища кургана Цыганча.

мое ценное, чем одарила нас скифская «пирамида» 5-метрового роста, выдавший виды бульдозерист подытожил: «Не стоит трудов!..» Но для привлечения телевидения находок все же хватило. Не хватило, однако, на то, чтобы «вырвать» у родимой дирекции

фотографа с аппаратурой: так любительскими снимками до конца сезона и перебивались. А ведь нужен был еще и вертолет с оборудованием для аэрофотосъемки, и срочный съезд мировых светил археологии, и многое другое. Ибо на площадке между раскопанным и нетронутым пока гигантом открылся вдруг под отвалом бульдозера бескурганый могильник киммерийцев, предшественников скифских племен.

Могильные холмики давно уже были распаханы, границы кладбища выделялись на пашне яйцевидным возвышением желтоватого цвета, обращенным острым концом на восток. По мере снятия почвы обнаружилось около 60 могил, 11 рядами протянувшихся со стороны закатов летнего в сторону восходов зимнего солнца. Погребенные были уложены в скорченном, «внутриутробном» положении и обращены лицами в тех же направлениях. Начала рядов приурочивались, вероятно, к Купальской ночи или подобному празднеству; их отмечали человеческими жертвоприношениями. Детей, женщин, стариков в загробное царство сопровождало обилие всевозможных вещей (драгоценностей не было). Но открылось нечто гораздо более важное: фигурные рвы, отрытые в период закладки кладбища; совершив надлежащий обряд, их тут же засыпали, и следующие могилы сооружались поверх сокрытых под кладбищем фигур.

Западный ров имел вид свернувшейся ромбом змеи (знак плодородной земли). Восточному придали очертания согбенного человека, подобного многим покойникам. Между ними расположили кольцевой разомкнутый ров. Очевидна иллюстрация мифа, в котором герой и змий сошлись в единоборстве за некое круговое пространство, отмеченное жертвоприношениями сосудов, коней и другого скота, а также умерших (или умерщвленных?) детей. Кольцевидный ров явно связывался с идеей достатка и плодородия. Более близкое его расположение к герою указывает на победу последнего. Ход поединка со змием отражен в погребениях, пересекших шею гигантов. Захоронение на шее чудовища «указывало» на его участь: здесь покоилась обезглавленная жертва, уложенная вниз животом и придавленная к тому же каменной стелой — палицей. А захоронение у головы мифического героя иллюстрировало подготовку к сражению. Могиле здесь были приданы человекоподобные очертания, похожие на яму в основе Чауша. Интересно, что содержимое этой могилы походило на содержимое скифского святилища в соседнем кургане Цыганча, где была найдена статуя скифского воина-бога,

снабженная амфорой с вином и тушкой собаки. В рассматриваемом же захоронении содержались скелеты мужчины и пса, уложенного над его головой. Вещи сосредоточили возле собаки: у пасти — кость барана или козла, у ног — по сосуду. Но предназначались ли они для «мертвой и живой воды», доставленной псом своему хозяину пред его схваткой со змием?

Могильник возле Каир с необычайной отчетливостью соответствует основному мифу Ригведы — священной книги переселившихся в Индию ариев⁸. Он повествует о зародыше новогоднего мироздания Вале (кольцевой ров), охраняемом змием Вритрой и освобождаемом мужественным Индрой; для свершения этого подвига небесная собака Сарамы находит амриту и сому, испив которые Индра сносит голову Вритре.

Кто, убив дракона, пустил струиться
 семь рек,
 Кто выгнал коров, устранив Валу?..
 Хватающий добычу в сражениях — он,
 о люди, Индра!⁹

Следы основного мифа Ригведы уже обнаруживались в курганах Нижнего Поднепровья¹⁰, однако памятник у Каир оказался наиболее важным, ибо открыта не только бесценная историческая реликвия (свидетельство прародины ариев и зарождения созданной ими Ригведы), но и вещественные следы таинственной жреческой практики, породившей йогу и другие чудеса индуизма. А сколько информации было раздавлено бульдозером, порублено лопатами и ножами раскопщиков?

Теоретически раскопки объекта такого уровня следовало бы предварить геофизической разведкой или хотя бы анализом аэрофотоснимков — рвы на них, вероятно, видны. Но теория далека от практики понуканий, запретов, погони за мнимыми ценностями.

⁸ Кёйпер Ф. Б. Я. Труды по ведийской мифологии. М., 1986. С. 28—36.

⁹ Гимн Индре. Ригведа II. 12.3. // Указ. соч. С. 115, 288.

¹⁰ Шилов Ю. А. Древнейшие курганы и мифотворчество. С. 53—54; Он же. Знания та праця. 1989. № 7. С. 20—21.

В 1989 г. мне удалось отстоять от раскопок самый большой курган близ киммерийского могильника, на который посягали «золотоискатели». Возможно, золото там действительно есть, но еще ценнее могут быть духовные тайны этой степной «пирамиды». К тому же курган служит репером для повторных исследований могильника, на которые очень надеюсь. Каюсь, добиваясь отмены раскопок правдами и неправдами. Попробую оправдаться декларацией, не слишком удобной для научной карьеры.

Необходимо сократить до минимума раскопки археологических памятников, а раскопки святилищ и вовсе прекратить, добиваясь при этом переноса строительства на участки, не занятые памятниками. Исключения могут составлять лишь объекты, разрушаемые или оказавшиеся под угрозой разрушения стихией.

Ввести персональную ответственность раскопщиков и их руководства за качество и объем производимых работ. Аварийные раскопки поручать только высококвалифицированным специалистам, снабжая их всем необходимым для качественных полевых исследований.

Усилия археологов сосредоточить на обработке и публикации накопленных материалов, на их осмыслении в соответствии с передовыми достижениями гуманитарных и естественных наук, на совершенствовании методики всех этапов исследования культурного наследия первобытной, рабовладельческой и отчасти феодальной формаций.

Обеспечить приоритет исследованиям духовной культуры. В конкретных разработках стремиться к выявлению (через астрономические, антропологические, геофизические данные) взаимосвязей человека со Вселенной, памятью о диалектической спирали истории (сходстве-различии первобытной и грядущей гармонии общественного бытия). Только такой подход способен повысить актуальность «науки о древностях», выявить ее колоссальные возможности в объяснении настоящего и предвидении будущего.



К. ФОРД: «ПОДДЕРЖИВАЯ НАУКУ, МЫ СЛУЖИМ ОБЩЕСТВУ»

В прошлом году в Москве с деловым визитом находился исполнительный директор Американского института физики Кеннет Форд. Одним из пунктов его переговоров с издательством «Наука» было обсуждение проекта совместного издания книги о научной деятельности академика А. Д. Сахарова, основу которой должны составить материалы специального номера «Природы» (1990, № 8). Ее выпуск решено приурочить к 21 мая 1991 г., когда будет отмечаться 70-летие Андрея Дмитриевича. К. Форд посетил редакцию «Природы», где ответил на вопросы нашего корреспондента И. Н. Арутюнян.

— Мир становится все более открытым для советских людей. Хотя и раньше наши граждане ездили на конференции, в туристические и деловые поездки, но не слишком часто. Сейчас же происходят не только количественные, но и качественные изменения в нашем отношении к мировому сообществу. Мы стали ощущать себя его членами, примерять на себя его опыт, методы организации различных сфер деятельности. С этой точки зрения Американский институт физики [АИФ] представляет большой интерес для наших читателей, тем более что в СССР не существует его аналога. Не могли бы вы рассказать об основных задачах АИФ!

— Американский институт физики — действительно необычная научная организация. Во многих странах существуют различные научные общества, объединяющие ученых той или иной специальности. У нас в Соединенных Штатах есть, например, Физическое общество, Акустическое, Химическое и т. д. В АИФе же нет персонального членства — мы представляем интересы приблизительно 92 тыс. ученых, объединенных в свои специализированные общества. Кроме того, членом АИФа является Общество студентов-физиков, объединяющее примерно 7600 студентов из 562 колледжей и университетов. Промышленность представлена 92 корпоративными членами.

Американский институт физики был основан в 1931 г. для того, чтобы помогать науч-

ным обществам, в первую очередь в издательских и финансовых делах. Мы поддерживаем физическую и астрономическую науку тем, что служим специализированным обществам, их отдельным членам, студентам этих специальностей и в результате обществу в целом. Мы уделяем особое внимание ученым, эмигрировавшим из СССР и стран Восточной Европы, а также тем, кто потерял место работы, стремясь помочь им приложить свое мастерство в смежных областях науки. Кроме того, мы занимаемся разработкой программ для лиц с физическими недостатками. Наша роль нам видится в двух главных аспектах: первый — публикация научных книг и журналов, в том числе и советских; второй — помощь федеральному правительству в вопросах науки, улучшение образования, самая разнообразная активность, направленная на более широкую осведомленность общества в достижениях и проблемах науки.

— Какие действия вы предпринимаете, скажем, в вопросах образования?

— Самые разные. Одно из новых направлений — улучшение образования детей в начальных и старших классах. Начиная с 1989 г. мы поддерживаем финансирование специального журнала «Wonder Science» (Чудо-наука), предназначенного для школьников 4—6 классов. До этого в течение нескольких лет этот журнал издавался под эгидой Американского химического общества. Каждый выпуск журнала содержит 8 цветных

страниц, посвященных отдельным разделам физики и рекомендациям наставников. В прошлом учебном году было выпущено 8 номеров. Тираж уже достиг 20 тыс. экз., и у нас есть основания предполагать, что он еще возрастет.

Другая наша программа — улучшение преподавания физики в 4—8 классах. В ее рамках в течение 1989 г. было организовано более 1000 рабочих совещаний, в которых приняли участие около 15 тыс. учителей.

Если говорить о высшем образовании, то, как я уже упоминал, мы взаимодействуем с Обществом студентов-физиков. С нашей помощью студенты представили множество научных докладов на национальные конференции специализированных обществ. Мы проводим статистический анализ интереса к физическим наукам, возможности получения рабочих мест для аспирантов и защитившихся молодых ученых.

— В связи с этим вопрос: не наблюдается ли в США уменьшение интереса к физике и другим естественным наукам? Насколько вообще американцы увлечены фундаментальными науками!

— Для нас очевиден спад интереса к изучению естественных наук. В то же время статистика говорит о возрастании числа присуждаемых ученых степеней. Это объясняется притоком иностранных студентов и ученых — эмигрантов. С одной стороны, мы счастливы, что США

привлекают столь мощный поток талантливых людей. С другой — нас беспокоит падение интереса к науке среди собственной молодежи. Мы чувствуем, что нужны дополнительные усилия, направленные на улучшение образования молодежи в области естественных наук, повышение престижа труда естествоиспытателя. Надо создавать еще более благоприятный климат для развития науки, убеждать правительственных чиновников, которые принимают решения и выделяют деньги на научные исследования. Это — жизненно важный вопрос, от его решения зависит техническое и экономическое «здоровье» нашего общества в будущем.

— В формировании благоприятного общественного мнения немаловажную роль играют научно-популярные книги и журналы... Есть ли у вас специальные программы популяризации науки?

— Для этого мы стараемся использовать все возможные средства массовой информации. Так, организованы двухминутные радиопередачи, преследующие информационные и образовательные цели. В эфир выходят 60 таких «двухминуток» в год, их передают сотни радиостанций по всей стране. В этом году мы начали также выпуск специальных телепередач — 6 передач в год. Их транслируют через спутники связи на всю страну, и они широко используются местными телестанциями. Нас слушают около 150 млн. и смотрят около 5 млн. человек в год. Весьма впечатляющие выглядят коммерческие показатели этой формы нашей деятельности: менее одного цента на каждого телезрителя, менее десятой доли цента — на каждого радиослушателя и менее одной сотой цента — на каждого читателя научной газетной колонки, которая является субпродуктом наших радиопередач. Как видите, эффективность этой формы образования общества очень высока. Стоит также отметить, что о науке пишут около 1000 американских журналистов.

— Каким темам были посвящены ваши телепрограммы?

— Первая была о солнечной энергии, излучении Солнца, которое греет Землю. Вторая — об особенностях полета бейсбольного мяча. Он ведь не просто летит по параболе: из-за вращения возникают интересные аэродинамические эффекты. Мы также устраиваем встречи с писателями, журналистами, пытаемся донести до них новую надежную информацию из первых рук.

— Современная физика — большая и очень сложная наука, так что ученые часто сами не понимают друг друга. Чем может помочь им АИФ?

— Для ученых мы выпускаем два журнала — не специализированных, а общего плана, но все-таки предназначенных для ученых. Один из них новый — «Computers in Physics» (Компьютеры в физике) — тиражом около 15 тыс. экз. Второй — известный, смею думать, журнал «Physics Today» (Физика сегодня), общий тираж которого около 110 тыс. экз.; из них примерно 17 % распространяется вне США. Я рад отметить, что новые возможности передвигаться и писать привлекли в наш журнал советских ученых. На его страницах выступали В. И. Балыкин, Е. П. Велихов, В. Л. Гинзбург, В. С. Летохов, Л. Б. Окунь, И. М. Халатников. В августе наш журнал опубликовал подборку статей памяти А. Д. Сахарова. В нее вошли: обзорная статья Л. Б. Окуня и С. Дрелла, воспоминания В. И. Гольданского, В. Я. Файнберга, отклик С. Эйзенхауэр и Р. З. Сагдеева на книгу Сахарова «Воспоминания».

Я видел специальный сахаровский номер «Природы», выпущенный в том же месяце. Было бы неправильно считать такое совпадение простой случайностью. Смерть академика Сахарова одинаково потрясла всех нас, и неудивительно, что именно так отреагировали на нее два журнала, чьи цели и принципы во многом совпадают. Я думаю, что проект издания совместной книги на базе этих материалов — прекрасное начало сотрудничества.

— Андрей Дмитриевич был озабочен судьбой всего человечества, проблемами его вы-

живания в век безудержного накопления ядерного оружия, к созданию которого он сам имел непосредственное отношение и, быть может, как никто другой осознавал ужас последствий его применения. Его иногда называли «гражданином мира». И на мой взгляд, есть своя символика в том, что сотрудничество начинается именно с проекта совместной книги о нем.

— Согласен — это символично. И я уверен в успехе этой книги.

— Проявляет ли АИФ активность в исследовательской работе?

— О нет, мы не обычная научно-исследовательская организация. Наше дело — не управлять наукой, а служить ей. Небольшие исследования мы ведем разве что в области истории физики. У нас есть исторический центр и библиотека им. Нильса Бора с очень хорошим собранием документов о развитии физики этого столетия. В коллекции представлены автобиографические материалы, интервью выдающихся ученых. У нас чудесные архивы. Историческим центром подготовлено много интересных работ, например по истории рентгеновских лучей, ядерной энергетике. Все это имеет общеобразовательную ценность. В архивах сосредоточено также много мемуаров — там есть над чем поработать исследователю, занимающемуся историей науки.

— Но какая же помощь оказывается непосредственно ученым, ведущим исследования по физике, астрономии?

— Полученные учеными результаты необходимо доводить до их коллег. Под эгидой АИФ издаются известные журналы, такие как «Physical Review», «Reviews of Modern Physics», «Physical Review Abstracts» и многие другие. Общее число страниц в них достигает 61 тыс. В последнее время с целью облегчения и ускорения публикации мы принимаем статьи, подготовленные на дискетах и пересылаемые электронной почтой — так сказать, «компьютерно» вместо традиционных рукописей. Наш институт контролирует также переводы иностранных журналов на англий-

ский язык: 19 советских и одного китайского с общим числом страниц 30200. Здесь главная проблема — скорость перевода. Сначала появление английских вариантов в среднем западывало по сравнению с русскими оригиналами на 6 мес. Во второй половине 1989 г. западывание составило 5 мес., сейчас — около 4, и мы рассчитываем еще более сократить сроки. В эпоху перестройки советские ученые получили также право непосредственного контакта с западными издателями, что привело к замечательной конкуренции среди международного физического сообщества.

Кроме журналов мы патронируем издание научных книг — около 75 названий в 1990 г. На Международных ярмарках во Франкфурте и Москве АИФ вел переговоры с издателями СССР, Великобританией, Франции, Италии и Японии. Помимо прямых переводов русских книг перестройка сделала возможной организацию совместной издательской деятельности. В 1989 г. мы разработали ряд совместных проектов с издательствами «Мир» и «Наука». Среди новых проектов — издание русско-английского и англо-русского «Физического словаря» совместно с советским издательством «Русский язык».

Новой областью нашей деятельности стала организация совместных научных конференций, которые предполагается проводить попеременно в СССР и США. У нас есть соглашение с Агентством по авторским правам (ВААП) об их совместном финансировании. Первая из таких конференций прошла в Мас-сачусетсе в июле 1989 г. Она была посвящена проблемам хаоса и собрала 20 американских и 10 советских ведущих исследователей. Шестеро из них никогда до того не бывали в США и знали своих американских коллег только по научным публикациям. Это было замечательно, увидеть, как они лично познакомились друг с другом, обменивались информацией, устанавливали дружеские отношения и договаривались о дальнейшем сотрудничестве.

— В нашей стране стали всерьез опасаться «утечки моз-

гов». Ваше мнение по этому поводу!

— Наука всегда была интернациональной. Концепция советской науки или американской науки имела в свое время некоторое хождение, но я уверен, что очень немногие из ученых мыслили в таких терминах. Большая часть, я надеюсь, считала, что их коллеги в других странах принадлежат к одному научному братству. Но на практике между странами существовали барьеры, и теперь мы наблюдаем, как эти барьеры рушатся. Ученые ездят друг к другу, работают вместе, и это хорошо. Можно, правда, заподозрить, что этот научный поток направлен преимущественно в одну сторону. Советские ученые стремятся приехать в США на длительный срок поработать или остаться там навсегда. Безусловно, это обогатит американскую науку, если пользоваться устаревшей терминологией. Но я думаю, что отнюдь не в интересах обеих наших стран довести этот процесс до такой стадии, когда будут подорваны сами основы научного могущества СССР. В какой-то степени наша деятельность по ускорению публикаций советских ученых на Западе и стимулированию научного обмена направлена на то, чтобы помочь ученым продолжать работать в своей стране. Они не должны ощущать, что для плодотворной научной работы и контактов с коллегами из других стран им надо уезжать отсюда.

— Мне бы хотелось вернуться к несколько другой постановке вопроса о взаимоотношении ученых и общества. Еще несколько лет назад на ученых смотрели с благоговением, как на полубогов, свято верили во всемогущество науки, живо интересовались ею. Теперь у нас в стране, да и в США, судя по вашим ответам, этот интерес пропал. Не признак ли это болезни общества!

— Я бы не сказал, что в американском обществе уменьшился интерес к науке. Уменьшился интерес к занятиям наукой, но не к ее достижениям, тем более что многие из них широко используются в быту и люди это знают. В этом заключен своеобразный парадокс. Пу-

блика со все возрастающим интересом читает о физике, даже о таких сложных ее теориях, как десятимерные пространства. Если назвать темы, которые в последние годы привлекли внимание широкой общественности, то придется включить сюда и холодный ядерный синтез, и различные аспекты теории элементарных частиц, и черные дыры, и распределение галактик во Вселенной, и сейсмические методы контроля за подземными ядерными взрывами. Похоже, что общество проявляет к физике просто ненасытный аппетит. И в то же время молодые люди не идут заниматься физикой. В школах и колледжах проявляют все меньше и меньше интереса к ней.

— Быть может, потому что физика стала слишком трудной для обычных людей! Стало даже трудно популярно о ней рассказывать. Люди пользуются достижениями науки, привыкли к ним, не рассматривают их как нечто чудесное и предъявляют к ученым непомерные требования в связи с тем, что те неспособны разрешить всех трудностей общественной жизни.

— Это верно, люди привыкли к гарантированному потреблению тех или иных научных «чудес». Но они все же еще не потеряли способности удивляться. Интерес к достижениям астрономии и физики высоких энергий в Соединенных Штатах очень высок.

— У нас в стране на формирование негативного отношения к науке повлияла, как полагают, трагедия Чернобыля. К ядерной энергетике люди стали относиться с опаской, переноса свое недоверие к ней персонально на ученых. Имеет ли АИФ какую-либо позицию в отношении перспектив развития ядерных электростанций?

— Авария в Чернобыле потрясла всех. Тем более важно до конца разобраться, что к ней привело и как ликвидировать ее трагические последствия. Это интересует не только специалистов во всем мире. Еще важнее понять, на что делать ставку в будущем. Быть может, в ближайшие 10 лет многие предпочтут развивать газовую энергетику, но, на мой взгляд, потом они

все равно задумаются над преимуществами ядерной энергии.

— **Насколько я поняла, это ваша личная позиция. Но работает ли АИФ над формированием общественного мнения!**

— В этом направлении мы мало что делаем. Частично по историческим причинам, частично из-за нашей позиции — не вмешиваться в споры между учеными. Когда разговаривают ученые — это диалог профессионалов; между ними могут быть разногласия, но не антагонизм. Вот когда идут споры между астрономией и астрологией, АИФ не молчит — в этом во-

просе мы занимаем четкую позицию, естественно, на стороне науки.

Что же касается ядерных станций... Здесь все выдвигают весомые аргументы, научные доводы. Мы, как научная организация, не чувствуем себя вправе выступать адвокатами той или другой стороны. Нашу цель мы видим в более глубоком понимании фундаментальных законов природы обществом — всем обществом, от детского сада до высшей школы. Мы стараемся представлять науку, но не заниматься ее социальными аспектами. Я полагаю, что кое-каких успехов мы добились. Во всяком

случае, несмотря на общее падение интереса к физике среди молодежи, наши лучшие студенты выглядят вполне достойно на мировом уровне. Семнадцатилетний американец стал в 1989 г. победителем Международной физической олимпиады, американская команда регулярно завоевывает там призы. Это внушает надежды.

Я бы хотел еще раз подчеркнуть, что миссию АИФ мы видим в служении физической науке, помощи нашим коллективным членам, ученым, студентам и, таким образом, служению обществу в целом.

ПОСЛЕСЛОВИЕ К ИНТЕРЬЮ

Подготовив интервью к печати, я задумалась: казалось бы, ничего сверхъестественного мистер Форд не рассказал. Много из деятельности АИФ в той или иной форме осуществляется в нашей стране. Разве не издаются в СССР научно-популярные журналы, на страницах которых выступают известные советские и зарубежные ученые? Взять хотя бы «Природу», выходящую под тем же названием с 1912 г., невзирая на революции и войны, или «Науку и жизнь», чьи недавние тиражи поражали воображение даже издателя всемирно известного журнала «Scientific American».

Разве не появляется регулярно на голубых экранах С. П. Капица, рассказывающий об очевидном и невероятном? А передача «Под знаком «пи»? Каждая из этих программ намного превосходит по объему передачи, подготовленные АИФ. Не остаются в стороне от освещения научных вопросов ни радио, ни ведущие газеты.

Правда, науку теснят в средствах массовой информации увлекательные подробности похождения «барабашек», поиск заколдованных мест и пророчества астрологов. Само по себе это достойно сожаления, но речь сейчас о другом. Мне кажется, что главное в рассказе К. Форда — это спокойная уверенность в своем деле, убеждение, что деятельность АИФ нужна обществу, а общество, в свою оче-

редь, ее ценит. Именно этого так не хватает сейчас и ученым, и научным журналистам в нашей стране. И потому так тревожно за развитие науки в СССР и, более общо, за выживание в стране интеллекта.

Не секрет, что во многих институтах стало проблемой собрать ученый совет, поскольку ведущие специалисты находятся в зарубежных командировках. Не секрет, что студенты лучших вузов страны рассылают письма в американские университеты в надежде получить место под «научным солнцем», которое им теперь здесь не светит. Конечно, человечеству в целом более или менее безразлично, где будут открыты те или иные законы природы. Но страна, где их открывают, становится чуточку умнее, а та, откуда ученые уезжают, — чуть-чуть глупее. И это неприятное качество репродуцируется в следующих поколениях. Всего через 5—10 лет может возникнуть реальная угроза науке в СССР, поскольку прервется нить научных школ.

Легче всего обвинить ученых в отсутствии патриотизма и меркантильных интересах. Труд ученого у нас всегда оплачивался ниже, чем на Западе, но в прошлом его зарплата выглядела достойно по крайней мере внутри страны. Но она не менялась уже более 30 лет. Сейчас, после Указа Президента СССР, намечались некоторые сдвиги, правда, пока не ясно, насколько они будут подкреплены финансово.

Надо признать, что во всех цивилизованных странах предприниматели живут богаче профессоров. Предприниматели, но не все, и тем более не их секретари! Последние годы резко изменили престиж труда ученого в нашей стране, окружающий его моральный климат общества. Похоже, что в напряженной атмосфере перехода к рыночной экономике фундаментальные исследования становятся никому не нужными.

Влияние этого процесса на техническое, по выражению К. Форда, здоровье общества поистине губительно. И без того в последние годы уровень преподавания фундаментальных наук в инженерных вузах неуклонно снижался. Сейчас течение этой болезни резко ускорилось. Те жалкие часы, что выделяются на изучение, скажем, физики, имеют устойчивую тенденцию к снижению. Растет (увы, не первое) поколение инженеров, не имеющих представления о таких величайших достижениях человеческого разума, как теория относительности и квантовая механика. Иными словами, их образование застыло на уровне теорий XIX в. Что уж говорить о средней школе, где физика традиционно остается среди самых трудных и потому не слишком обожаемых дисциплин. Дело идет к тому, что вскоре мы не только не сумеем создавать новой техники, но не сообразим даже, как пользоваться современной западной.

«Природа» приглашает своих читателей высказаться по этим немаловажным проблемам. Что вообще можем сделать мы с вами, ученые и научные журналисты? Единственное наше оружие — научная истина. В наступающие рыночные времена помимо чисто просветительских целей это слово приобретает и практическое значение. Если вопросы финансирования фундаментальных исследований будут решаться парламентом, то депутаты, правительство и общество в целом вправе знать, на что они будут израсходованы. Коротких выступлений депутатов

от Академии наук на сессиях Верховного Совета для этого явно недостаточно. И здесь превращение в жизнь традиционного девиза «Природы» — доступно и надежно о главном в науке — может стать не последней по важности задачей руководства Академии и сотрудников научно-исследовательских институтов. До сих пор популяризацией науки занимались ученые, имеющие склонность и способности к этому нелегкому делу. Теперь пропаганда научных достижений становится жизненной необходимостью. Возможно, стоило бы попытаться стимулировать эту

деятельность, учредив ежегодные академические премии за лучшие популярные статьи о фундаментальных исследованиях, написанные профессиональными учеными и научными журналистами. По-видимому, нужна кропотливая и целенаправленная работа по повышению общей научной культуры общества, и «Природа», будучи академическим журналом для ученых и для общества в целом, готова внести в это благородное дело свой посильный вклад.

И. Н. Арутюнян

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

ИОНОСЕЛЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ ЛАБОРАТОРНОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ Научно-производственный центр «Сенсор»

Предлагает твердоконтактные ионоселективные электроды (ИСЭ) с улучшенной метрологией и ресурсом работы до 18 мес. для работы в комплекте рН-метрами и иономерами любого типа.

Выпускаемые НПЦ «Сенсор» мембранные твердоконтактные ИСЭ позволяют анализировать содержание нитратов, калия, кальция, аммония, карбонатов, перхлората, лития, натрия, фтора и тяжелых металлов.

рН-Метрия представлена широкой номенклатурой высокостабильных стеклянных твердоконтактных электродов, среди которых — универсальные, низкотемпературные и высокотемпературные, стерилизуемые, щелочестойкие и кислотоустойкие.

Электроды сравнения производятся в лабораторном и промышленном исполнении.

НПЦ «Сенсор» принимает также заявки на планируемую к производству в 1991 году продукцию — датчики растворенных газов CO_2 и NH_3 , цифровые иономеры и нитратомеры в комплекте с электродами.

Заявки на приобретение и предложения (в виде гарантийных писем с указанием платежных и погрузочных реквизитов или договоров) направлять по адресу: 109072, г. Москва, Фалеевский пер., д. 4/2. Директору НПЦ «Сенсор».

Телефоны: 239-82-19, 239-85-54.

По просьбе заказчиков направляем каталог выпускаемых электродов.

Странная одночелюстная рыба и ее свадебный метаморфоз

К. Н. Несис,
доктор биологических наук
Москва

УЧЕБНИКИ зоологии утверждают, что подтип позвоночных типа хордовых делится на два надкласса: бесчелюстных (миноги и миксины) и челюстноротых (рыбы, амфибии, рептилии, птицы и млекопитающие). Первые лишены челюстей, вторым положены две — верхняя и нижняя. Нетрудно представить себе изображение французского ихтиолога Л. Бертена, когда он, изучая глубоководных рыб, добытых в кругосветной экспедиции на судне «Дана» в 1928—1930 гг., обнаружил четырех животных, по внешнему виду похожих на угрей, но совершенно лишенных верхней челюсти, а ведь она имеется у всех рыб! По всем другим признакам, однако, это были типичные рыбы, и потому Бертен ограничился описанием (опубликованным в 1936 г.) особого семейства *Monognathidae* (в переводе — «одночелюстники») с одним родом и тремя видами. В дальнейшем их стали выделять в самостоятельный отряд моногнатообразных¹, но теперь рассматривают как семейство отряда угреобразных, именую одночелюстными угрями², или моногнатами. Впрочем, до последнего времени была известна лишь дюжина моногнатов, и едва ли не каждый новый экземпляр описывали как новый вид. Датские ихтиологи Э. Бертельсен и Й. Нильсен из Зоологического музея Копенгагенского университета изучили 70 экземпляров моногнатов, добытых разными экспедициями по всему Мировому океану, и ревизовали семейство³. По их мне-

нию, оно включает единственный род *Monognathus* с 14 видами (8 из них описаны как новые). Выяснились поистине удивительнейшие особенности строения и биологии одночелюстных рыб.

Моногнаты обнаружены в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах, Охотском и Южно-Китайском морях, от 50° с. ш. до 30° ю. ш. Встречаются в толще воды и — реже — у дна на глубине от 100—300 м до 5—6 км, но, как правило, глубже 2 км. Моногнаты — не крупные рыбы, не более 16 см, и лишь в Охотском море обитают вдвое более крупные особи (до 30 см); обычная же длина 5—6 см — для глубоководных угрей это совсем мало. Окраска бурая или черная, но чаще рыбы вообще бесцветны. Глазки крохотные, боковой линии нет вовсе, хорошо развиты только органы обоняния. Длинные спинной и анальный плавники сливаются сзади, так что отдельного хвостового плавника нет; отсутствуют и брюшные, грудные же представляют собой мягкую маленькую складку кожи без плавниковых лучей. Не только верхней челюсти нет, но и нижняя развита слабо и несет лишь несколько мелких зубов. Зато есть уникальное образование — рыльный клык: две лобные кости, соединяясь, превращаются в подобие рыболовного крючка, круто изогнутого, заостренного и чуть расщепленного на конце. У его основания помещаются две крупные железы. Их секрет стекает по двум каналам внутри зуба и выходит через пару маленьких отверстий по бокам клыка у его кончика. Внешне это напоминает зуб гадюки, но, в отличие от змеиных, клык не складывается и постоянно торчит внутрь ротовой полости. Имеются еще несколько непонятого предназначения желез: на конце рыла, кольцом вокруг

пищевода, а у некоторых видов — и посредине спинного плавника. Желудок очень велик и может сильно растягиваться.

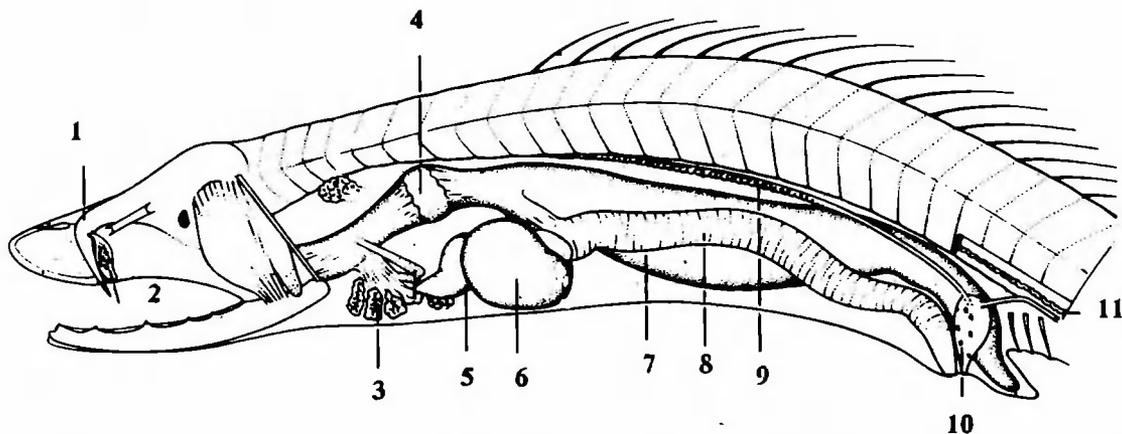
Зрелость самцов и самок наступает при довольно малых размерах. Яйца мелкие для глубоководных рыб — всего 0,5—0,8 мм и немногочисленны — максимум несколько сотен. При созревании у самок постепенно редуцируется нижняя челюсть: значительно уменьшается в длине и расщепляется на две половинки. У самцов эти изменения еще сильнее: челюсть почти полностью редуцируется, рот чуть ли не зарастает; удлиняются последние лучи спинного и анального плавников, так что получается подобие настоящего хвостового плавника; орган обоняния достигает исключительных размеров — почти во всю голову — и целиком закрывает глаза; около каждой ноздри развивается длинный направленный вперед раструб, похожий на заячье ухо; вся голова покрывается толстым слоем плотной губчатой ткани. Словом, самец превращается в «устройство», предназначенное для единственной цели — вынохать и догнать самку. Эти связанные с созреванием изменения самок и особенно самок Бертельсен и Нильсен назвали «свадебным метаморфозом». Они явно необратимы и исключают нормальное питание, так что моногнаты, несомненно, размножаются лишь раз в жизни.

Любопытные вещи обнаружили при изучении питания моногнатов. Из нескольких десятков вскрытых желудков лишь четыре содержали пищу — глубоководных креветок и эвфаузовых рачков, причем добыча была относительно очень велика — от $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2}$ всей длины рыбы. Креветки лежали в желудках моногнатов в необычном положении — головой наружу, ко рту, и Бертельсен с Ниль-

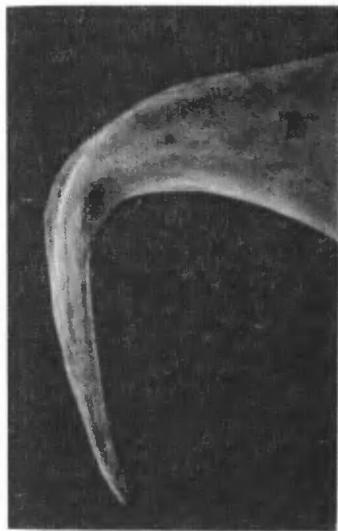
¹ Линдберг Г. У. Определитель и характеристика семейств рыб мировой фауны. Л., 1971.

² Парин Н. В. Рыбы открытого океана. М., 1988.

³ Bertelsen E., Nielsen J. G. // *Steenstrupia* (Copenhagen). 1988. V 13. № 4. P. 141—198.



Строение самки *M. rosenblatti*: 1 — рыльный клык, 2 — железа клыка, 3 — жабра, 4 — пищеводная железа, 5 — сердце, 6 — печень, 7 — желудок, 8 — кишка, 9 — яичники, 10 — мочевой пузырь, 11 — почка.



Рыльный клык (вид сбоку; масштабная линейка — 100 мкм).

сеном предположили, что моногнаты каким-то образом хватают креветку за хвост, а затем пронзают ее спину клыком; креветка рвется вперед и отжимает клык, который давит на ядовитые железы — яд впрыскивается в тело жертвы (как происходит,

когда ядовитая змея хватается грызуна или птицу). Затем моногнат беспешно заглатывает обездвиженную добычу, попеременно двигая то правой, то левой половиной нижней челюсти — эти половины не сращены накрепко, а соединены эластичным хрящом. Точно так же ужи или полозы заглатывают добычу куда крупнее собственной головы.

Но каким образом малоподвижная рыба может схватить крупную и активную креветку или зафауниду? Тут Бертельсен и Нильсен выступают на скользкую почву гипотез. По их мнению, моногнат скорее всего приманивает добычу — то ли светом, то ли, что более вероятно, запахом (например, имитирующим привлекательный для рачков запах тухлятины). Когда креветка, приблизившись, убедится в своей ошибке и развернется на обратный курс, тут-то моногнат и хватает ее за хвост. Если это предположение верно, следует еще объяснить, как моногнат избегает риска приманить добычу, способную съесть его самого. Исследователи обратили внимание на железу, окольцовывающую пищевод. Странное место для железы: казалось бы, там она только вредит — затрудняет проталкивание добычи в желудок. А что если эта железа выделяет вещество, отпугивающее хищника? Ведь тогда оно будет выделяться лишь в момент, когда добыча схвачена, обездвижена и проталкивается через пищевод! А железа посредине спинного плавника может аналогичным

образом защищать угря от нападения сзади.

Впрочем, все это предположения. На самом деле моногнаты могут охотиться совсем иначе. У многих глубоководных угрей, не имеющих ни ядовитого клыка, ни «странных» желез, добыча располагается в желудке тоже головой ко рту. Похоже, у них есть какой-то особый и общий способ схватывания добычи именно за хвост.

Жизнь в абиссали очень разрежена, и поймать крупную добычу для моногнатов, надо думать, редкая удача. Потому-то лишь ничтожная доля вскрытых рыб содержала в желудках остатки пищи. Не исключено, что одной-единственной, но хорошей добычи достаточно, чтобы обеспечить рыбе созревание, «свадебный метаморфоз» и нерест — подобно тому, как многим кровососущим насекомым достаточно один раз досыта напиться крови, чтобы созреть, отложить яйца и закончить свое земное существование...

Спасла ли атомная бомба советскую физику?

М. Д. Ахундов,
доктор философских наук
Институт философии АН СССР
Москва

КТО СЕГОДНЯ не знает историю мракобесной августовской сессии ВАСХНИЛ 1948 г., на которой Лысенко и К⁰ одержали победу и приступили к планомерному разгрому советской генетики. По ее образцу были проведены совещания и в других областях науки (физиологии, цитологии и др.). Сложилось даже представление, что проведение подобного мероприятия в любой области науки неминуемо вело бы к ее «васхнизации», т. е. разгрому и замене на некий лженаучный паллиатив. Поэтому, если нечто похожее в какой-нибудь науке готовилось, но не состоялось, делается однозначный вывод, что эта область науки была спасена от разгрома. Так, в 1949 г. планировалось Всесоюзное совещание физиков, которое не было проведено. В научном сообществе утвердилось мнение: «Не состоялась (сессия — М. А.) потому, что ее проведение ставило под угрозу успешную реализацию советского атомного проекта. Естественно, на такой риск сталинское руководство пойти не могло»¹. Отсюда можно заключить, что атомная бомба спасла советскую физику. Этот вывод и сделал А. С. Сониным, довольно подробно, опираясь на стенограммы, ознакомившим читателей с перипетиями заседаний оргкомитета Всесоюзного совещания физиков, которые проходили в течение почти трех месяцев 1948—1949 гг.²

Итак, подняты архивные материалы, которые, казалось бы, фактологически подтвердили ставшее чуть ли не априорным представление: после «убиения» генетики идеологическая инфекция поползла по советской науке, поразила ряд ее направлений (физиологию, цитологию), реально угрожала всем остальным, и, например, физика вы-

жила, лишь прикрывшись «атомным зонтиком», иначе на совещании 1949 г. ее ждало неизбежное и безжалостное «убиение». У меня эта модель не вызывала сомнений, но после знакомства со статьей А. С. Сонины они зародились, а после прочтения стенограммы заседаний оргкомитета совещания окрепли. Возникли вопросы: действительно ли физику ожидала судьба генетики? кто мог вынести ей смертный приговор и привести его в исполнение? существовали ли идеологизированные конкуренты функционирующих физических теорий, т. е. были ли аналоги «мичуринской биологии» в физике? чего следовало ожидать от совещания, если бы оно было проведено?

Но прежде перечислю несколько отличительных черт генетики (я рассматриваю ее как пример удавшейся «васхнизации» науки), которые, с одной стороны, во многом определили саму возможность ее идеологического «убиения», а с другой — практически полностью отсутствовали у естественных наук, достигших высокого уровня математизированно-теоретического развития, таких, например, как физика и химия:

в биологии были области, допускавшие появление «народных академиков», которые в идеологизированных условиях нашей страны могли перейти от селекции растений и создания гибридов к формированию общих теорий (не научных, а в лучшем случае натурфилософских), выдаваемых за последнее слово «пролетарской» (справедливее назвать ее «крестьянской») науки;

генетику удалось тесно связать с расистскими концепциями фашистов, именно в этом русле шла травля крупнейшего советского генетика Н. К. Кольцова за его евгенические разработки;

уже в довоенные годы лысенковцам удалось захватить в свои руки большинство командных постов в советской генетике (сам Т. Д. Лысенко в 1938 г. стал президентом ВАСХНИЛ, а в 1940 г. возглавил Институт генетики, сменив арестованного Н. И. Вавилова) и повести травлю ее ведущих специалистов.

¹ Ахундов М. Д., Баженов Л. Б. Философия и физика в СССР. М., 1989. С. 56.

² Сонин А. С. Как бомба спасла физиков // Моск. новости. 1990. 25 марта; Он же. Совещание, которое не состоялось. // Природа. 1990. № 3, 4, 5. Эта стенограмма хранится в Центральном государственном архиве Октябрьской революции в фонде Минвуза (Ф. 9396. Оп. 1. Ед. хр. 245—269). В дальнейшем я тоже буду использовать ее материалы.

С учетом этих особенностей генетики я и постараюсь рассмотреть возможную судьбу советской физики и специфику готовившегося совещания 1949 г.

ЧЕМУ ЖЕ ПОСВЯЩАЛОСЬ ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ФИЗИКЕ?

В печати действительно трудно найти упоминание об этом совещании, но мне кажется, что не менее трудно найти среди советских историков физики и философов науки людей, которые бы не знали о нем. Как мне известно, не составляет оно секрета и для наших зарубежных коллег — Л. Грэхэма, П. Джозефсона и других. Следует также учитывать, что многие доклады и выступления, которые разбирались на заседаниях оргкомитета этого совещания, были опубликованы в журналах «Вопросы философии» и «Вестник высшей школы», а также в печально известной своей реакционностью «Зеленой книге» — коллективном труде «Философские вопросы современной физики», вышедшем в 1952 г. Более того, в 40—50-х годах публиковались многочисленные статьи, дискуссии и обсуждения, которые намного полнее отражают ситуацию в науке и философии того периода, чем упомянутые архивные материалы. Я ни в коей мере не хочу принизить важность архивных изысканий и свести их к воссозданию дряг на физфаке МГУ (хотя именно эта сторона заседаний оргкомитета не получила отражения в публикациях). Во многих случаях лишь архивные материалы могут пролить свет на те или иные факты, но в разбираемом случае ситуация иная: изолированное изложение стенограммы способно привести к искажению исторической реальности. Лишь в рамках более широкого социокультурного контекста эти материалы могут прояснить процессы идеологизации науки.

Итак, перед нами стенограммы заседаний оргкомитета Всесоюзного совещания физиков, на которых обсуждались различные организационные вопросы, основные доклады, а также выступления и тезисы выступлений по этим докладам. Конечно, среди представленных докладов и выступлений не все удовлетворяют высоким нормам научности и объективности, что же касается их обсуждения, то многое вызывает чувство неприязни и даже гадливости. Но, думаю, отнюдь не все имело бы продолжение в работе самого совещания. Во всяком случае, его организаторы довели до сведения участников заседаний оргкомитета: не пытаться вынести все эти дряги на само совещание

(А. В. Топчиев, Н. С. Шевцов); не пытаться проводить аналогии с ситуацией в советской биологии (К. Ф. Жигач); не пытаться огульно отвергать достижения мировой (западной, буржуазной) физики, хотя и подвергать решительной критике идеалистические выводы и интерпретации (С. В. Кафтанов).

Отмечу, что если бы мы попытались предсказать результаты сессии ВАСХНИЛ по предварительным заседаниям ее оргкомитета (даже учитывая особенности генетики), трудно было бы предвидеть возможность «убиения» советской генетики. И лишь информация, которую обнародовал Лысенко на самой сессии — его доклад одобрен самим Сталиным! — вызвала небывалый прилив конформистского энтузиазма ее участников. Мне кажется, этот «номер» не прошел бы в физике в 1949 г.: ведь именно тогда в нашей стране была взорвана первая атомная бомба (какая еще наука могла привести столь грандиозное доказательство своей практичности), а ее создателям были обеспечены прекрасные условия для жизни и творчества. Более того, попытки «лысенковизации» не удалось и в химии, хотя происходили в условиях еще большей идеологизации — я имею в виду Всесоюзное совещание «Состояние теории химического строения в органической химии» в июне 1951 г., о котором сужу не по стенограмме заседаний оргкомитета, а по стенографическому отчету самой конференции. «Буржуазная» теория резонанса и ее методологические выводы (Л. Полинг, Дж. Уэланд) критиковались, но применение квантовой механики в химии признано продуктивным и необходимым; несколько адептов теории резонанса калялись, но претендент на пост «Лысенко в химии» (В. Г. Челинцев) был посрамлен и остался в одиночестве.

На мой взгляд, готовящееся совещание по физике имело не столько идеологический, сколько методический характер. Из 10 запланированных основных докладов лишь два генерировали обсуждения идеологического характера, а восемь касались именно методических вопросов — уровень преподавания физики в вузах был явно неудовлетворительный. По этим вопросам с докладами должны были выступить А. Ф. Иоффе, К. Ф. Жигач, А. Б. Млодзеевский, А. А. Соколов, А. В. Топчиев, В. М. Чулановский и другие. Много времени было уделено вопросам экспериментальной подготовки студентов, совершенствованию физического практикума, улучшению лекционной демонстрации в курсе физики, месту истории физики, учебникам и курсам физики в технических вузах и т. п. В то время эти вопросы широко об-

суждались и в печати, например в журналах «Успехи физических наук», «Вестник высшей школы» и др.

Естественно, прошедшая сессия ВАСХНИЛ давала о себе знать, и некоторые участники призывали не заниматься второстепенными вопросами, а перейти к главному — борьбе за советский патриотизм (Н. С. Акулов), разбору политической линии советской физики (К. А. Путилов) и т. д.

Итак, планировалось Всесоюзное совещание физиков, а вырисовывается совещание по методике преподавания физики и философским (вернее, идеологическим, политическим и даже национальным) вопросам физики. Почему же нереализованной оказалась физическая проблематика (в докладах ведущих физиков она иногда прорывалась)? Видимо, сказались секретность многих физических разработок, и в первую очередь атомного проекта, в котором были задействованы ведущие физики страны и который курировал лично Берия. Соответственно, на многих заседаниях оргкомитета постоянно вставали вопросы о необходимой проверке участников совещания, военизированной охране, неразглашении государственной тайны и т. п. Характерен призыв Топчиева на заседании 10 января 1949 г.: «Я хочу, чтобы все члены оргкомитета обратили внимание на один существенный факт. В беседах с выступающими они должны помнить о законе, который принят Советским правительством. Я имею в виду закон о сохранении государственной тайны. Не должно быть названо ни одной темы, которую не нужно называть. Иногда любят щегольнуть номерами институтов. Надо перед каждым участником совещания поставить вопрос, чтобы они об этом помнили, чтобы вещей, о которых не нужно говорить, они не говорили ни при каких обстоятельствах». Хотя Берия не был другом и отцом советских физиков (таковым, если верить некоторым участникам, был сам Сталин), но он был шефом госбезопасности и куратором атомного проекта, потому не мог допустить проведения подобного малоуправляемого и неконтролируемого (все на эмоциях, аффектах, спекуляции на национальных чувствах, приоритетных претензиях) обмена информацией в среде советских физиков, тем более из номерных институтов, да еще в присутствии философов, которые, хотя и обладали самой передовой методологией, но не имели допуска.

Именно это, на мой взгляд, и решило судьбу совещания. Конечно, более поэтична гипотеза о вмешательстве Курчатова, но все же реальнее вмешательство Берии. Совещание было отменено, но не из-за того, что вело

к «убиению» советской физики, а по соображениям безопасности.

И все же, если бы совещание удалось провести, неужели кучка демагогов, интриганов, амбициозных посредственностей смогла бы пересилить цвет советской физики? И все это произошло бы в период, когда статус физики был высок, как никогда? Для ответа на эти вопросы необходимо возможно полнее представить позиции физиков и философов, участвовавших в заседаниях оргкомитета. Это позволит ответить на главный вопрос: собирались ли на совещании «убивать» советскую физику, и если да, то кто мог вынести приговор? Сразу подчеркну, что позицию того или иного участника заседаний не всегда отражают фразы, вырванные из текста, иногда и весьма одиозные. По такому критерию почти всех участников можно зачислить в ретрограды — мало кто удержался от пинка в адрес «фашистского физика-махиста Иордана» или набора дежурных идеологических сентенций. Мне придется перейти к выступлениям и докладам главных действующих лиц, коснуться не только их деятельности вне заседаний оргкомитета, но и кратко проследить этапы того пути, который привел советскую физику и философию к подготовке совещания 1949 г.³

ПУТИ ИДЕОЛОГИЗАЦИИ СОВЕТСКОЙ НАУКИ

Попытки идеологизации науки имеют давнюю историю в нашей стране и начались даже не с Октябрьской революции. Они были характерны уже для славянофилов, народников и дореволюционных марксистов, которые пытались противопоставить «буржуазной» западной науке некую синтетическую русскую конструкцию, в которой западное рациональное объективное научное знание выступало в единстве с ценностями кападокийскими, православными, народными и, наконец, пролетарскими. По этому поводу Н. А. Бердяев писал: «Нужно, наконец, признать, что «буржуазная» наука и есть именно настоящая, объективная наука, «субъективная» же наука наших народников и «классовая» наука наших марксистов имеют больше общего с особой формой веры, чем с наукой»⁴. На русской почве претерпел идеологизацию и сам марксизм, который Марксом и Энгельсом создавался в противовес

³ Более подробно об этом пути см.: Ахундов М. Д., Баженов Л. Б. Философия и физика в СССР.

⁴ Бердяев Н. А. Философская истина и интеллигентская правда // Вехи. М., 1909. С. 12.

идеологии и как научное учение. После Октябрьской революции такой идеологизированный марксизм стал орудием идеологизации науки⁵.

В противовес «буржуазной» в 20-е годы пытались развить особую, «пролетарскую» науку. Считалось, что современная западная наука обслуживает потребности загнываемой буржуазии и потому призвана лишь искажать истину. Настоящей наукой она была лишь в тот период, когда сама буржуазия была революционной, т. е. в XVII—XVIII вв. А так как тогда определяющей наукой была механика, именно в ней стали усматривать корни «пролетарской» науки (с акцентом на практику и производство, через которое налаживалась столь необходимая связь с пролетариатом). Эти идеи формировались двумя конкурирующими группами достаточно образованных (как в философском, так и в естественнонаучном плане) советских марксистов — «механистами» и «диалектиками», остро полемизировавшими друг с другом. В определенный момент Сталин натравил на них выпускников Института красной профессуры («молодых икапистов»); в результате «механисты» были объявлены бухаринцами, а «диалектики» — троцкистами, за что и были репрессированы как представители левой и правой оппозиции.

Но наиболее изворотливые из них (А. А. Максимов, А. К. Тимирязев и др.) примкнули к «молодым икапистам» (о которых можно судить по такой фигуре, как М. Б. Митин) и даже были на первых ролях в идеологических играх 30-х годов. В это время стали понимать, что надежд на скорую мировую пролетарскую революцию не суждено сбыться. Соответственно, «буржуазной» науке стала противостоять уже не наша «пролетарская», а наша советская, или социалистическая, наука. Тогда и сложилась группа физиков-ретроградов во главе с В. Ф. Миткевичем, которые не могли выйти за концептуальные рамки классической физики (механики и электродинамики) и не принимали (не понимали!) теории относительности Эйнштейна и квантовой механики, считая их идеалистическими плодами «буржуазной», чересчур теоретизированной и математизированной науки. Именно к ним примкнули марксистские идеологизаторы, которые повели настоящую кампанию травли ведущих советских физиков — С. И. Вавилова, М. П. Бронштейна, А. Ф. Иоффе, И. Е. Тамма, Я. И. Френкеля, В. А. Фока, Я. Н. Шпильрейна и дру-

гих — обвиняя их в ревизии коренных положений Ленина, защите махизма, низкопоклонстве перед Западом и ... в недооценке роли Сталина.

В свою очередь ведущие советские физики не уклонились от борьбы, раскрыв во многих великолепных работах волюющую безграмотность идеологизаторов, причем не только в физической, но и в философской области⁶. Подобная критика в рамках нормальной науки и в нормальном обществе означала бы полное фиаско идеологизаторов. Однако в нашей стране этого не произошло. Вначале философские баталии отошли на второй план, заслоненные неимоверно более значимыми проблемами войны. Война девальвировала многие идеологические ценности предшествующих десятилетий — акцент сместился с пролетарских и социалистических на ценности отечественные, действительно сплотившие народ СССР (не забудем, что это был народ раскулаченный, репрессированный, с уничтоженной верой и т. д.), помогшие победить в Отечественной войне. Причем для всего мира это была победа России — это «русский медведь» отдрал «прусского орла», это русский Иван разбил немецких фрицев. Всю войну велась целенаправленная пропаганда русского патриотизма, шло возвеличивание русских полководцев, праздновались юбилеи славных побед русской армии над татарами, шведами, турками, французами и т. д.

Патриотическая кампания, оправданная в военное время, получила развитие (подчас уродливое) и после окончания войны, когда Россия встала во главе соцлагеря и стремилась оформить соответствующий образ лидера — не «слабое звено» (именно так трактовалась она после Октябрьской революции), а великая страна с древней культурой, выдающимися русскими учеными, внесшими огромный вклад в развитие мировой науки. В 1948 г. начинают издаваться очерки в двух томах о выдающихся деятелях естествознания и техники — «Люди русской науки», с предисловием и вступительной статьей Вавилова. А отсутствие ссылок на отечественных корифеев легко объяснить поисками внешних и внутренних врагов, не патриотов, низкопоклонствующих перед Западом, безродных космополитов.

Все это, естественно, привело к росту русского национализма в науке (я не касаюсь иных сфер), увлекшего определенное число консерваторов и посредственностей в физи-

⁵ А х у н д о в М. Д., Б а ж е н о в Л. Б. У истоков идеологизированной науки. // Природа. 1989. № 2. С. 90—99.

⁶ См., например: И о ф ф е А. Ф. О положении на философском фронте советской физики // Под знаменем марксизма. 1937. № 11—12.

ке, у которых были большие претензии, но на которых никто из ведущих физиков либо не ссылался, либо резко критиковал. Под знаменами борьбы за честь и приоритет русских ученых прошлого они повели ожесточенную борьбу за свое собственное место в современной физике. Ситуация оказалась благоприятной для реанимации идеологизаторов с фронтов философской борьбы 20—30-х годов — вновь появляются Максимов и К°. Наметился злобный тандем комплексующих физиков и философов-зомби; они-то и рвались в бой, добиваясь проведения Всесоюзного совещания физиков.

Кто же им противостоял? В первую очередь ведущие советские физики, уже имевшие плодотворный опыт решительной борьбы с идеологизаторами науки в довоенные годы, — Вавилов, Иоффе, Тамм, Фок и другие; их поддерживали более молодые коллеги, особенно из АН СССР.

Сюда же следует приплюсовать те силы, которые сложились в первые послевоенные годы, когда идеологизация науки была отодвинута на второй план и еще были сильны убеждения, что после победоносного окончания войны многое должно измениться в нашей стране. Появляются действительно интересные и содержательные работы, посвященные философским проблемам физики, на авансцену выступает новое поколение советских философов естествознания — Б. М. Кедров, И. В. Кузнецов, М. Э. Омеляновский и другие⁷. Работали они в тесной взаимосвязи с ведущими советскими физиками. Так, когда Омеляновский в 1944 г. защитил докторскую диссертацию, одним из его официальных оппонентов был Вавилов. В 1946 г. в Институте философии АН СССР был создан сектор философских вопросов естествознания, который вначале возглавил Вавилов, а затем в разные годы — Кедров, Кузнецов и Омеляновский. В 1947 г. возобновляется издание философского журнала: взамен закрытого во время войны «Под знаменем марксизма» начинает выходить журнал «Вопросы философии», главным редактором которого назначен Кедров, а Омеляновский курирует в редколлегии философские вопросы естествознания. Уже в первых номерах публикуются интересные и принципиально важные статьи И. И. Шмальгаузена и М. А. Маркова по философским вопросам естествознания. Для нас особенно интересна

сейчас статья Маркова «О природе физического знания», опубликованная с предисловием Вавилова, после которой развернулась дискуссия с участием в числе сторонников Д. И. Блохинцева, М. Г. Веселова, М. В. Волькенштейна, Д. С. Данина.

Однако дискуссия была непродолжительной, началась кампания борьбы против низкопоклонства и преклонения перед иностранщиной, «безродных космополитов». В «Литературной газете» появляется погромная статья Максимова «Об одном философском кентавре» с идеологической критикой статьи Маркова. «Вопросы философии» в № 1 за 1948 г. в редакционной статье «К дискуссии по статье М. А. Маркова» дали решительный отпор нападкам Максимова, а его публикация была охарактеризована как «злопыхательская, физически неграмотная и философски путанная». Однако уже в № 3 журнала дискуссия получает идеологическое завершение — главный редактор снят, состав редколлегии существенно обновлен, публикуется разностная статья Максимова. Резкой критике были подвергнуты и упомянутые мной монографии Кедрова, Кузнецова и Омеляновского. Идеологический нажим, административные воздействия и разнос в прессе, конечно, деформировали изначально прогрессивную позицию этих философов, о чем можно судить, в частности, по их публикациям в «Зеленой книге» (но это относится к 1952 г.). Кто же касается их выступлений на заседаниях оргкомитета в начале 1949 г., они были действительно достаточно своеобразными, но об этом чуть позже.

КТО И ЗА ЧТО БОРОЛСЯ НА ЗАСЕДАНИЯХ ОРГКОМИТЕТА?

Определенная часть физиков МГУ и некоторых вузов вела приоритетную кампанию под флагом борьбы за честь русской науки, чьи выдающиеся представители (от Ломоносова до Лебедева) внесли великий вклад в развитие мировой науки, но замалчиваются непатриотами, не признающими к тому же и выдающихся заслуг физиков МГУ (Акулова, Власова, Иваненко, Соколова и др.).

Думаю, этот аспект имеет весьма отдаленное отношение к гипотетической «васхнизации» советской физики. С тех пор прошло более 40 лет, и сегодня мы видим, что в развитии советской физики внесли свой вклад (правда, с различным удельным весом) представители обеих конфликтующих групп. Хорошо или плохо, но они представляют одну науку в определенное время (до-

⁷ Кедров Б. М. Энгельс и естествознание. М., 1947; Омеляновский М. Э. Ленин и физика XX века. М., 1947; Кузнецов И. В. Принцип соответствия в современной физике и его философское значение. М., 1948.

статочно героическое, трагическое и мерзкое).

Так кто же пытался «лысенковизовать» советскую физику? И тут появляются «козлы отпущения» — философы! Сейчас с марксизмом у нас в стране связывают разрушение таких святынь, как отечество, монархия, православие, поэтому ни у кого не вызовет даже тени сомнения, если списать на него еще и уничтожение нескольких наук, а тем более всего лишь неудавшуюся попытку «убийства» физики. Действительно, если не философы-марксисты, то кто?

Положение усугубилось еще и тем, что критиковать физиков из АН СССР по вопросам физики было крайне трудно, поэтому дискуссия сместилась в философскую, вернее, идеологическую область. Здесь и стал проглядывать призрак сессии ВАСХНИЛ, которую, безусловно, жаждали повторить в физике Путилов, Кессених и Ноздрев (другое дело, удалось ли бы им это). Соответственно, за физический идеализм в копенгагенском духе стали критиковать Френкеля и Маркова, а остальных ведущих физиков АН СССР обвиняли в низкопоклонстве перед западной наукой и безродном космополитизме. Если учесть, что в конце 40-х — начале 50-х годов у нас в стране антисемитизм начинает приобретать государственный характер (Сталин формировал у народа образ очередного врага), то можно предположить дополнительную остроту в противостоянии некоторых физиков МГУ и ведущих физиков АН СССР (В. Л. Гинзбург, А. Ф. Иоффе, Л. Д. Ландау, М. А. Леонтович, Е. М. Лифшиц, Я. И. Френкель и др.).

Конечно, подобной «патриотической» деятельностью занимались не только некоторые физики МГУ, они находили единомышленников среди коллег из других вузов, а также среди философов. Однако идеологическая критика в адрес тех или иных ведущих советских физиков звучала со стороны многих участников заседаний оргкомитета, в том числе и самих ведущих физиков, но для одних она носила дежурный характер и служила прологом к обсуждению совсем иных проблем, для других была одним из приемов в конкурентной борьбе и лишь в немногих случаях действительно приобретала характер политического доноса. Кроме того, думаю, большая часть этой позорной словесности предназначалась лишь для заседаний оргкомитета и вообще могла не прочитаться на само совещание.

К этой идеологической критике, естественно, примкнул и играл в ней важную роль Максимов. Он выступал в худших традициях идеологизированной науки 20—30 годов, ког-

да шельмование ведущих физиков и обвинение их в идеалистических грехах сопровождалось критикой самих физических теорий (теории относительности и квантовой механики) и развитием собственных доморощенных физических представлений, якобы органично связанных с марксизмом-ленинизмом. Конечно, если бы судьба советской физики зависела от Максимова, последствия не трудно было бы предсказать. Но не он и его сторонники делали погоду на заседаниях оргкомитета. Собственно, Максимова поддержали лишь немногие из собравшихся — Власов, Ноздрев и Кессених. Большинство же физиков и философов единодушно подвергли выступления Максимова (основного, на мой взгляд, кандидата на роль «убийцы» советской физики) резкой критике и осмеянию. Показательно, что в «Зеленой книге», которая вышла по следам несостоявшегося совещания и одним из создателей которой был Максимов, он тем не менее не решился опубликовать свой доклад, а поместил весьма бледную работу «О значении абстракции в механике и физике», в которой лишь слегка досталось «на орехи» физическим идеалистам, талмудистам и др. Если именно с этим докладом Максимов собирался выступать на самом совещании (видимо, критика отрезвила, и он понял реальный расклад сил), то отпадает последний кандидат на роль «убийцы» советской физики.

Итак, ведущие советские физики осмеяли и разгромили позицию Максимова, а вот к упомянутым выше трем философам отношение было достаточно позитивное. Например, Блохинцев противопоставил «шаманские выкрики» Максимова свежим и интересным работам Кедрова, Омеляновского и Кузнецова. Их деятельность на заседаниях оргкомитета складывалась из нескольких компонентов. Во-первых, они представили тексты своих выступлений, в которых практически отсутствует конкретная критика концепций тех советских физиков, ради которых, собственно, идеологизаторы и стремились созвать совещание. Во-вторых, они проявили заметную активность во время дискуссий по докладам. Конечно, из их выступлений можно надергать очень колоритные фразы, наталкивающие даже на мысль, что они играли в одной команде с комплексующими физиками и философами-зомби (именно эту мысль и проводит А. С. Сонин). Но это не так! Ведь помимо открытой и острой критики (за что, например, Власов так невзлюбил философов «а ля Кедров» и приветствовал философов «а ля Максимов») философы вели демагогическую игру с идеологизаторами, что выливалось, например, в многочис-

ленные обвинения последних в искажении какого-то положения Сталина, в неучете известного призыва Жданова, в забвении урока Молотова и т. д. и т. п. Все это сильно отвлекло идеологизаторов: вместо наступательных идеологических атак они вынуждены были защищаться, обещать что-то учесть и т. д. Конечно, было бы наивным ожидать, что эти философы могли позволить себе обойти критическим вниманием главных действующих лиц, т. е. ведущих ученых, с чьими именами мы связываем творческое развитие методологии современной физики (этого не смог позволить себе даже президент АН СССР). Однако, мне кажется, их критика в адрес физиков не вносила чего-либо нового в дежурный набор обвинений, а вот идеологическая критика идеологизаторов была весома. Я не исключаю возможности того, что прогрессивные философы и ведущие физики действовали заодно, быть может, по обоюдной договоренности. Иначе трудно объяснить творческое сотрудничество некоторых из них в последующие времена, например, тесное и плодотворное взаимодействие Фока и Омелянковского в развитии философских вопросов квантовой механики, при работе над комментариями к статьям Н. Бора и т. д.

Наконец, следует учесть позицию главных действующих лиц готовящегося совещания — Вавилова, Гинзбурга, Иоффе, Леонтовича, Маркова, Тамма, Френкеля, Фока и других. Я уже отмечал, что они вели себя достаточно принципиально и дали сокрушительный отпор идеологизаторам. Естественно, не обошлось без критики западного «физического» идеализма. Складывается впечатление, что для этого были выбраны П. Иордан, Дж. Джинс, Э. Милн, А. Эддингтон, одни и те же идеалистические или теологические высказывания которых с завидным постоянством критиковали почти все участники заседаний. Часто речь заходила о статье Маркова, в адрес которой были сделаны многочисленные критические замечания, но при этом ей давалась высокая оценка. Собственно, свое отношение к гносеологическим представлениям Маркова физики АН СССР и некоторые философы сформулировали ранее, например, на обсуждении его книги «О микромире», которое состоялось в январе 1948 г. в Физическом институте АН СССР. Так, отмечалось, что Марков был почти единственным советским физиком, попытавшимся с диалектико-материалистических позиций осветить многие сложные проблемы современной физики. Более того, в своем докладе С. И. Вавилов подчеркивал: «На статье М. А. Маркова полезно остановиться, поскольку она, по-видимому, во мно-

гом совпадает со взглядами, распространенными среди наших физиков». Жаль, что в 1949 г. не были опубликованы доклады, представленные на совещании (или стенограмма самого совещания, если бы оно состоялось), и советский читатель не смог познакомиться с очень интересным и принципиальным докладом президента АН СССР, а не с его «причисанным» вариантом (в котором, в частности, снят весь раздел о статье Маркова), опубликованном в «Зеленой книге» уже после смерти Вавилова.

Кроме того, на совещании ведущие физики АН СССР выступили с решительной отповедью притязаниям физиков МГУ, о чем подробно рассказано Сониным.

Итак, подведем итоги. Среди участников заседаний оргкомитета, действительно, была кучка патологических идеологизаторов, мечтавших о «васхилизации» советской физики. Они были подвергнуты резкой критике ведущими советскими физиками и прогрессивно настроенными философами. Более того, эти реакционные поползновения не получали какой-либо поддержки со стороны официальных организаторов совещания (президента АН СССР, министра высшего образования и др.) и имели мало шансов перейти с уровня обсуждения докладов на заседаниях оргкомитета на сцену самого совещания. Все остальные коллизии, которые развели участников заседаний по разным лагерям, подчас резко конфронтирующим друг с другом, не несли какой-либо угрозы существованию советской физики и касались в основном борьбы за лидерство (монополизм в науке). Если не учитывать идеологической атмосферы тех лет, можно было бы предположить, что проведение совещания физиков сыграло бы даже положительную роль, ибо позволило бы ведущим физикам — не только участвовавшим в заседаниях оргкомитета, но и их единомышленникам, занятым в атомном проекте, например А. И. Алиханову, Я. Б. Зельдовичу, И. В. Курчатову, А. Д. Сахарову, Ю. Б. Харитону и другим (не будем забывать, что все они в 1955 г. выступили в защиту генетики), — и прогрессивным философам дать открытый бой идеологизаторам.

Так что можно даже предположить, что атомная бомба спасла советских идеологизаторов физики от разгрома на готовящемся Всесоюзном совещании физиков, которое прикрыли по соображениям секретности. Однако мне такая версия представля-

ется столь же поверхностной, как и предположение о готовившемся «убиении» советской физики. Вероятнее всего, имело бы место дежурное пустое совещание, которое не решило бы никаких проблем. Кстати, подобные опасения высказывались уже на самих заседаниях оргкомитета. Приведу реплику Кедрова: «Если результаты будут ноль, то тогда надо совещание отменить, потому что хуже всего пустая болтовня, которая окончится пустой резолюцией, за которой не последует реальное дело». С этим можно связать тривиальную гипотезу о причине отмены совещания — выяснилась его сугубо «болтологическая» сущность.

Я рассмотрел несколько возможных причин отмены совещания, во-первых, следуя призыву журнала «Природа» («Основное наше стремление — осветить «сцену» с возможно большего числа точек, дать не пло-

скую, а объемную картину явления»⁸); во-вторых, стремясь более четко прояснить позиции участников заседаний оргкомитета, некоторые из которых, на мой взгляд, незаслуженно оказались зачисленными в число монстров идеологизации; в-третьих, дабы отчетливо сформулировать три взаимосвязанных мифа (ибо речь уже может действительно идти о некоей мифологии), которые усиленно разрабатываются в современной непрофессиональной историографии советской науки: советские философы-марксисты являются «убийцами» генетики, кибернетики и других наук; все советские науки ожидала участь генетики — процесс «васхилизации» был универсален; атомная бомба спасла советскую физику.

⁸ Редакционный комментарий к статье: Марков М. А. Глазами очевидца // Природа. 1990. № 5. С. 99.

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

ВНИМАНИЮ ДЕЛОВЫХ ЛЮДЕЙ!

«Природа» публикует рекламу советской и зарубежной промышленной продукции и различных видов услуг, которые могут быть полезны научным и учебным учреждениям, а также любителям природы.

Рекламный текст направляется в редакцию журнала с гарантийным письмом и указаниями почтового адреса, телекса, телефона и банковского счета рекламодателя

по адресу:

117049, ГСП-1, Москва, Мароновский пер., 26, «Природа». Международный телекс 411612 IZAN. Тел. 238-24-56.

Лауреаты Нобелевской премии 1990 года

по физике — Дж. Фридман, Г. Кендалл, Р. Тейлор

Нобелевская премия по физике за 1990 г. присуждена Дж. Фридману, Г. Кендаллу и Р. Тейлору «за исследования, которые привели к прорыву в понимании структуры материи».

Джером Фридман (Jerome I. Friedman) родился 28 марта 1930 г. в Чикаго. В 1956 г. в Чикагском университете получил степень доктора философии. С 1967 г.— профессор физики в Массачусетском технологическом институте.

Генри Кендалл (Henry W. Kendall) родился в Бостоне 9 декабря 1926 г. В Массачусетском технологическом институте получил степень доктора философии в 1955 г., а в 1967 г.— звание профессора физики. Работает вместе с Фридманом в лаборатории ядерных исследований.

Ричард Тейлор (Richard E. Taylor) родился 2 ноября 1929 г. в г. Медисин-Хат (провинция Альберта, Канада). Диплом доктора философии получил в Станфордском университете в 1962 г. и там же в 1970 г.— звание профессора. Работает в Станфордском ускорительном центре.

Формулировка открытия, принесшего самую престижную научную награду года американским физикам, дана Нобелевским комитетом несколько расплывчато, и тому есть свои причины, которые мы обсудим ниже. Возьмем на себя смелость сказать, что премия присуждена за экспериментальное открытие точечной структуры нуклонов.

То, что эта работа отмечена Нобелевской премией,— несомненно, заслуженный и справедливый акт признания вы-

дающегося вклада ее авторов в познание микромира. Однако выбор времени для этого признания представляется довольно случайным. Действительно, сами эксперименты выполнены в 1969 г. Фундаментальное значение полученных результатов было осознано практически немедленно, их теоретическая интерпретация дана в 1969—1970 гг., и возникшие таким образом представления окончательно вплелись в ткань современной теории в 1973—1974 гг. История открытия закончилась. Физики быстро перестали ощущать новизну идей, казавшихся поначалу столь спорными и невероятными, и сейчас требуется усилие, чтобы реставрировать атмосферу тех лет, пройти заново путь узнавания, удивления, восхищения.

Трудность, с которой столкнулся, по-видимому, Нобелевский комитет и которая отодвинула время присуждения премии, состояла не в признании важности полученных результатов, но в выделении узкого круга лиц, с которыми отныне — посредством списка нобелевских лауреатов (дай Бог, ему жить столетия) — будет ассоциироваться сделанное открытие.

Попробуем и мы теперь восстановить слагаемые успеха. Решающим шагом к открытию, о котором идет речь, был, видимо, пуск в 1968 г. линейного ускорителя электронов на энергию 21 ГэВ в Станфорде (штат Калифорния, США). Ускоритель, название которого будет в виде очень удобной для произношения аббревиатуры SLAC (Stanford Linear Accelerator), был в то время принципиально новой установкой, как по реализованым в нем ускорительным иде-

ям, так и по исследовательским возможностям.

Дело в том, что основной метод исследования структуры вещества в физике — это осуществление столкновений частиц высоких энергий и изучение продуктов их взаимодействий. С запуском этой установки впервые стало возможным наблюдать в столкновениях электронов с нуклонами рождение состояний с массой, в несколько раз превышающей массу нуклона. До этого подобные состояния можно было изучать только в столкновениях нуклонов между собой. Электроны же имеют очевидное преимущество перед нуклонами, их «устройство» хорошо известно физикам, поэтому результаты измерений дают непосредственную информацию о структуре нуклонов. Можно смело утверждать, что электроны являются идеальным пробным «снарядом».

Что касается структуры нуклонов, то к концу 60-х годов было известно, что они имеют размеры порядка 10^{-13} см, или, в более привычных для физики элементарных частиц единицах, порядка обратной массы μ -мезона, однако последовательной теории взаимодействий этих частиц не было (в то время как поведение электрона детально описывалось хорошо разработанным аппаратом квантовой электродинамики). Протон, как и любую частицу определенного размера, можно разбить на части снарядом, более мелким, чем он сам. Роль размера снаряда играет в этом случае обратный переданный импульс, в чем можно убедиться с помощью квантового принципа неопределенности. И если попытаться передать протону импульс, намного превышающий массу



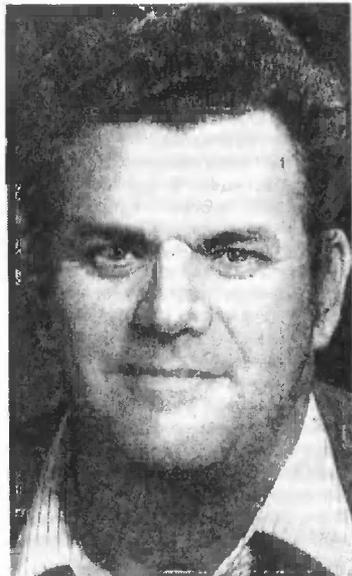
Дж. Фридман.

Фото АП — ТАСС



Г. Кендалл.

Фото АП — ТАСС



Р. Тейлор.

Фото АП — ТАСС

т-мезона, ничего не выйдет — протон разваливается.

Количественное описание этого процесса дается в терминах так называемого формфактора — некой функции переданного импульса. Формфактор определен таким образом, что его квадрат равен вероятности остаться нуклону нуклоном и после столкновения. Ясно, что формфактор мал, если переданный импульс велик. На установке SLAC удалось измерить формфактор в новой области переданных импульсов. Как и ожидалось, его значения оказались малы.

Однако малое значение формфактора допускает, казалось бы, и иную интерпретацию. Считалось, что события, в которых электрон в результате столкновения отклоняется на большой угол, будут редки. Опять-таки для пояснения достаточно простой механической аналогии. Действительно, пуля может отразиться от брони (если не произойдет разрушения материала, из которого она сделана), однако никто не ожидает, что пуля отскочит, скажем, от стекла. Так вот, оказалось, что электроны часто отражаются на большой угол при столкновении с ядер-

ным веществом, несмотря на то, что нуклоны легко разрушаются!

Это открытие и было сделано в 1969 г. группой физиков из Станфордского ускорительного центра и Массачусетского технологического института (США). Впервые результаты эксперимента были официально представлены в докладе Р. Тейлора (в нем содержалась и теоретическая часть, автором которой был Ф. Гилман) в 1970 г. на Международном симпозиуме по взаимодействиям фотонов и электронов высоких энергий в Дересбери (Великобритания). Эти результаты были настолько необычны, что даже когда они уже стали известны физикам во всем мире, публикации в регулярных научных журналах не появлялись — экспериментаторы предпочитали представлять данные своих опытов как «предварительные» в трудах различных конференций. Тем не менее интерпретация их была однозначна: внутри нуклона есть не имеющие размера и не разрушающиеся при столкновении точечные объекты, от которых и отражаются электроны. Они были названы партонами (от англ. part — часть). Представление о партонах было впервые сформулировано

Дж. Бьеркеном (1969 г.) и Р. Фейнманом (1970 г.). Так был сделан еще один шаг в установлении иерархии в структуре материи: вещество — молекулы — атомы — ядра атомов — нуклоны — партоны. Следующий шаг до сих пор не сделан, несмотря на то, что физикам удалось продвинуться по шкале расстояний более чем на порядок.

Более того, была высказана гипотеза, что партоны есть не что иное, как кварки — частицы с дробным электрическим зарядом, введенные в теорию за несколько лет до обсуждаемых экспериментов Дж. Цвейгом и М. Гелл-Маном. Особенности рассеяния электронов на партонах целиком определяются зарядом последних, и его можно, таким образом, измерить. Оказалось, что он действительно дробный. Так была доказана тождественность партонов и кварков.

При этом возник еще один, казалось неразрешимый, парадокс: кинематика столкновения указывала на то, что партоны, которые «видят» электроны в столкновениях при высоких энергиях, — частицы легкие. В то же время дробные заряды в природе никто не наблюдал в сво-

бодном состоянии, и это навредило на мысль, что ежели такие частицы и существуют, то они должны быть тяжелыми. Разрешение этого парадокса было дано квантовой хромодинамикой: кварки «заперты» в нуклонах и других сильновзаимодействующих частицах, а как свободные частицы могут существовать лишь очень короткое время. После этого они обязательно об-

разуют с другими кварками связанные состояния с целочисленным зарядом. Поскольку время столкновения при высоких энергиях мало, то появляется уникальная возможность наблюдать кварки в их «нуклонной тюрьме».

В экспериментах, удостоенных сейчас Нобелевской премии, это и удалось сделать. По сути, с интервалом в 60 лет был

повторен на новом структурном уровне классический опыт Резерфорда по обнаружению атомных ядер, давший в свое время мощнейший толчок пониманию строения материи.

В. И. Захаров,
доктор физико-математических наук
Институт экспериментальной
и теоретической физики
Москва

По химии — Э. Кори

Нобелевская премия по химии в 1990 г. присуждена американскому химику Э. Д. Кори за развитие теории и методологии органического синтеза.

Элиас Дж. Кори (Elias J. Corey) родился в г. Метуэн (штат Массачусетс) 12 июля 1928 г. В 20-летнем возрасте он окончил Массачусетский технологический институт, докторскую степень получил в 1950 г. С 1951 г. по 1959 г. последовательно занимал должности инструктора (1951—1953), ассистента (1953—1955) и профессора (1956—1959) в Университете штата Иллинойс. С 1959 г. по настоящее время — профессор Гарвардского университета. В 1965—1968 гг. занимал пост декана химического факультета.

Кори принадлежит к числу наиболее плодотворно работающих современных химиков-синтетиков, им опубликовано более 50 научных работ, которые условно можно разделить на три группы. В первую входят работы по полному синтезу разнообразных природных соединений; во вторую — исследования, связанные с поиском новых приемов и реагентов; в третью — разработки в теории органического синтеза и использования компьютеров для его планирования.

История органического синтеза (более узко: синтеза



Э. Кори (1981 г.)

Фото АП — ТАСС

природных соединений органического происхождения) насчитывает уже более 150 лет. Начиная с синтеза мочевины Велером в 1832 г., химики-синтетики повели своеобразное соревнование с живой приро-

дой, покоряя все более сложные структуры. К началу 60-х годов нашего столетия были синтезированы витамин А (О. Айслер, 1949); кортизон (Р. Вудвард, Р. Робинсон, 1951); стрихнин (1954), резерпин (1956), хлорофилл (1960, все Р. Вудвард); цедрол (Г. Сторк; 1955); морфин (М. Гейтс, 1956); колхицин (А. Эшенмозер, 1959). Эти достижения и сегодня производят сильное впечатление благодаря умению экспериментаторов протянуть цепочку превращений от исходных соединений к целевым структурам через тернии многостадийного синтеза, руководствуясь зачастую только своей великолепной интуицией синтетика. Тем не менее можно сказать, что до середины 60-х годов практиковался индивидуализированный подход к каждой синтетической проблеме, слабо связанный с решением задач синтеза других объектов. Планировался синтез в «нормальном» химическом направлении — от исходных соединений к целевым.

Новый этап развития органического синтеза наступил в начале 60-х годов, когда Кори сформулировал принципы ретросинтетического (антитетического) анализа, которые создали основу рационального подхода к планированию синтеза сложных органических соединений. В рамках этого подхо-

да синтетик, анализируя целевую молекулу, ищет возможности синтезировать ее в одну (желательно известную) стадию из более простого предшественника. Целевая молекула превращается в ее синтетический предшественник путем операции, обратной синтетической реакции. Очевидно, что даже для относительно простых органических молекул отыщется несколько способов одностадийного упрощения, поэтому уже на первой стадии ретросинтетического анализа возникает набор возможных предшественников. Далее каждая структура, полученная упрощением целевой молекулы, в свою очередь становится целевой для последующего анализа. Операция повторяется, пока в качестве предшественников не окажутся коммерчески доступные вещества или соединения, которые можно синтезировать тривиальными методами.

Так создается дерево возможных синтетических промежуточных продуктов; его узлы — это структуры интермедиатов, а ветви — пути перехода от выявленных исходных соединений к целевой молекуле. Дерево ретросинтетического анализа может быть очень сложным из-за большого количества ветвей, исходящих из каждого узла, и множества стадий в одной ветви. Чтобы избежать лавнообразного ветвления и разработки заведомо бесперспективных ветвей, Кори предложил два основных типа стратегии ретросинтетического анализа, не зависящих от сложности целевой молекулы.

По первой стратегии отыскиваются наиболее эффективные пути трансформации, которые обеспечивали бы максимальное упрощение структуры целевой молекулы. Их применимость чаще всего неочевидна, и чтобы выявить ее, может потребоваться несколько шагов вниз по дереву ретросинтетического анализа, упрощающих и/или модифицирующих структуру целевой молекулы. В этом процессе важную роль играют операции добавления, удаления и/или изменения функциональных групп, изъятия асимметрических центров, а для полициклических соединений и уп-

рощения топологии молекулы за счет разрыва стратегических связей (для их выявления найден специальный алгоритм). Если систематически применять стратегию поиска наиболее эффективных способов трансформации, можно разработать элегантные пути синтеза.

Второй тип стратегии имеет более компромиссный характер, так как основывается на использовании некоторого заведомо оптимального интермедиата или исходного соединения. Эта стратегия существенно сужает рамки ретросинтетического анализа и делает возможным встречный поиск потенциальных путей синтеза. На практике же для создания работающих синтетических схем оба типа стратегий применяются параллельно, что не только ускоряет и упрощает анализ проблемы, и позволяет найти действительно наиболее эффективное ее решение.

В планировании синтеза ретросинтетический анализ тесно связан с использованием компьютеров. Это так называемый «компьютерный» синтез. Под руководством Кори и на основе сформулированных им принципов была создана одна из первых работоспособных программ генерирования дерева ретросинтетического анализа OCSS (Organic Chemical Simulation of Synthesis), которая позже развилась в широко известную программу LHASA (Logic and Heuristics Applied to Synthetic Analysis). В этих программах впервые реализована возможность общения оператора с машиной путем обмена структурной информацией, т. е. наиболее естественным для синтетика образом. Программы выявляют все возможные (в пределах существующей базы данных или ограничений, наложенных оператором) пути упрощения целевой молекулы, оценивают их, удаляют из рассмотрения заведомо нервные способы и представляют оператору остальные принципиально возможные синтетические интермедиаты. Оператор выбирает наиболее перспективные (в рамках избранной стратегии) предшественники, после чего в дело снова вступает машина. Программа LHASA и

подобные ей сейчас становятся важным инструментом планирования синтеза, так как помогают находить неочевидные пути решения, стимулируют воображение синтетиков и позволяют им эффективно использовать постоянно расширяющееся поле химического знания.

Заслуженную славу Кори принесли выполненные под его руководством многочисленные синтезы природных соединений самых разных структурных классов (разве что кроме углеводов и пептидов). Результаты Кори в области синтеза наглядно подтверждают старую истину о практической хорошей теории. Несомненно, что не удалось бы осуществить и вдвое меньшее число синтетических проектов без надежного владения теорией ретросинтетического анализа.

Группа Кори уверенно держится среди ведущих современных «синтетических команд» и время от времени становится единоличным лидером. Норма для Кори — выбор в качестве цели объектов, еще никем не синтезированных, поэтому синтез их становится событием. К числу его побед относятся: получение многочисленных представителей классов простагландинов, тромбоксанов и лейкотриенов (работа, сама по себе заслуживающая Нобелевской премии), синтез эритронолидов А и В, метанэтрина, а из работ последних лет — синтез целого ряда полициклических изопреноидов (гиббереллиновой кислоты, форсколина, билобалида, гингколидов А и В).

Наконец, благодаря Кори в арсенале современных методов синтеза появились набор защитных групп и реагенты для окисления спиртов в мягких условиях; им разработаны методы обращения реакционной способности, синтеза макроциклических лактонов (макролидов) из соответствующих гидроксикислот (принцип двойной активации), синтеза ацетиленов из альдегидов через гем-дибромолефины, превращения кетонов в оксираны с использованием сульфоний- и сульфоксоний-метиллидов (реагент Кори — Чайковского); внедрены в практику несимметричные купратные реагенты с непереносимыми ацетиленовыми радикалами.

В последние годы Кори использует киральные катализаторы на основе энантиомерно чистых аминоспиртов, в том числе и полученных синтетическим путем для энантиоселективного восстановления кетонов. Кроме того, им разработан один из наиболее эффективных на сегодня киральных медиаторов с C_2 -симметрией (на ос-

нове стильбендиамин) и впервые применен в целом ряде стереоселективных реакций.

Сегодня, по-видимому, нет специалистов в области синтеза сложных природных соединений, не использующих в той или иной мере методические и практические разработки Кори, о чем наглядно свидетельствует необычай-

но высокий индекс цитирования его работ. Нобелевская премия — достойная оценка вклада Кори в химическую науку.

В. С. Бородин,

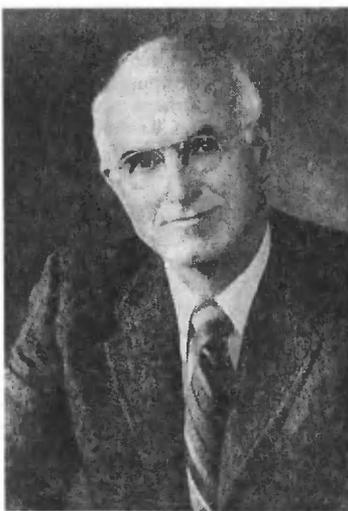
кандидат химических наук
Институт органической химии
им. Н. Д. Зелинского АН СССР
Москва

По медицине — Дж. Муррей и Д. Томас

Нобелевская премия 1990 г. по медицине присуждена Джозефу Муррею (J. E. Murray) и Доннэллу Томасу (D. Thomas) за вклад в развитие трансплантационной хирургии как метода лечения заболеваний. Их исследования послужили основой для широкого использования трансплантации органов больным, для которых другие методы лечения уже неэффективны.

Джозеф Муррей (Joseph E. Murray) родился в 1919 г. в г. Милфорд (штат Массачусетс), в 1940 г. окончил колледж Холи Кросс (Holy Cross), в 1943 г. получил степень доктора медицины в Гарвардской медицинской школе. С 1944 г. работает в Брайэмской больнице в Бостоне, где с 1964 г. руководит отделением пластической хирургии. С 1970 г. — профессор хирургии Гарвардской медицинской школы. Муррей — член ряда американских хирургических обществ и ассоциаций, обладатель золотой медали Международного общества хирургов.

Основные работы, заложившие фундамент современной клинической трансплантологии, проведены Мурреем в 50—60-х годах. Проблемой пересадки органов и тканей в то время занимались уже многие в Европе и Америке. Был накоплен немалый опыт в экспериментах на животных, в результате чего удалось доказать принципиальную возможность функционирования пересаженного органа. Была разработана и техника операций по трансплан-



Дж. Муррей.

Фото Рейтер — ТАСС

тации с восстановлением кровоснабжения пересаженного органа. Исходя из этого, медики отважились начать пересадку органов человеку — в начале 50-х годов 15 больным пересадили почку. Однако, хотя сразу после операции больные испытывали облегчение, ни в одном случае не удалось добиться длительного положительного результата из-за несовместимости тканей. В те годы эта проблема казалась неразрешимой. Как только орган донора попадал в организм реципиента, начинала действовать система иммунитета, которая распознавала чужую ткань и оттор-

гала пересаженный орган. Стало ясно, что без подавления иммунитета на успехи трансплантации надеяться нельзя, за исключением случаев, когда донором является организм, генетически идентичный реципиенту. Именно такая счастливая возможность представилась медикам Брайэмской больницы (Peter Bent Brigham Hospital, Бостон, США), когда к ним поступил больной с тяжелой формой почечной недостаточности, у которого был брат-близнец, согласившийся отдать ему свою здоровую почку. 23 декабря 1954 г. Дж. Муррей провел первую в мире операцию по пересадке почки человеку и достиг долговременного положительного результата — больной выздоровел, возобновил работу и обзавелся семьей.

Эта первая успешная пересадка почки повлекла за собой целую серию подобных операций, однако для ученых такой выход из положения в очень редких случаях, когда у больного имеется генетически идентичный родственник, не означал решения проблемы, и они продолжали искать способы подавления иммунитета. Внимание было направлено на облучение тела реципиента рентгеновскими лучами, разрушавшими клетки селезенки, лимфатических узлов, костного мозга, которые вырабатывают антитела против трансплантата. В 1957—1959 гг. в нескольких медицинских учреждениях США провели эксперименты на кроликах и собаках, которых облучали смер-

тельной дозой рентгеновского излучения, затем вводили в их кровеносную систему костный мозг другого животного и пересаживали им почку от того же донора. Пересаженный костный мозг должен был заменить убитые облучением клетки реципиента, чтобы восстановить систему иммунитета, без которой организм беззащитен перед любой инфекцией.

Успешных опытов было немного, однако в некоторых случаях удавалось получить ожидаемый результат, и это обнадежило врачей, когда встал вопрос о проведении подобной операции на человека. В ту же Брайзмскую больницу поступила больная, которой удалили единственную, как оказалось после операции, почку. Иного способа спасти ее, кроме пересадки ей донорской почки, не было, и Муррей решаетя на проведение первой в мире операции на человеке с подавлением иммунитета общим облучением организма. После операции трансплантат функционировал, никаких признаков отторжения не было обнаружено. И хотя через месяц больная умерла от кровотечения, результаты операции трудно переоценить — была доказана перспективность иммунодепрессии при пересадке органов неродственных доноров. Оставалось найти более щадящие способы подавления иммунитета.

В конце 50-х — начале 60-х годов гематологи обнаружили, что с помощью некоторых химических веществ можно создать так называемую активно приобретенную толерантность (специфическую недостаточность иммунной реакции организма). У экспериментальных животных такого состояния добивались, вводя 6-меркаптопурин — препарат, применявшийся при лечении рака. Вскоре, Муррей с коллегами использовали этот препарат для подавления иммунитета у больных, с пересаженной почкой. Таким образом, Муррей открыл новую страницу в истории трансплантологии. Окрыленные этой первой удачей в применении химической иммунодепрессии для предотвращения отторжения трансплантата у человека, исследователи во всем мире

заялись поисками новых химических средств, позволяющих продлить срок жизни пересаженного органа. Преимущества нового метода были очевидны: он давал возможность бесконечно варьировать состав и сочетания используемых веществ, а также при неблагоприятной реакции организма снизить дозу иммунодепрессанта или вовсе отменить его прием. Кроме того, химическое воздействие не было таким губительным для организма, как облучение.

Первые успехи в подавлении иммунитета при пересадке почки дали мощный толчок для развития исследований по пересадке сердца, печени, селезенки, легких и т. д., открыв дорогу к широкой клинической практике трансплантации органов. Начиная с 1961 г. химиотерапия стала необходимым компонентом борьбы с отторжением пересаженных органов.

Муррей одним из первых начал пересадки почки не только от родственников больного с утерянной почечной функцией, но и от умерших, что позволило проводить не единичные, а массовые операции по трансплантации органов. Однако проблема отторжения не была решена, и Муррей продолжал поиски способов повышения эффективности иммунодепрессии, комбинируя различные препараты и схемы их применения. Он доказал эффективность и широко использовал комбинацию имурана (производного 6-меркаптопурина) с преднизолоном, которая успешно применялась десятилетия, а также подробно исследовал механизм действия иммунодепрессантов на различные факторы иммунитета.

Анализируя результаты первых пересадок, Муррей заложил основы генетического подбора доноров и реципиентов, обосновав необходимость обязательного подбора по группе крови.

Огромная заслуга Муррея в том, что по его инициативе началась статистическая обработка мирового опыта по пересадке почки и был организован Международный регистр по трансплантации почки, работу

которого он в дальнейшем возглавил. Эта организация периодически публиковала в научных изданиях результаты анализа причин и факторов успехов и неудач, динамики различных показателей операций, тенденций развития этой области медицины. Подобный анализ заметно помог обобщить мировой опыт и способствовал быстрому прогрессу этого направления в науке.

Без сомнения, можно считать, что именно благодаря многолетней исследовательской и практической деятельности Муррея трансплантация органов превратилась из фантастики в повседневную клиническую практику, а десятки тысяч больных, обреченных на смерть, возвратились к жизни.

Е. В. Фролова

Всесоюзный институт
научной и технической
информации АН СССР
Москва

Доннел Томас (E. Donnell Thomas) родился в г. Март (штат Техас) в 1920 г., в 1941 г. закончил Техасский университет, степень доктора медицины получил в Гарвардской медицинской школе в 1946 г. С 1963 г. до прошлого лета был профессором медицинской школы Вашингтонского университета и одновременно (с 1974 г.) директором клиники Исследовательского онкологического центра Фреда Хатчинсона в Сиэтле, сейчас он почетный профессор. Томас член Национальной академии наук, Бельгийской королевской медицинской академии, многих научных обществ и ассоциаций.

Исследовательскую деятельность в гематологии Томас начал 27-летним стипендиатом госпитала Петера Бента Брикгама в Бостоне, как только закончил там последипломную врачебную практику. В начале 50-х годов, когда проводились первые операции по пересадке органов, начали применять и общее радиационное облучение, чтобы подавить выработку антител и предотвратить отторжение пересаженного органа. Но такое облучение было

небезопасным, так как приводило к разрушению клеток кроветворных органов. Это оказалось серьезнейшей проблемой и трансплантологии, и онкологии, поскольку раковых больных тоже подвергали облучению.

В те же годы Л. Джекобсон и Е. Лоренц в лабораторных экспериментах показали, что при общем облучении мышь можно спасти, если экранировать селезенку или внутривенно ввести клетки костного мозга другой мыши. Через несколько лет защитный эффект введения костно-мозговых клеток был продемонстрирован и на других животных, а в 1956 г. Томас впервые ввел костно-мозговую суспензию пациенту. Операция оказалась безопасной.

Исследования на животных продолжались, и в 60-х годах стала понятна роль генетических факторов, определяющих успех и неудачи трансплантации костного мозга. Конец десятилетия принес очень важные знания: пары донор — реципиент необходимо специально подбирать по совместимости лейкоцитарных антигенов (ЛА). Контролирующие их гены — это целая область шестой хромосомы, сложная мозаика генов трех классов. В начале 70-х годов Томас, тогда возглавлявший Онкологический центр Фреда Хатчинсона, выполнил 100 трансплантаций костного мозга больным острым лейкозом в терминальной стадии, и хотя большинство из них погибло в первый же год (11 до сих пор здравствуют и не нуждаются в каком-либо лечении), можно было считать, что трансплантация костного мозга в принципе эффективна.

Метод Томаса подхватили другие исследователи, работы часто шли параллельно, результаты разных групп подтверждались, но многое оставалось неясным. Поэтому продолжались разного рода исследования: раз-

рабатывались программы подготовки больных (химио- и радиотерапия), определялись стадии лейкозов (разных форм), пересадка костного мозга на которых давала бы лучший результат.

За острыми лейкозами последовал хронический миелолейкоз, не оставлявший больным никаких надежд на выздоровление — пациенты при химиотерапевтическом лечении жили в среднем 3—4 года. С 1970 по 1983 г. Томас с коллегами сделали пересадку 198 больным, и теперь, по прошествии многих лет, можно сделать вывод — интенсивная химио- и радиотерапия в комбинации с пересадкой продлевают срок жизни до 5 и более лет без признаков рецидива у 60 больных. В дальнейшем трансплантация нашла широкое применение в лечении и злокачественных, и незлокачественных заболеваний крови (тяжелая апластическая анемия, талассемия, наследственная патология гемостаза).

В лечении опухолей системы крови теперь можно применять сверхвысокие дозы радиоблучения и цитостатические препараты: донорский костный мозг восстанавливает функцию кроветворных органов. Но трудности, которые еще предстоит преодолеть, велики. Основная проблема — это реакция «трансплантат против хозяина». Развивается она из-за недостаточной совместимости лейкоцитарных антигенов больного и донора. Полностью совместимы только близнецы, достаточно высок этот показатель у братьев и сестер, которых имеют примерно 40 % больных, нуждающихся в трансплантации костного мозга. Но вероятность обнаружить неродственного ЛА-совместимого донора низка (от 0,01 до 1 %). Чтобы помочь более или менее ощутимому числу больных, нужно тестировать около 100 тыс.

потенциальных доноров. Без компьютерного анализа это невысмыслимо.

Еще один способ расширить фронт трансплантации — использование собственного костного мозга больных. Свежий или криоконсервированный мозг способен восстановить кроветворение и после 5 лет хранения. Вполне возможно, что трансплантация аутологичного костного мозга и вовсе исключит сегодняшнюю необходимость и поиска ЛА-совместимых доноров, и реакции отторжения. Работы подобного рода ведутся уже более 10 лет в нескольких центрах. Поле деятельности трансплантологов не остается без борцов, есть надежда, что трансплантация костного мозга — один из путей борьбы с раком.

Интервьюерам Томас заявил: «Сообщение о том, что мне присуждена Нобелевская премия, явилось для меня настоящим сюрпризом». Если для Томаса награда в какой-то степени и неожиданна, то для врачей и многих тысяч пациентов столь высокая оценка его деятельности — вполне заслуженный итог многолетнего и напряженного труда. В настоящее время в мире ежегодно проводится около 9 тыс. трансплантаций, причем не только при злокачественных заболеваниях крови, но и при наследственной патологии, когда другие методы лечения безуспешны. Этот прогресс был бы не столь очевидным, если бы Томас и его коллеги не доказали возможность и эффективность трансплантации костного мозга.

В. Г. Савченко,
кандидат медицинских наук
Всесоюзный гематологический
научный центр Минздрава СССР
Л. П. Белянова,
кандидат биологических наук
Москва

Космические исследования

Экспедиция на «Мире»: сентябрь — октябрь 1990 г.

В этот период Г. М. Манков и Г. М. Стрекалов продолжили научно-исследовательскую деятельность на орбитальном комплексе «Мир». Была завершена работа с грузовым автоматическим кораблем «Прогресс М-4». Очередной «грузовик», «Прогресс М-5», запущенный 27 сентября, через два дня состыковался с пилотируемым комплексом. Впервые на нем установлен экспериментальный образец возвращаемой баллистической капсулы, предназначенной для доставки на Землю результатов научных исследований.

Исследования в области космического материаловедения велись с помощью технологических установок «Галлар» и «Кратер-В». На первой за 9 сут был выращен высококачественный монокристалл полупроводника арсенида галлия, а затем осуществлен 140-часовой цикл по выращиванию монокристалла окиси цинка.

По программе геофизических исследований экипаж начал серию экспериментов с использованием видеоспектральной аппаратуры, установленной на стабилизированной платформе модуля «Квант-2». Были сняты отдельные районы территории Советского Союза: Кавказ, Прикаспийская низменность, Аральское море. Цель экспериментов — получение данных о состоянии растительности и водных бассейнов в южных и восточных районах страны, определение оптических характеристик атмосферы. Продолжались эксперименты по определению спектральных характеристик переходных зон «космос — атмосфера — поверхность» в инфракрасном и видимом диапазонах спектра.

С помощью телескопа «Букет» и спектрометра «Гранат», установленных на модуле «Кристалл», регулярно измерялось рентгеновское, гамма- и нейтронное излучение внеземного происхождения.

Были продолжены эксперименты по измерению пространственно-энергетических характеристик космического излучения и оценке влияния факторов открытого космоса на свойства различных конструктивных материалов.

С. А. Никитин
Москва

Космические исследования

Восемнадцатая луна Сатурна

М. Шоултер (M. Showalter; Эймсовский исследовательский центр НАСА, Моффет-Филд, штат Калифорния, США) завершил анализ 30 тыс. фотографий Сатурна и его окрестностей, полученных «Вояджером-1 и -2» в 1980—1981 гг.

Особенно тщательно исследовались волнообразные скопления и разрежения частиц у «зазубренных» краев деления Энке — почти пустого пространства между соседними кольцами планеты, открытого еще в 1837 г. По характеру скоплений и разрежений можно предположить, что они вызваны тяготением небесного тела, которое до сих пор не обнаружено.

С помощью ЭВМ Шоултер проанализировал характер этих волн и пришел к выводу, что в пределах колец Сатурна, несомненно, находится спутник, а также установил, где он должен был располагаться в момент

когда «Вояджеры» фотографировали деление Энке. Из тысяч фотографий были отобраны восемь, их последовательное увеличение позволило обнаружить изображение неизвестного спутника, которому было дано временное название 1981S13. Окончательное наименование утвердит Международный астрономический союз в 1991 г. на конференции в Буэнос-Айресе.

1981S13 — первый спутник Сатурна, у которого орбита пролегает внутри кольца; он также самый малый — его диаметр не превышает 20 км. Но при этом он в тысячи раз крупнее ледяных обломков, образующих кольца, и своим гравитационным воздействием может «расшищать» деление Энке шириной 300 км.

По мнению Кэролайн Порко (С. Porco; Университет штата Аризона, Тусон, США), любые ледяные обломки даже средней величины, обращающиеся около Сатурна, должны со временем в результате столкновений «перетереться» в мелкие частицы, составляющие ныне кольца планеты. Она считает, что еще по крайней мере один аналогичный спутник существует в самом крупном из «пробелов» вокруг Сатурна — делении Кассини. Обнаружить его будет можно в 2002 г., когда этой области достигнет новая межпланетная станция «Кассини», совместный запуск которой планируют на 1996 г. США и западноевропейские страны.

В отличие от «Вояджеров», «Кассини» будет изучать данный район не на пролете, а находясь на орбите вокруг Сатурна несколько лет. Разрешающая способность ее приборов будет в четыре раза выше, чем у «Вояджеров», что позволит различать детали кольца, не превышающие 1 км.

Космические исследования

Спутники запускаются с самолета

С аэродрома Центра изучения полетов им. Драйдена НАСА в пустыне Мохаве (штат Калифорния, США) взлетел реактивный самолет В-52, с которого впервые запущены искусственные спутники Земли.

На высоте около 13 км над Тихим океаном стартовала трехступенчатая ракета типа «Пегас», первая крылатая ступень которой несла комплексный спутник «Pegsat», разделившийся затем на два независимых небольших спутника, которые вышли на околоземные полярные орбиты на высотах 508 и 687 км.

Оборудование спутников предназначено для целей навигации и радиорелейной связи ВМФ США, а также широкого комплекса метеорологических и океанографических наблюдений. Кроме того, на борту находились два контейнера с барием, который предстояло выпустить в атмосферу для изучения магнитного поля Земли. Ультрафиолетовое солнечное излучение ионизирует частицы бария, которые захватываются магнитным полем планеты и, светясь, позволяют приборам наземных станций регистрировать его структуру.

На «Пегасе» была установлена аппаратура для измерения температуры, давления, напряжений и вибраций всей системы, что позволит лучше подготовиться к аналогичному запуску новых семи малых спутников связи типа «Microsat».

Новая методика запуска имеет два преимущества: сборка и опробование оборудования лежащей на земле ракеты обходится гораздо дешевле, чем при вертикальном ее положении, когда необходимы высокие фермы; самолет-носитель меньше зависит от погоды.

Поскольку высказывались опасения, что при подъеме самолета сквозь облачность на нем могут возникнуть опасные для груза электрические заряды, запуск был отложен на сутки. Однако по мнению его участников, со временем эту трудность удастся преодолеть. Зато при

новой методике резко сокращается время подготовки. Кроме того, с самолета ракеты могут стартовать под различными углами к горизонту.

Science News. 1990. V. 137. N 15. P. 229 (США).

Планетология

Новый взгляд на магнитное поле планет

Ось магнитного поля Земли наклонена под углом 11° к оси ее вращения, поэтому магнитный полюс удален от географического. То же свойственно и другим планетам; так, у Юпитера этот угол составляет 10° , у Сатурна 1° , у Урана 60° и у Нептуна 47° .

Причина этого долгое время остается предметом споров специалистов. Наиболее распространена теория динамо, согласно которой магнитное поле связано с движением жидкой части электропроводного ядра планеты.

Магнитологи С.-И. Акасофу (S.-I. Akasofu; Географический институт при Университете штата Аляска, Фэрбенкс, США) и Т. Саито (T. Saito; Университет Тохоку, Сендай, Япония) предложили иное объяснение. В основу модели, описывающей строение магнитного поля планет, положены данные о магнитном поле Солнца за 11-летний цикл его активности (1976—1987 гг.). За это время магнитное поле Солнца изменило направление с параллельного (в минимуме пятнообразования) по отношению к оси его вращения.

Основное магнитное поле как Солнца, так и планет, у которых оно обнаружено, обычно дипольное, т. е. как у простого магнита, и «пронизывает» небесное тело от полюса до полюса. Наземными измерениями установлено, что на поверхности Солнца направления оси вращения и магнитной оси совпадают, причем это характерно не только для фотосферы, но и области над ней. Но уже на расстояниях примерно $2,5 R_\odot$ от фотосферы

ось гелиомагнитного поля в ходе 11-летнего цикла существенно меняет свою направленность.

Проводя аналогию между Солнцем и планетами, авторы предполагают, что и в недрах планет ось вращения совпадает с магнитной и лишь над поверхностью они расходятся, что и обнаруживают приборы космических аппаратов. Однако метод измерения магнитного поля в недрах планет пока отсутствует.

Объяснить наклон магнитной оси относительно оси вращения можно двояко. В первой гипотезе главным является поле диполя, действительно, обладающее наклоном (неясно, правда, почему он столь велик).

Согласно другому объяснению, внутри планеты главным диполь может совпадать с осью вращения, но при взаимодействии с магнитными диполями, расположенными на внешней части ядра, образуется наклонный диполь, наблюдаемый извне. Итак, речь идет о результирующем магнитном поле, состоящем из двух компонентов.

Пока новая гипотеза принята далеко не всеми магнитологами.

Science News. 1990. V. 137. N 19. P. 294 (США).

Экология

«Загрязнение» космоса

Все больше астрономы озабочены электромагнитным «загрязнением», сильно осложняющим наблюдения звездного неба. Создаваемые помехи нарушают распространение не только света, но и радиоволн. Как показывают снимки, сделанные из космоса, световые помехи наиболее значительны над промышленно развитыми странами. Их создают также яркие факелы сжигаемого газа в местах добычи, лесные пожары и даже... многочисленный промышленный флот Японии, занятый ловом кальмаров, для привлечения которых ночью на судах включают мощное освещение. Наряду с этим пыль в атмосфере рассеивает свет, значительно повышая яркость неба по сравнению с естественным фоном. Спутники связи и различные

энергетические системы на Земле создадут шум, мешающие радиоастрономам.

Большие надежды возлагались на вывод астрономических приборов в космос. Однако это достаточно дорогая затея и, кроме того, существует угроза столкновения на орбите с «космическим мусором». На работе космических приборов сказываются и радиопомехи, создаваемые телекоммуникационными спутниками. Вот почему радиоастрономы так остро реагировали на предложение о создании в космосе «световых пятен» для увеличения продолжительности дня, ведь и так, по их мнению, Земля затянута «слепающей мглой».

Environment. 1990. V. 32. N 3. P. 24 (США).

Физика

Солнечные нейтрино по-прежнему «в дефиците»

Согласно существующим теориям, через 1 см^2 земной поверхности ежесекундно должно проходить около 60 млрд солнечных нейтрино. Однако эксперименты до сих пор не подтвердили этот прогноз. Так, группа Р. Девиса (R. Davis; Брукхейвенская национальная лаборатория, штат Нью-Йорк, США) 20 лет занимается регистрацией нейтрино с помощью детектора, расположенного на глубине 1500 м в отработанной золотодобывающей шахте около Хоумстейка (Южная Дакота). Детектор представляет собой бассейн, наполненный 380 тыс. л перхлорэтилена. Атом хлора, взаимодействуя с нейтрино, превращается в аргон и регистрируется приборами. Особенно интересен взаимодействие нейтрино с изотопом ^{37}Cl , который в этом случае превращается в радиоактивный ^{37}Ar . Эксперимент позволил «улавливать» солнечные нейтрино, но их оказалось втрое меньше, чем предсказывает теория.

Аналогичны результаты японских исследователей из лаборатории Камиоканда, изучавших рассеяние электронов в бассейне с 680 т чистой воды по

мере прохождения через нее нейтрино. Определение направлений рассеяния позволило подтвердить, что нейтрино, действительно, поступали от Солнца, но количество их «недостаточно».

Все это ставит под сомнение теории, дающие определенную температуру в недрах Солнца. Проверкой мог бы стать эксперимент по обнаружению нейтрино низких энергий, возникающих при протон-протонных взаимодействиях.

Именно эту цель ставили перед собой советско-американские исследования, о которых было доложено на конференции «Нейтрино-90», состоявшейся под Женевой летом 1990 г. Эксперимент проводился в пещере на склонах горы Андырчи в Баксанской долине на Кавказе с помощью детектора «SAGE» (Советско-американский галлиевый эксперимент); в нем 40 % изотопа ^{71}Ga , способного поглощать нейтрино низких (до 0,23 МэВ) энергий. Образующийся радиоактивный ^{71}Ge легко обнаруживается приборами. В четырех резервуарах содержалось 30 т жидкого галлия.

Согласно теории, каждые пять суток должно было возникнуть шесть атомов ^{71}Ge . Однако его следов примерно за год наблюдений обнаружено не было. Одно из объяснений состоит в том, что нейтрино имеют массу; тогда дефицит частиц объясним.

В 1991 г. заработает еще один галлиевый детектор солнечных нейтрино — «GALLEX», сооружаемый итальянской Лабораторией Гран-Сассо на горе Корно в области Абрुцци к востоку от Рима.

New Scientist. 1990. V. 127. N 1730. P. 24 (Великобритания).

Физика

Поиски гравитационных волн продолжают

Британский совет научных и технических исследований подписал соглашение с Институтом М. Планка (ФРГ) о совместном строительстве гигантского ла-

зерного детектора гравитационных волн. Его зеркала установят на концах двух вакуумных труб длиной 3 км, расположенных под прямым углом друг к другу. В случае прохождения гравитационной волны лазерный луч зарегистрирует изменение длины этих труб.

Строить детектор предполагается в Нижней Саксонии (ФРГ). Если же этому воспротивятся природоохранные организации, строительство перенесут в малонаселенную местность Теннсмюр-Форест в Шотландии. С британской стороны руководителем проекта назначен Дж. Хок (J. Hough; Университет Глазго).

Общая стоимость прибора 30 млн. ф. ст.; из них 5,5 млн. выделяет Британский совет научных и технических исследований, а 20 — Институт М. Планка и правительство ФРГ; остальную сумму внесут власти Нижней Саксонии, если строительство будет происходить на ее территории.

New Scientist. 1990. V. 127. P. 26 (Великобритания).

Химическая технология

Керамические соты

В исследовательском центре НАСА (США) разработана технология изготовления керамических сотовых материалов, выдерживающих температуру до 1800 °С. Легкие термостойкие структурные элементы из них незаменимы в авиакосмической технике и при производстве композиционных материалов.

В основе новой технологии — образование слоя карбида кремния на сотовом каркасе из графитовой ткани при разложении трихлорметилсилана. Исходным материалом служит синтетическая ткань, например полиакрилонитрил, пропитываемая для жесткости органическим составом. Пиролиз (при температуре 700—1100 °С) приводит к образованию сотового каркаса из графитовой ткани; после формирования слоя карбида кремния графит выжигается при на-

греве до 500—1000 °С. Полученные пустоты в керамической микроструктуре путем химического осаждения из паровой фазы могут быть заполнены другим керамическим компонентом.

Способ позволяет создавать сотовые структуры и из других материалов — борида и нитрида кремния или нитрида бора. American Ceramic Society Bulletin. 1990. V. 68. N 10. P. 1785 (США).

Техника

Мускулы из полимерного геля

В Университете Ибаракы (Токио) синтезирован полимерный гель (2-акриламид-2-метил-1-пропан - сульфокислота), который ведет себя подобно мышечной ткани и под действием электрического разряда обратимо сокращается со скоростью около 0,5 см/ч. КПД искусственного мускула составляет 50 %.

Кроме электромеханических приводов новый материал может применяться при изготовлении самофокусирующихся линз. Еще одна возможность — создание имплантатов внутри тела, по команде подающих в кровь больного лекарства, например инсулин.

Чтобы осуществить такую «внутреннюю инъекцию», японские исследователи создали еще один материал — мембрану, которая может хранить жидкость в тонких порах, а под действием электрического потенциала в 15 В выдавливать ее из себя.

Сейчас новые материалы пытаются сделать более быстродействующими.

New Scientist. 1990. V. 125. № 1703. P. 35 (Великобритания).

Техника

Микронасос для микроэлектроники

Травление, широко используемое в полупроводниковой электронике, применено и

для создания микромеханических устройств. Исследователи Технологического института твердого тела (Мюнхен, ФРГ) создали насос, способный перекачивать 20 мл жидкости в минуту. Устройство целиком сделано из кремния и имеет объем всего $3 \cdot 10^{-6}$ л. Основа конструкции — два электрода из решеток кремниевых кристаллов площадью 9 мм², уложенных в систему отверстий сечением 70 мкм каждое. Electroды погружены в полярную жидкость, к ним приложено напряжение около 100 В.

Работа насоса основана на электрогидродинамическом принципе: жидкость проталкивается между решетками в результате взаимодействия приложенного электрического поля с полем ионов.

С помощью насоса можно охлаждать компоненты микроэлектронных схем.

New Scientist. 1990. V. 126. № 1719. P. 34 (Великобритания).

Медицина

Позитронно-эмиссионная томография и зрительное опознание

О реальном ходе переработки информации в мозгу судить пока довольно сложно. Большие надежды возлагаются на позитронно-эмиссионную томографию (ПЭТ), основанную на регистрации позитронов, вылетающих из ядер атомов короткоживущих изотопов углерода, фтора, азота или кислорода. Радиоактивный углерод вводит в молекулу глюкозы, а меченый кислород дают вдыхать с воздухом. Активация мозга ведет к увеличению кровотока в тех отделах, которые в данный момент работают интенсивно и потребляют много энергии за счет утилизации глюкозы.

ПЭТ позволяет исследовать мозг здоровых добровольцев для решения различных задач, поскольку радиооблучение ткани сравнительно невелико.

Исследования методом ПЭТ показали, что качество раз-

личения и опознания мельчайших изменений формы, цвета и скорости перемещения зрительных стимулов повышается, если испытуемый сосредоточен на каком-то одном из этих свойств, что сопровождается повышением активности различных областей зрительной коры.

Science. 1990. V. 248. № 4962. P. 1556—1559 (США).

Медицина

Средство против спинального паралича!

Увеличение в десятки раз обычной дозы принимаемого лекарства ведет иногда к неожиданным и полезным эффектам.

Метилпреднизолон — известное недорогое противовоспалительное средство, применяемое для лечения некоторых аллергических заболеваний и артритов, по наблюдениям М. Брэкена (M. Bracken; Медицинская школа при Йельском университете, США) может использоваться для предупреждения паралича при тяжелых травмах позвоночника. Метилпреднизолон вводят внутривенно в течение 24 ч. Необходимо начать лечение не позже, чем через 8 ч после травмы. Вводимая доза огромна и превышает стандартные в 10—100 раз. Своевременное использование лекарства, считает автор нового метода лечения, позволит сохранить пациенту способность самостоятельно передвигаться.

Механизм действия лекарства пока неясен, но, вероятно, оно поддерживает кровоток к нервным клеткам, снабжая их кислородом в течение нескольких критических часов после травмы, когда образовавшийся отек тканей сдавливает сосуды. Возможно также, что лекарство нейтрализует действие токсинов, образующихся в нервных клетках после травмы.

В США ежегодно из-за травм позвоночника 10 тыс. человек становятся инвалидами. Большинство из них — мужчины около 30 лет, попавшие в автомобильную катастрофу. На

их лечение и социальное обеспечение правительство расходует более 4 млрд долл. в год.

Science News. V. 137. № 14. P. 212 (США).

Медицина

Ранняя диагностика старческого слабоумия

Б. Таламо с сотрудниками (В. Talamo; Медицинская школа Тафта и Медицинский центр Новой Англии, Бостон, штат Массачусетс, США) обнаружили, что старческое слабоумие (болезнь Альцгеймера) вызывает патологические изменения нейронов не только мозга, но и обонятельного эпителия в полости носа. В результате болезни меняются их форма, распределение и относительно содержание в них белка. Это важно для ранней диагностики болезни Альцгеймера. До сих пор болезнь диагностировалась только по проявлениям слабоумия или с помощью томографии мозга. Полная идентификация болезни была возможна только при вскрытии мозга после смерти пациента.

В новом методе образец эпителия из носовой полости можно взять под местным или общим наркозом. Намечена программа исследований, включающая в себя сравнение образцов ткани у потенциальных больных, умерших пациентов с болезнью Альцгеймера, здоровых людей и людей, страдающих другими видами слабоумия. Интересно, что нейроны обонятельного эпителия — единственные среди нервных клеток, восстанавливающиеся на протяжении жизни человека.

New Scientist. 1990. V. 125. № 1710. P. 30 (Великобритания).

Медицина

О лечении болезни Паркинсона

При болезни Паркинсона в мозгу снижается содержание медиатора нервной системы — дофамина. Лечение заболевания

пока мало эффективно, поэтому важными представляются результаты экспериментов на крысах и обезьянах. У них вызывали синдром заболевания, а затем в некоторые участки мозга пересаживали кусочки мозговой ткани эмбрионов, богатой дофамином. В результате симптомы болезни — дрожание конечностей, нарушения походки и речи — проявлялись не столь сильно.

Основываясь на данных этих опытов, О. Линдвалл с сотрудниками (О. Lindvall; Отделение неврологии и нейрохирургии Университетского госпиталя Лунда, Швеция) провели лечение человека, которому пересадили богатую дофамином мозговую ткань 8—9-недельного человеческого эмбриона.

Через несколько недель в месте пересадки наблюдался повышенный синтез дофамина: пересаженная ткань прижилась в мозгу больного. Нейрохимические изменения сопровождались клиническими признаками улучшения состояния здоровья (больной стал подвижнее, у него восстановились другие нарушенные функции). Авторы сообщают, что эта тенденция сохранялась не менее 5 мес. (срок наблюдения за больным) после пересадки.

Science. 1990. V. 247. № 4942. P. 574—580 (США).

Зоология

Партеногенетические дождевые черви Финляндии

Территория Финляндии была заселена дождевыми червями (сем. Lumbricidae) лишь после Четвертичного оледенения. Суровый климат, кислые и бедные гумусом почвы не благоприятствовали колонизации. Однако ныне они представлены в почвах всех естественных и антропогенных биотопов, а их численность и биомасса меняется от 6 до 381 особей/м² и от 7,2 до 99,2 г/м² (на севере и юге страны соответственно).

В пяти наиболее распространенных биотопах Финляндии преобладает вид *Dendrobaena octaedra*. Эти небольшие хорошо

пигментированные и очень подвижные дождевые черви могут использоваться как постоянные, так и временные места обитания (например, выброшенные на берег водоросли), находясь во всех стадиях жизненного цикла в верхних слоях почвы. В отличие от других люмбрицид они не совершают вертикальных миграций и даже зимуют в поверхностном промерзающем почвенном горизонте, кроме того, выдерживают затопление соленоватыми водами¹.

Цитогенетический анализ *D. octaedra*, обитающих в Финляндии, позволил заключить, что принадлежат они к гексаплоидной (6х=108) расе, размножающейся апомиктическим партеногенезом². В этом случае из двух мейотических делений (редукционного и эквационного) происходит лишь эквационное, поэтому потомство генетически тождественно матери, и новые популяции могут быть основаны всего одной особью.

Исследование биохимического полиморфизма этого вида в 85 биотопах, расположенных вдоль направлений — юг-север и запад-восток, показало, что шесть из девяти исследованных локусов являются полиморфными. 428 проанализированных особи принадлежали 147 клонам, причем 80 клонов (54,4 %) представлено всего одной особью³, тогда как на долю 15 наиболее многочисленных клонов пришлось более половины исследованных особей.

Подобного многообразия не наблюдалось у других партеногенетических люмбрицид. Разнообразие клонов в лесных биотопах уменьшалось по мере продвижения на север, в открытых же биотопах наблюдалась обратная тенденция. Большинство «редких» клонов отличалось от «населенных» лишь по одному или двум аллелям, так что эти различия, видимо, обуслов-

¹ Terhivuo J. // Ann. Zool. Fennici. 1989. V. 26. P. 1—23; 1988. V. 25. P. 229—247; 1978. V. 15. P. 202—209.

² Høghellik. & Terhivuo J. // Hereditas. 1989. V. 110. P. 179—182.

³ Terhivuo J. & Sauraa A. // Pedobiologia. 1990. V. 34. P. 113—139.

лены локальными мутациями. Вид обладает большой экологической пластичностью и высоким эволюционным потенциалом даже на северной границе ареала, что позволяет усомниться в справедливости представлений о партеногенетических животных как о тупиковой ветви эволюции.

А. Г. Викторов,
кандидат биологических наук
Москва

Зоология

Чем вызваны вертикальные миграции зооплankтона

Вертикальные миграции планктонных животных считаются хорошо изученным явлением. В большинстве случаев зоопланктон поднимается к поверхности в темное время суток, а в светлое остается на глубине. Биологический смысл таких миграций в том, чтобы попасть в богатые пищей и более теплые верхние слои при минимальном риске стать добычей рыб, которые охотятся, полагаясь обычно на зрение. Иногда наблюдаются инвертированные миграции: зоопланктон поднимается к поверхности днем, а опускается на глубину ночью. Именно такие миграции веслоногого рачка диаптомуса (*Diatomus kenai*), обитающего в небольшом, но глубоком озере в горах Британской Колумбии, были изучены канадским гидробиологом У. Нейлом¹.

Причина инвертированной миграции была понятна: в озере обитали нападающие на диаптомусов личинки комаров *Chaoborus* (знакомые аквариумистам под названием «коретра»), которые совершали обычные вертикальные миграции. Самим личинкам для охоты свет не нужен, так как они полагаются на механорецепцию, оставаться же днем у поверхности хаоборусам, видимо, опасно: будучи наиболее крупными планктонными животными, они, несмотря на свою прозрачность, могут легко стать добычей рыб.

В озеро, где проводил исследования Нейл, за несколько лет до этого были занесены красногорлые лососи (*Salmo clarki*), молодь которых истребила личинок хаоборуса. В результате диаптомусы расплодились и, кроме того, перестали мигрировать, постоянно держась в верхних слоях озера. С этой популяцией диаптомусов, не совершавших вертикальных миграций по крайней мере 28 мес. (за это время сменилось 4 их поколения), Нейл проделал такой опыт.

Рачки были помещены в пластиковые мешки (диаметром 1,5 и длиной 15 м), установленные в озере и заполненные озерной водой; в некоторые мешки было запущено по 2,5 тыс. личинок комара. Отлов диаптомусов из мешков с разных глубин насосом показал, что уже через 4 ч в мешках с личинками комара рачки возобновили вертикальные миграции — именно такие, какие за три года до этого совершали в озере диаптомусы при наличии в нем хаоборусов. В контрольных мешках, без личинок комара, рачки сохраняли такое же вертикальное распределение, как и в озере. Мешки месяц оставались в озере, и все это время там, где были хаоборусы, диаптомусы совершали миграции, а там, где их не было, сохраняли неизменное вертикальное распределение.

В одном эксперименте Нейлу удалось менее чем за 4 ч вызвать миграцию диаптомусов, осторожно добавив в слой, где рачки были наиболее многочисленны, воду (20 л), в которой предварительно сутки выдерживались личинки хаоборуса (при плотности 120 особей на 1 л). Этот опыт доказывает, что непосредственным стимулом к миграции служит какое-то вещество, выделяемое хищником.

А. М. Гиляров,
доктор биологических наук
Москва

Зоология

«Скорострельный» жук

Американские ученые из Корнеллского университета объ-

яснили, почему жук-бомбардир выбрасывает едкие химические вещества со столь высокой частотой (до 500 порций в сек). Сокращая стенки резервуаров, в одном из которых гидрохинон, а в другом перекись водорода, жук обеспечивает поступление этих веществ в камеру, где под действием окислительных ферментов они превращаются в бензохинон, а выделяющаяся при этом энергия нагревает содержимое камеры до 100 °С, и оно, взрывообразно расширяясь, выбрасывается наружу. Возросшее давление препятствует поступлению в камеру реагирующих веществ, но как только оно спадает, цикл возобновляется.

New Scientist. 1990. № 1724. P. 27
(Великобритания).

Зоология

Вибрационные сигналы пауков

Вибрационная коммуникация широко распространена среди беспозвоночных животных. У пауков до сих пор были исследованы главным образом вибрации, связанные с паутиной. Сигналы другого типа изучал Ф. Барт (F. G. Barth; Институт зоологии Венского университета, Австрия, с коллегами¹).

Южноамериканские пауки рода *Cupiennius* из семейства *Tetradidae* тесно связаны с бромелиевыми растениями. Ухаживая за самкой, самец ритмически двигает брюшком и педипальпами. Эти движения передаются через растение самке, которая отвечает на них собственными вибрациями.

Чтобы исследовать ответ самки на синтезируемые с помощью ЭВМ сигналы, ее помещали на вибрирующую платформу. Варьируя пространственные и временные параметры вибрации, удалось выявить наиболее важные для самки показатели: несущую частоту, длительность сигналов и пауз между ними и т. д. Оказалось, что

¹ Neill W. E. // Nature. 1990. V. 345. N 6275. P. 524—526.

¹ Barth F. G. et al. // Oecologia. 1988. V. 77. P. 187—193; Schüch W., Barth F. G. // J. of Comparative Physiol. Ser. A. 1990. V. 166. P. 817—826.

самка «настроена» на прием естественных вибраций самцов своего вида в довольно узком диапазоне частот.

Итак, вибрационные сигналы у пауков распространены гораздо шире, чем предполагалось ранее. Сюда можно добавить и такое малоисследованное явление, как специфическое ухаживание у некоторых пауков-волков (семейство Lycosidae): самец постукивает конечностями по почве, а находящаяся поблизости самка воспринимает ее колебания.

К. Г. Михайлов
Москва

Биология

У какапо появилась надежда

Совиный попугай — какапо (*Strigops habroptilus*) — огромный, почти не способный к полету, ведущий ночной образ жизни, некогда в изобилии обитал в Новой Зеландии. Сейчас во всем мире осталось лишь 43 таких птицы; 14 из них — самки, и ни одна за последние девять лет не снесла яиц.

Трагедия какапо началась, когда первые переселенцы в Новую Зеландию завезли крыс, кошек, горностаев и хорьков, готовых поживиться птицей, не умеющей летать. Какапо гнездятся прямо на земле, причем отец не заботится о судьбе потомства, а мать часто оставляет яйца и птенцов без присмотра, несмотря на то, что несетя лишь раз в четыре года.

Поскольку птицы на грани исчезновения, в начале 80-х годов орнитологи создали для какапо заповедник на о-ве Стюарт, рядом с Южным о-вом Новой Зеландии. Однако кошек здесь оказалось больше, чем полагали, и они начали охотиться даже на взрослых птиц. Пришлось срочно перевезти их на о-в Литл-Барьер к северо-востоку от Северного о-ва, куда хищники еще не добрались. Для «беженца» сюда регулярно завозят орехи, семечки и фрукты.

И вот — удача: в начале марта 1990 г. девятилетняя самка снесла первое яйцо! Руководитель программы спасения ка-



Какапо.

капо Д. Мертон (*D. Merton*; Управление охраны природы, Уэллингтон) считает, что усилия не пропадут даром и какапо сможет приносить потомство даже в тысяче с лишним километров от первоначального места обитания.

New Scientist. 1990. V. 125. № 1707. P. 27 (Великобритания).



Охрана природы

Токсичные отходы

В перечень токсичных веществ, содержащихся в твердых промышленных отходах или сточных водах, Агентство по охране окружающей среды США внесло дополнительно 25 органических соединений, определив допустимое их содержание (мг/л):

бензол	0,5
четырёххлористый углерод	0,5
хлордан	0,003
хлорбензол	100
хлороформ	6
орто-крезол	200
мета-крезол	200
пара-крезол	200
1,4-дихлорбензол	7,5
1,2-дихлорэтан	0,5
1,1-дихлорэтилен	0,7
2,4-динитротолуол	0,13
гептахлор	0,008
гексахлорбензол	0,13
гексахлор-1,3-бутадиен	0,5
гексахлорэтан	3
метилэтилкетон	200
нитробензол	2
пентахлорфенол	100
пиридин	5
тетрахлорэтилен	0,7
трихлорэтилен	0,5

2,4,5-трихлорфенол	400
2,4,6-трихлорфенол	2
винилхлорид	0,2

Присутствие любого из них в отходах в более высоких концентрациях требует соответствующей обработки таких отходов.

Chemical and Engineering News. 1990. V. 68. N 11. P. 4 (США).

Биогеохимия

Термиты и атмосферный метан

По имеющимся сведениям, содержание метана в атмосфере Земли за последние два века увеличилось в два с лишним раза. Однако причина этого долгое время оставалась неясной.

В 80-х годах было высказано предположение, что некоторая доля атмосферного метана представляет собой продукт жизнедеятельности термитов. Массовое сведение лесов в тропических и субтропических регионах способствовало бурному размножению термитов, что и привело к увеличению содержания метана в атмосфере.

По данным, опубликованным Национальным центром атмосферных исследований США (Боулдер, штат Колорадо) в 1982 г., термиты за год выделяют около $1,5 \cdot 10^{14}$ г метана — примерно 30 % его ежегодного поступления в атмосферу. Однако этому заключению противоречат результаты исследований, выполненных М. Асламом, К. Халилем и Р. А. Расмуссеном (*M. Aslam, K. Halil, R. A. Rasmussen*; Университет штата Орегон, Бивертон, США) и их коллег из Австралии.

Эта группа, проведя натурные измерения количества метана, выделяемого термитами шести австралийских видов, пришла к выводу, что все термиты земного шара выделяют не более $1,2 \cdot 10^{13}$ г метана в год (менее 2 % его поступления от всех источников).

Авторы считают, что ранее переоценивался объем пи-

щи, потребляемой термитами, и не принималось во внимание поглощение метана почвой рядом с их гнездами, обнаруженное в ходе полевых наблюдений.

Science News. 1990. V. 137. N 17. P. 268 (США).

Биогеохимия

Сероводород гидротермальных сообществ

В последние годы широкую известность приобрели гидротермальные излияния в активных районах океанского дна. Внимание привлекают не только экзотические «черные курильщики» с их выбросами, но и массивные отложения полиметаллических сульфидных руд в устьях отдельных гидротерм. Красочно описана сопутствующая гидротермам фауна, которая напоминает то «райский сад», то «змеиный клубок» — названия, присвоенные известным гидротермальным полям. Мидии, моллюски и крабы достигают здесь гигантских размеров; не менее ярко выглядят заросли трубчатых червей — вестиментифер, прикрепленных к стенкам гидротермальных построек. Это богатство бентосной фауны сосредоточено у выходов гидротерм и составляет специфическое сообщество.

Недавно японские ученые исследовали подводные низкотемпературные гидротермы в двух точках на поднятии Огасавара вблизи трога Мид-Окинава, а также четыре низкие и высокотемпературные выхода¹. Везде собраны представители биологических сообществ. Анализ их мягких тканей показал, что концентрация, а также соотношение изотопов серы в них значительно ниже, чем в вулканических породах этих районов. Следовательно, важнейший источник питательных веществ для бентосной фауны этих активных районов — океанический, а не гидротермальный.

Мидии, моллюски и вестиментиферы питаются за счет симбиоза с сероокисляющими бактериями, которые для синтеза органического углерода используют в качестве источника энергии сероводород, вырабатываемый сульфатредуцирующими бактериями.

Потребности в сере здесь на 1—2 порядка выше, чем ее содержание в нормальных, обогащенных органикой океанических осадках. Авторы полагают, что в изученных районах биогеохимические и гидрологические условия благоприятны для быстрого микробиологического продуцирования сероводорода и его транспортировки к поверхности дна, в частности, велики тепловой поток и пористость вулканических осадков.

Доказательство присутствия сероводорода морского происхождения в гидротермальных бентосных сообществах свидетельствует о сложности природных процессов и неоднозначности некоторых выводов, казалось бы, логически вытекающих из визуальных наблюдений.

Е. С. Базилевская,
кандидат
геолого-минералогических наук
Москва

Океанография

Открыта подводная гора

В центральной части Тихого океана гидрографы научно-исследовательского судна «Дискаверер», принадлежащего На-

циональному управлению США по изучению океана и атмосферы, открыли и обследовали ранее неизвестную подводную гору¹. Координаты ее вершины 01° 52' ю. ш., 139° 57' з. д.; высота над дном 3334 м, длина основания около 15 км при поперечнике около 4 км.

По данным гидрографической съемки создан детальный планшет этой подводной горы с отметками глубин и изобатами, который будет использован при составлении новых морских карт.

В. Н. Виноградов
Ленинград

Геология

129-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн»

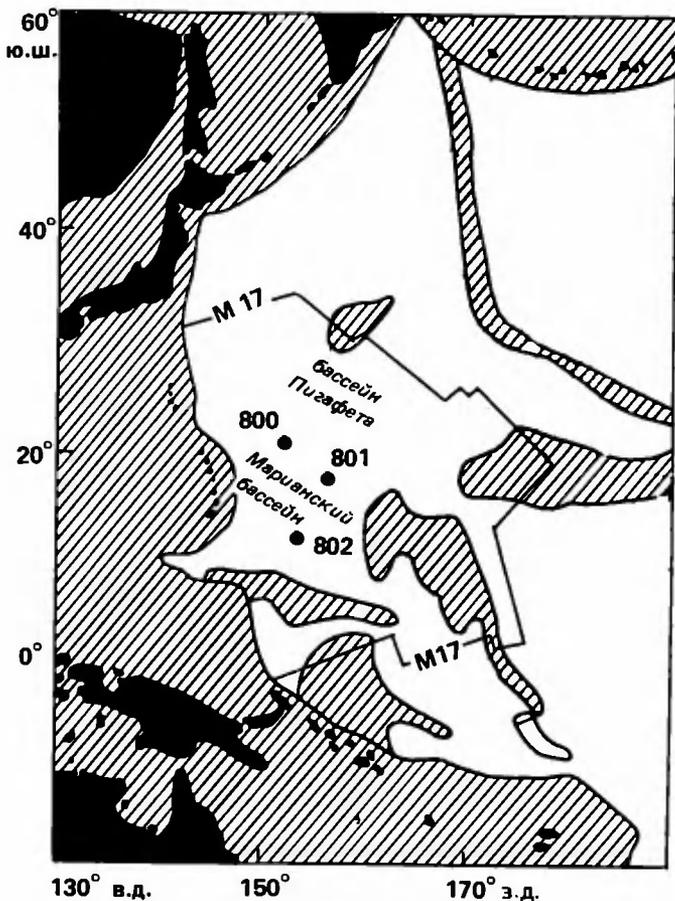
Исследованию строения древнейшей коры Тихого океана был посвящен рейс в его западной части (бассейнах Марианском и Пигафета). Здесь по картам магнитных полей выявлен ряд аномалий мезозоя (165—160 млн. лет); они

¹ Bull. Amer. Meteorol. Soc. 1989. Vol. 70. № 8. P. 1052.

Местоположение обнаруженной подводной горы (отмечено звездочкой; числа — глубина океана, м).



¹ Eun Soo Kim, Saka H., Hashimoto J. et al. // Geochimical J. 1989. V. 23. N 4. P. 195—208.



Местоположение скважины в 129-м рейсе «ДЖОЙДЕС Резолюция». Светлым показаны районы Тихого океана с океанической корой нормальной мощности; штриховкой — океанические окраины и некоторые внутрокеанические поднятия; М 17 — магнитная аномалия, соответствующая геологической границе юра — мел.

окружены «спокойными» магнитными зонами и относятся к древнейшим в океанических бассейнах.

Ранее предполагалось, что наиболее древние океанические осадки и подстилающая их кора должны в этом районе иметь юрский возраст, однако никаких доказательств тому получено до недавнего

времени не было. Начатые с 50-х годов драгировки морского дна и восемь экспедиций по Программе глубоководного бурения выявили лишь остатки чрезвычайно сильных проявлений вулканизма — мощный слой долеритовых внедрений, базальтовых потоков и вулканогенно-обломочных отложений ранне- и среднемиоценового возраста (120—80 млн. лет). В этой меловой вулканической толще благодаря многоканальному сейсмопрофилированию удалось найти «окна», в которых были пробурены три скважины.

Скважины 800 и 802 вскрыли, однако, только меловые вулканические породы — долериты и базальтовые лавы. Скважина 801, пройдя 118 м верхнемеловых отложений и 200 м вулканогенно-обломочных пород среднемелового возраста (альб), вошла в юрские осадки

и достигла фундамента. Глубина этой скважины 503 м, а глубина океана в точке бурения 5682 м.

В осадочном слое этой скважины, относящемся к верхней юре, обнаружены окаменелости морских животных, которые некогда обитали в гигантском океане, окружавшем суперконтинент Пангею. Разрез скважины включает 70-метровую толщу коричневых радиоляритов, обогащенных окисью марганца, и темно-коричневые кремнистые породы. Под ними, возможно, с перерывами, залегают красные радиоляриты и аргиллиты среднеюрского возраста (келловей), цвет которых обусловлен высоким содержанием железа. Мощность этого слоя 20 м. Отложения, залегающие в основании осадочной толщи, накапливались в средней юре близ границы келловей и бата, впрочем, возраст этих древнейших осадков должен быть еще подтвержден радиометрическими данными по базальтам фундамента.

Среднеюрский фундамент образован переслаивающимися лавовыми потоками и подушечными базальтами. Судя по внешнему виду, изливались базальты под водой.

На 60 м ниже границы осадков и фундамента вскрыты трехметровые гидротермальные отложения, содержащие оксиды и гидрооксиды железа. Под действием горячих флюидов подушечные базальты, подстилающие древние осадки, изменены.

Данные магнитных измерений и характер микрофауны позволяют предположить, что Тихоокеанская плита сформировалась по крайней мере в средней юре к северу от экватора. В конце юры она начала двигаться на юг, пересекла экватор, но затем, в среднем мелу, смещалась к северу.

После более чем 20-летних исследований океанической коры в 129-м рейсе впервые получены прямые доказательства существования океанической коры среднеюрского возраста. Можно полагать, что дальнейшее бурение здесь принесет еще более впечатляющие результаты.

Геофизика

Землетрясение в Великобритании

2 апреля 1990 г. в 14 час. 47 мин. по Гринвичу в Великобритании произошло землетрясение. Толчки отмечались на обширном пространстве от графства Кент (крайний юго-восток Англии) до Ньюкасла (северо-восток) и от п-ова Корнуэлл (крайний юго-запад) до Дублина, находящегося много севернее, на противоположном берегу Ирландского моря. Жертв не было, но ряд поврежденных был причинен старинному замку Клун (графство Шропшир) и отдельным зданиям и сооружениям в Северном Уэльсе и в Манчестере.

Эпицентр землетрясения располагался в Шропшире, в 60 км западнее Бирмингема — по английским меркам, относительно слабо населенной местности. Очаг залегал на глубине 14 км, а магнитуда толчка достигала 5,4 по шкале Рихтера, что примерно эквивалентно взрыву заряда тринитротолуола массой 1 тыс. т.

Для сейсмологов существенно, что это землетрясение относится к числу «внутриплитовых»: его эпицентр приходился не на область взаимодействия соседствующих плит, движение которых друг относительно друга приводит к толчкам, а в районе, расположенном в глубине одной из плит, где находится древний разлом. Землетрясение связано со смещением земной поверхности примерно в 20 см на 1 км² этого разлома. Не исключено, что это — следствие происходящей тысячелетиями разгрузки Британских о-вов от «гнета» последнего оледенения.

Хотя Великобритания и считается зоной низкой сейсмической активности, землетрясения, не уступающие по интенсивности данному, ощущались за последние полтора столетия четырежды, а хронист XVI в. отмечал, что в 1580 г. «земля тряслась и по всему графству

Кент колокола церковей звонили сами по себе».

Геологическая служба Великобритании первоначально ошибочно определила район эпицентра (на 60 км севернее истинного), что объясняется слабо развитой сетью сейсмических станций (летом 1990 г. должны были вступить в строй новые цифровые сейсмометры, автоматически передающие по телефонной связи показания на центральную станцию в Эдинбурге). Отмечается также полное отсутствие в Англии обязательных правил сейсмостойкого строительства; практически лишь атомные станции возведены здесь с некоторым, возможно недостаточным, учетом риска землетрясения.

New Scientist. 1990. Vol. 125. № 1712. P. 15, 16 (Великобритания).

Сейсмология

Цунами в районе о. Сайпан

5 апреля 1990 г. в 21 час. 13 мин. по местному времени на дне Тихого океана в районе Марианского жёлоба произошло землетрясение, вызвавшее у берегов о. Сайпан цунами — первое за все время здешних наблюдений. Магнитуда землетрясения составляла 7,4; его эпицентр располагался примерно в 70 морских милях к востоку от о. Сайпан, в точке с координатами 15,4° с. ш., 147,3° з. д.

У берегов Японии и на Гавайских о-вах после землетрясения возникли характерные волны высотой до 24 см. По данным Тихоокеанской сети спутниковых наблюдений за уровнем моря, подобные волны меньшей высоты с периодами от 12 до 14 мин отмечались на станциях Мидуэй, Трук и Уэйк, расположенных на одноименных островах. На станции Мидуэй первичное понижение уровня на 4 см произошло спустя 5 ч после землетрясения; максимальный же подъем (6 см) отмечался еще через 10 мин после этого.

Tsunami Newsletter. 1990. V. XXIII. N 1. P. 1, 33—37 (США).

Океанология

Эль-Ниньо возвращается «не вовремя»

Явление Эль-Ниньо — катастрофическое потепление вод центральной и восточной частей Тихого океана и атмосферы над ними — обычно повторяется каждые 4—7 лет и длится 12—15 мес. В последний раз оно отмечалось с середины 1986 по конец 1987 г., после чего сменилось так называемым Ла-Ниньо — резким похолоданием во всем этом регионе, которое, как полагали, должно было продлиться до 1992 г. Но уже с конца 1988 г. здесь наблюдается потепление, указывающее на возможность «несвоевременного» повторения Эль-Ниньо.

Связано Эль-Ниньо с крупномасштабными вариациями взаимодействия океана и атмосферы, именуемыми El Niño—Southern Oscillation (Эль-Ниньо—Южное колебание), которые приводят к перемещению огромной массы теплых вод из западной в центральную и восточную акватории Тихого океана, что, в свою очередь, вызывает климатические нарушения чуть ли не на всем земном шаре¹. Так, во время наиболее ярко проявившегося в текущем столетии Эль-Ниньо 1982—1983 гг. даже в Индии и Австралии разразилась сильнейшая засуха, а на западном побережье Южной Америки отмечались беспрецедентные осадки, приведшие к наводнениям в обычно безводной местности; в районе Мексиканского залива Эль-Ниньо вызывает дополнительные осадки, а наступающее в промежутках Ла-Ниньо — засуху в ряде штатов юго-востока США, включая Флориду.

Весной 1990 г. в Тихом океане росла температура поверхностного слоя, а экваториальные пассаты, дующие с востока на запад, сильно ослабли. Обычно пассаты смещают верхние теплые слои воды в западную часть океана, поддерживая

¹ См.: «Внутриплитовые» землетрясения // Природа. 1990. № 6. С. 116.

¹ См. также: Предвестник завершения Эль-Ниньо // Природа. 1989. № 12. С. 111.

в восточной и центральной более низкие температуры. Однако с марта 1990 г. в центральной части начал формироваться крупный «бассейн» теплой воды, который при ослабевших пассатах стал распространяться на восток. Метеорологические и океанологические данные, изученные В. Коуски (V. Kousky; Центр климатологического анализа Национальной метеослужбы США, Вашингтон) с соавторами, свидетельствуют, что Эль-Ниньо 1990—1991 гг. может стать реальностью. Если это произойдет, придется частично или полностью отвергнуть несколько его математических моделей, казавшихся до сих пор надежными. Три модели, разработанные в США, удачно прогнозировали последнее Эль-Ниньо с заблаговременностью в 3—9 мес., но вовсе «не предвидели» возможность нынешних событий. По мнению М. Блекмона (M. Blackmon; Лаборатория по исследованию природной среды НОАА, Боулдер, штат Колорадо), их нынешний «просчет» может объясняться недостатком информации о скорости ветра в отдаленных и редко посещаемых районах Тихого океана, где к тому же почти отсутствуют метеостанции.

Science News. 1990. V. 137. N 9. P. 135 (США).

Океанология

Грядущий рост уровня океана завышен!

Принципиально новый прогноз динамики уровня океана был представлен на конференции Австралийско-Новозеландской ассоциации развития науки, состоявшейся в феврале 1990 г. в Хобарте (штат Тасмания, Австралия).

Вопреки установившимся представлениям, авторы прогноза (сотрудники отдела океанографии Управления научных исследований Австралии, Хобарт) считают, что в ближайшие 60 лет уровень океана повысится максимум на 75 см, что вдвое меньше прежних оценок. Если принять, что в 2050 г. средние температуры на земном шаре возрастут на 1,5—4,5 °С, то зер-

кало Мирового океана поднимется соответственно на 15—75 см. Эти выводы основаны на ранее не учитывавшемся факторе крупномасштабного и длительного перемешивания экваториальных и полярных вод; предыдущие оценки брали в расчет лишь потепление глубинных морских вод в результате вертикальной диффузии под воздействием воронок, характерных, однако, только для сравнительно небольших областей океана.

Исследователи указывают, что таяние ледников Антарктиды, Гренландии, а также других, меньших районов оледенения будет иметь пренебрежимо малое влияние на уровень океана к 2050 г. По мнению У. Бадда (W. Budd; Мельбурнский университет, Австралия), аккумуляция свежего снега полностью компенсирует таяние ледников. Весь вклад ледников в повышение уровня океана не должен превышать 3 см, и произойдет это главным образом за счет таяния лишь самых краевых их участков.

Вместе с тем Б. Питок (B. Pittock; Отдел атмосферных исследований Управления научных исследований Австралии) подчеркивает, что правительственные органы Австралии не должны пренебрегать изучением возможных последствий изменения климата. Важнейшими среди них для Австралии он считает усиление тропических штормов и циклонов, которые вследствие перераспределения атмосферного давления в связи с потеплением вод океана будут проникать значительно дальше к югу, чем ныне.

New Scientist. 1990. V. 125. N 1705. P. 23 (Великобритания).

Климатология

В Тибете потепление

Датско-американо-китайская группа гляциологов во главе с Л. Томпсоном (L. Thompson; Университет штата Огайо, Колумбус, США) исследовала колонки льда, взятые при бурении высокогорных ледников Тибетского нагорья. Они содержат слои, относящиеся к последнему

ледниковому периоду (более 100 тыс. лет назад).

Судить о климате минувших эпох при анализе ископаемого льда можно по составу и количеству заключенной в нем пыли и соотношению захваченных из атмосферы изотопов кислорода. Количество пыли зависит от сухости атмосферы, поэтому концентрация пылевых частиц позволяет оценить время наступления засушливого периода; изотопный состав кислорода позволяет рассчитать средние температуры воздуха.

Исследователи установили, что на заключительных этапах последнего оледенения климат был более холодным и влажным, а атмосфера — более запыленной, чем ныне. Это соответствует имевшимся представлениям, что в тот период криосферная шапка Земли была обширнее, а воздушный перенос — интенсивнее, чем ныне. Кроме того, установлено, что климат Тибетского нагорья в настоящее время самый теплый за все время с так называемого голоценового оптимума, наступившего 8—6 тыс. лет назад. Самые высокие температуры наблюдаются в последние 60 лет (максимумы приходятся на 40-е, 50-е и 80-е годы).

Температуры в Центральном Китае в последние 50 лет на целый градус выше, чем в предыдущие полвека. Эти данные чрезвычайно важны, так как построенные недавно группой сотрудников НАСА во главе с Дж. Хансеном (J. Hansen) математические модели показывают, что Центральная Азия, вероятно, окажется первым регионом, где скажется глобальное потепление из-за парникового эффекта.

Polar Record. 1990. Vol. 26. № 156. P. 64; Journal of Geophysical Research. 1989. Vol. 93. P. 9341 (Великобритания).

Метеорология

Метеопрогнозы ураганов

Когда в октябре 1987 г. Метеослужба Великобритании не смогла выдать своевременный прогноз урагана, обрушившегося на северо-запад Европы и вызвавшего значительные

жертвы, ее подвергли жестокой критике. Но подобный упрек уже не мог прозвучать 1 февраля 1990 г., когда на этот регион вновь обрушился штормовой ветер со скоростью до 145 км/с.

Успешный прогноз накалившиеся события Метеослужба составила вопреки резкому сокращению числа пассажирских судов в Атлантике, обычно снабжавших синоптиков сводками погоды на море. Правда, в известной степени это было компенсировано спутниковыми наблюдениями, однако ИСЗ, давая специалистам неплохую общую картину погоды, не могут определять скорость ветра ниже облачного покрова; кроме того, используемый Метеослужбой Великобритании геостационарный спутник фиксирует скорость ветра лишь в полосе экватора до 45° с. ш. Зато в последние годы примерно на 20 % возросло число грузовых судов, находящихся к северу от 30° с. ш., от которых ежесуточно поступает около 2 тыс. метеосводок. Однако это главным образом простейшие показания барометра, термометра и анемометра, а для прогноза необходима трехмерная картина погоды, которую дают метеозонды, запускаемые как на суше, так и со специальных судов.

В конце 1992 г. вступит в строй западноевропейский ИСЗ погоды «ERS-1» («European Remote Sensing-1») — «Европейский спутник дистанционного зондирования-1»), способный с помощью микроволновой аппаратуры определять состояние морской поверхности сквозь облачный покров, т. е. силу ветра, но не его направление.

New Scientist. 1990. Vol. 125. № 1702. P. 25 (Великобритания).

Геохимия

Гидротермы — поглотители редкоземельных элементов

Группа ученых из Массачусетского технологического института (США) и Кембриджского университета (Великобритания) исследовала содержание редкоземельных элементов в

пробах взвеси, взятых в районе подводных гидротермальных источников Срединно-Атлантического хребта, на 26° с. ш. Установлено, что происхождение этих элементов связано как с самими гидротермами, так и с окружающей морской водой. При этом доля редких земель, поглощенных из морской воды, увеличивается по мере удаления от гидротерм. Это свидетельствует о том, что редкоземельные элементы могут продолжительное время экстрагироваться из морской толщи по мере распространения в ней взвесей, поступивших из гидротерм.

Полученные выводы неожиданны: хотя обычно гидротермальные выбросы обогащены редкоземельными элементами по сравнению с морской водой, в океаническом балансе гидротермы выступают как их поглотители из воды. Nature. 1990. V. 345. N. 6275. P. 516—518 (Великобритания).

География

О названиях Азовского моря и Керченского пролива

Азовское море и Керченский пролив имеют уникальную географическую номенклатуру названий: соответственно 421 и 200 вариантов, разночтений и искажений. В смене их названий закономерно отразились исторические судьбы региона: киммерийцы и тавры (Киммерийское море, Таврийский пролив), скифы и меоты (Скифские пруды, Меотида), древние греки и римляне (Палус, Босфорский пролив), черкесы и славяне (Темен, Тмутараканский пролив), генуэзцы и венецианцы (Генуэзский путь, Маре ди Тана), татары и турки (Ак-Денгиз, Ассак-Денгиз), арабы и русские (Бахр-эль-Азов, Озовское море) — эти и многие другие племена и народы оставили здесь свой «топонимический след».

Г. А. Галкин и В. И. Коровин (ВНИИ риса, Ростовский университет) свели воедино все появившиеся за исторический период названия этих географических объектов и попытались

выявить этимологию и семантику основных из них.

Бесспорным считают авторы происхождение названия моря от имени города Азова (в античное время — Танаис, с 1067 г., после захвата половцами древнерусского Тмутараканского княжества, — Азак, Ассак или Адак). Соответственно и море называлось Азак- или Ассак-денгис. С усилением турецкого влияния в Приазовье в конце XIV в. название Азак сменилось на современное Азов (Озов, Язов и другие варианты). Впервые оно зафиксировано в 1389 г. в «Хождении митрополита Пимена из Москвы в Царьград»: «...а в Асове, фрязове и немцы...», а также в послании от 1399 г. литовского князя Витовта Тохтамышу: «Пошажу тебя на царство на всей Орде — на Сарай, и на Азторохани, и на Язове». С XV в. в турецких источниках прочно утвердилось название моря Азов-денгизи, в арабских — Бахр-эль-Азов, в русских — Асовское (Озовское, Азовське).

Единого мнения о происхождении современного названия моря нет. Одни связывают его с именем половецкого князя Азупа, другие считают, что оно восходит к асам — предкам осетин — или к азам — ныне абхазцам; особого внимания, по мнению авторов, заслуживает объяснение Азова (Азака) из тюркского «азак» — низкий, низкое болотистое место, что семантически тождественно многим иным вариантам названий Азовского моря (Палус — из латинского «палус» — болото; Меотида — от меотов — жителей болот; Таман — из черкесского «темен» — болото и т. д.).

Гидроним «Керченский пролив» восходит к названию города Керчи. Впервые современное название города (древнерусское — Кърчевъ, Корчевъ) упоминается в русских летописях с IX в., затем — в надписи на «тмутараканском камне»: «...в лето 6576 от сотворения мира, индикта 6 (т. е. 1068 г.) князь Глеб мерил море по льду от Тмутаракани до Кърчева». В XIII—XIV вв. генуэзские колонисты называли его Черкио, а турки, захватившие город в 1475 г., стали именовать

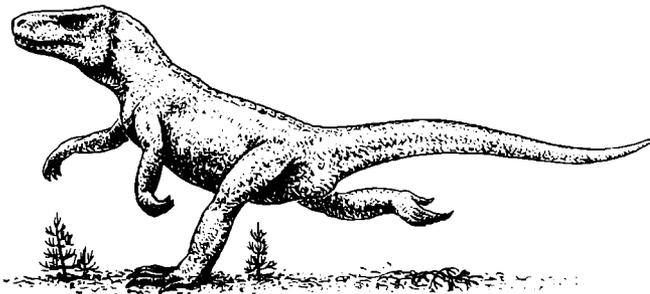
Черзети. С тех пор как в XVIII в. Керчь отошла вместе с турецкой крепостью Еникале к России, на русских картах впервые появляется название Керчь-Еникальского пролива, а затем Керченского пролива. Из многочисленных объяснений происхождения названия Керчи (в том числе из древнерусского «кърч» — горы, из тюркского «кертик» — выемка, разрез) авторы отдают предпочтение славянскому «къркъ» — горло, шея (в значении «горлышко сосуда»), как наиболее отвечающему географической реалии.

На обширной и пестрой номенклатуре этих географических названий сказалось прежде всего то, что практически все племена и народы, которые когда-либо жили, кочевали, воевали или вели торговлю в Приазовье за последние 3 тыс. лет, внесли свой вклад в местную топонимию и гидронимию. Кроме того, обилие названий объясняется неясным, а порой фантастическим представлением древних авторов о величии и конфигурации Азовского моря (в разных источниках его называли морем, озером, болотом, большим прудом и даже краем Земли). Наконец, множественные различия и искажения иноязычных названий были вызваны несовершенством записи и передачи древних гидронимов, ошибками переводчиков, писателей, комментаторов и т. д. Известия Академии наук СССР. Серия географическая. 1990. № 3. С. 75—79.

Палеонтология

Предки динозавров в Южном Приуралье

Разбирая необработанные материалы экспедиций Палеонтологического института АН СССР 50—70-х годов я обратил внимание на кусок краснобурого алевроита примерно 10X15 см с торчащими тонкими костями, частично обломанными. Когда удалось отделить от породы подвздошную кость, стало ясно, что передо мной остатки неизвестного науке текодонты. Это оказались кости взрослой особи и детеныша вдвое меньшего размера. Мелкий текодонт



Предполагаемый внешний вид доорозуха

из донгузской свиты среднего триаса Оренбургского Приуралья оказался первым представителем семейства Euparkeriidae в Восточной Европе и получил название *Dorosuchus neotus* (*doron* — дар, подарок, *suchus* — крокодил, *neotus* — Новый год по-древнегречески — находка пришлось на 31 декабря)¹.

Текодонты — древнейший отряд подкласса архозавров, к которым относятся также крокодилы, динозавры и птерозавры. Они подразделяются на примитивных протерозухий, специализированных псевдозухий, амфибиотических паразухий (четвероногие формы) и прогрессивных двуногих орнитозухий. Среди орнитозухий особенно интересны эупаркериды (наиболее примитивное семейство), которых считают морфологической моделью предков динозавров. Это были хищные животные 1—1,5 м длиной, шагавшие на четырех ногах и бегавшие — на двух. Таким образом, эупаркериды демонстрируют переход к двуногости и близкой к вертикальной постановке конечностей, характерной для динозавров.

До сих пор эупаркериды были известны лишь в Южной Африке и Китае. Новая находка позволяет соединить их разорванный ареал, вести сравнительный анализ с учетом межконтинентальной стратиграфической корреляции. Уральский доорозух оказывается сходным с вангизухом и турфанозухом из формаций Эрмаянь и Келамай в

Китае. Это продвинутые формы по сравнению с более примитивной южноафриканской эупаркерией из зоны *Suopognathus*. Возможно, эупаркериды возникли в Южной Африке во времена Гондваны, откуда распространились в Восточную Европу и Китай. Изучение доорозуха даст возможность уточнить наши знания о морфологии эупаркерид, особенно о функциональной морфологии их локомоторного аппарата, о ключевых этапах эволюции орнитозухий и архозавров в целом.

А. Г. Сенников,
кандидат биологических наук
Москва

Археология

Что погубило древнюю цивилизацию мочы?

Специалистам по доисторической Америке известно, что высокоразвитая культура мочы, процветавшая на нынешней приморской территории северного Перу, перестала существовать после 600 г. Причины ее исчезновения давно обсуждаются учеными.

Археолог М. Моузли (M. Moseley; Университет штата Флорида в Гейнсвилле, США), изучив архивные источники Перу и США, пришел к выводу, что около 600 г. и примерно в 1100 г. район побережья, где была распространена культура мочы, подвергался мощным наводнениям, а затем — жесточайшей засухе. Имеются свидетельства, что столица была залита водой и разрушена, затем восстановлена, но потом погребена под песчаными дюнами. В результате центр культуры мо-

¹ Сенников А. Г. Палеонтологический журнал. 1989. № 2. С. 71—78.

че переместился на север, в долину Ламбайеке (городище Пампа Гранде).

Испанские хроники времен конкисты содержат пересказ местной легенды, по которой сперва эта страна возглавлялась древней династией, но когда последний ее правитель перенес изображения божеств в глубь, подальше от берега, власть перешла к новой династии, и этим событиям предшествовал 30-дневный потоп.

Проверкой подобных гипотез занялся химик-гляциолог Л. Томпсон (L. Thompson; Полярный институт при Университете штата Огайо, США). Изучив соотношение изотопов кислорода

в колонках льда, взятых при бурении на ледниках Перуанских Анд, он установил, что около 600 и 1100 гг. климат в этом районе резко менялся, а температуры воздуха были выше, чем в любое время после 1531 г., когда здесь впервые появились европейцы. Возможно, в эти периоды происходили наводнения, вызванные бурным таянием ледников, а затем наступала засуха, при которой сток рек, питающихся ледниками, резко падал. Разветвленная сложная оросительная система древних перуанцев оказывалась лишенной воды, и все хозяйство приходило в упадок.

По мнению метеоролога

К. Шааф (C. Schaaf; Геофизическая лаборатория ВВС США в Бедфорде, штат Массачусетс, США), наводнения и засухи в Андах вполне могли быть связаны с известным явлением Эль-Ниньо. И в наше время его периодическое возобновление тяжело сказывалось на рыболовстве в Перу, приводило к массовому разрушению сельских жилищ, не приспособленных к затяжным обильным дождям.

New Scientist. 1990. V. 125. № 1706. P. 31 (Великобритания).

КОРОТКО

1 июля 1990 г. НАСА объявило о прекращении полетов «шаттлов» до устранения неисправности, уже неоднократно приводившей к переносу их запусков, — утечки водорода из топливной системы. Решение ставит под угрозу выполнение программы запусков на 1990 г. Из запланированных 8 полетов пока осуществлены только 3, и еще неясно, когда состоится следующий.

TACC

8 июня 1990 г. с космодрома на м. Канаверал (штат Флорида) самой мощной американской одноразовой ракетой-носителем «Титан-4» запущен секретный разведывательный спутник. Это уже второй за год подобный запуск в рамках разведывательной программы США, стоимость которой превышает 7 млрд. долл.

12 июня ракетой-носителем «Дельта» запущен индийский спутник связи «Инсат-1Д». Построенный по заказу Индии американской корпорацией «Форд аэроспейс», он имел не-

счастливаю судьбу. Его запуск намечался на июнь 1989 г., но за неделю до того на стартовой площадке его повредил подъемный кран. Спутник отвезли для ремонта на завод в Калифорнии, но когда он был почти восстановлен, произошло мощное Калифорнийское землетрясение, в результате которого спутнику были нанесены новые повреждения.

TACC

С помощью оборудования, установленного на борту одного из американских искусственных спутников Земли типа «Эксплорер» и регистрирующего излучение в диапазонах волн 1,2; 2,2 и 3,4 мкм, впервые получены изображения, показывающие, как распределяются звезды в пределах нашей Галактики. Различимы звезды, составляющие диск Галактики и ее центр.

До сих пор удавалось получить такие «портреты» Галактики лишь в радио- и инфракрасном диапазоне спектра; на них были видны лишь скопления космической пыли и газа, но не сами звезды, поэтому

нельзя было судить о строении центра Галактики в видимом свете, так как он поглощается пылью, находящейся в межзвездном пространстве, задолго до того, как достигнет Земли.

New Scientist. 1990. Vol. 126. N 1715. P. 27 (Великобритания).

Для поражения оптических сенсорных систем, направляющих боевые ракеты к мишеням, в США разработан не очень мощный лазер (Sting-Ray). Кроме того, лазеры этого типа могут ослеплять противника, в особенности тогда, когда он ведет наблюдения с помощью бинокля или телескопа. Для защиты собственных военных от подобного лазерного оружия Пентагон предлагает создать специальные рассеивающие очки. С 1992 по 1997 г. планируется построить 48 таких лазеров стоимостью около 250 млн долл.

New Scientist. 1990. Vol. 126. N 1716. P. 28 (Великобритания).

Частицы космической пыли размером менее 0,025 мм, летящие со скоростью до

80 тыс. км/ч, можно будет улавливать специальными ловушками из тончайших высокопрочных волокон аэрогеля. Метод получения таких волокон на основе оксида кремния разработан в Ливерморской национальной лаборатории им. Лоуренса (США).

Popular Science. 1990. V. 236. N 6. P. 20 (США).

Ущерб, нанесенный мировому океану из-за аварий танкеров, заставляет искать новые конструктивные решения: например, танкеры с двойным корпусом или с двойным дном.

Уже заказаны 15 танкеров с двойным корпусом: два строятся в Северной Ирландии, остальные — в Японии и Южной Корее. При водоизмещении 120—160 тыс. т такая конструкция оценивается дороже обычной на 12,5 %.

Marine Pollution Bulletin. 1990. V. 21. N 3. P. 106 (США — Великобритания).

В банке данных Американского химического общества с 1957 г. зарегистрировано 10 млн. новых химических соединений (примерно 600 тыс. ежегодно), однако лишь немногие из них находят практическое применение. Из всех соединений около 3/4 упоминались в научных публикациях всего один раз.

Popular Science. 1990. V. 236. N 6. P. 22 (США).

С. Нелсен (S. Nelsen; Висконсинский университет, штат Мэдисон, США) обнаружил, что циклические бисгидразины, в которых обе пары атомов азота связаны атомами углерода, при одностороннем окислении меняют свою геометрию, образуя катион-радикалы с трехэлектронной связью. Это ведет к необычному замедлению электронного переноса (константа скорости оказывается в 10^4 — 10^6 раз меньше диффузионной). Такие бисгидразины представляют интерес в качестве электронных затворов для устройств микроэлектроники.

The 10-nd IUPAC Conference on Physical Organic Chemistry. Haifa (Israel). 1990. P. 15.

В Агентстве по защите окружающей среды США получены данные о том, что электромагнитное поле линий электропередач или телевизионных установок может увеличивать риск заболевания людей некоторыми видами рака. Например, обнаружено влияние электромагнитного поля частотой 60 Гц на возникновение у детей лейкемии и рака мозга. Л. Шлезин (L. Slesin), редактор газеты «Микроволновые новости» (Microwave News) считает, что электромагнитные колебания такой частоты должны быть классифицированы как «возможный канцероген» и отнесены как и формальдегид или ДДТ к категории риска В-1, по классификации агентства.

Nature. 1990. Vol. 345. N 6275. P. 463 (Великобритания).

В биотехнологической компании «AGC and Birds Eye Walls» разработано производство ризобияльного инокулянта (из бактерий рода *Rhizobium*, фиксирующих молекулярный азот атмосферы и живущих в симбиозе с бобовыми растениями). Обработка им семян бобовых перед посевом увеличивает способность растений накапливать соединения азота. На опытном участке 200 га средней урожай бобов вырос на 12 %, а расход азотных удобрений снизился на 60—70 %.

Британские исследователи из Международного комитета по устойчивости сорняков к гербицидам сообщили, что в мире существует 81 вид сорняков, устойчивых к одному или более гербицидам. Сорняки обнаружены в 18 странах Европы, Канаде и большинстве штатов США.

Сорт ярового ячменя «Призма», созданный в Шотландии Дж. Вильсоном, в 1989 г. занял первое место на сельскохозяйственной выставке в Торонто (Канада). Его урожайность — 6,25 т/га, как у лучших сортов ячменя. В полевых испы-

таниях в Великобритании и континентальной Европе показано чрезвычайно низкое содержание азота в зернах, что удобно для его использования в пивоварении, а также позволяет экономить азотные удобрения. Европейской конвенцией пивоваров этот сорт признан эталонным для Северной Европы.

London Press Service. Farming News. 1990. № 175. P. 13, 18, 15.

К. Нофр и Ж.-М. Тинти (C. Nofre, J.-M. Tintj; Университет Клода Бернарда, Лион, Франция) обнаружили новое вещество в 200 тыс. раз слаще сахара. Это соединение двух веществ, одно из которых аспартам, разработанный и применяемый американской пищевой компанией «Ньютрасвит», а второе пока не идентифицировано. Сам аспартам «всего» в 200 раз слаще сахара.

Исследователи предполагают, что вряд ли удастся получить еще более сладкое вещество. Эффективность «рекордингена» близка к «пределу сладости», достигаемому, когда для активизации каждого рецептора достаточно одной молекулы вещества. Возможно, в будущем это вещество вытеснит аспартам из производства многих пищевых продуктов и газированных напитков. На его основе фирма разработала ряд пищевых добавок, которые должны появиться на рынке в 1993 г.

New Scientist. 1990. Vol. 125. N 1710. P. 35 (Великобритания).

Крысы в состоянии стресса (их в течение 15 дней по несколько минут ежедневно щипали за хвост) значительно быстрее контрольных обучались нажимать на педаль для введения себе в вену раствора, содержащего сильный стимулятор нервной деятельности фенамин. Видимо, стрессорные факторы способствуют развитию пристрастия к наркотикам.

Brain Research. 1990. Vol. 514. N 1. P. 22—26 (США).

Правда о Пауле Вальдене

Ю. Я. Фиалков,
доктор химических наук
Киев

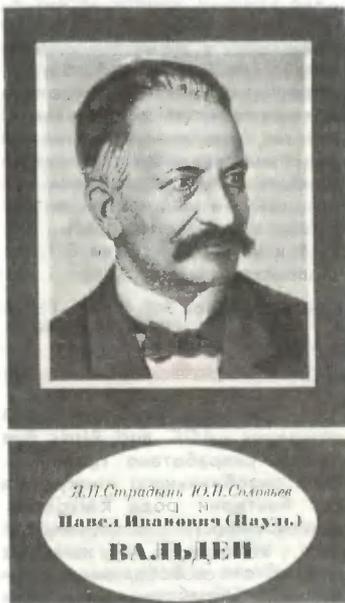
РАЗГОВОР в этой книге идет о знаменитом латышском химике Пауле Вальдене, академике Петербургской Академии наук, почетном члене Академии наук СССР.

Впрочем... знаменитом ли? Латышском ли? Ученом ли? Академике ли? Да еще почетном?

Любопытность по отношению к биографиям и деяниям великих естественно утлеть, припадая к родникам энциклопедий. Попробуйте сначала познакомиться с Паулем Вальденом, испив знаний из трех ключей — трех изданий Большой Советской Энциклопедии (БСЭ).

Начнем с последнего, третьего издания, из 4-го тома которого (1971 г.) узнаем, что у Вальдена было еще и русифицированное имя — Павел Иванович, что по национальности он латыш, избранный в 1910 г. академиком Петербургской АН. Хотя об этом и не говорится с должной определенностью, но из текста статьи можно установить, что до 1919 г. жизнь и деятельность Вальдена были связаны с Ригой, где он работал в Политехническом институте, а затем переехал в Германию, где и скончался (уточняется — в ФРГ). Среди основных научных достижений ученого — исследования в области стереохимии, электрохимии и т. п. Особо отмечается, что Вальден «написал ряд работ по истории химии, большая часть которых посвящена русской химии».

Перейдем ко второму изданию БСЭ. Раскрыв 6-й том (1951 г.), поначалу с удовлетворением отмечаем, что статья о Пауле Вальдене куда более обширна, чем в третьем издании. Впрочем, Вальден Паулем не зовется, а только Павлом Ивановичем и, несмотря на прямотаки чичиковское имя и отчество, оказывается не русским, но и не латышом, а немцем. Уточняется,



Я. П. Страдынь, Ю. И. Соловьев.
ПАВЕЛ ИВАНОВИЧ (ПАУЛЬ) ВАЛЬДЕН. 1863—1957. Отв. ред. и авт. предисл. П. И. Валескалы. М.: Наука. Науч.-биограф. сер. 1988. 287 с.

что в 1919 г. он в Германию не просто переехал, а «в первые годы Советской власти эмигрировал за границу» (читай — сбежал немец к своим!). Выясняется достаточно пикантная подробность: все труды Вальдена по истории русской науки — расчетливый камуфляж; в действительности же Вальден «маскировал низкопоклонство перед заграницей и дискриминацию русской науки». Очутившись же в Германии, двурушник Вальден развернулся во всю, «выступая с националистическими книгами по истории химии», в которых пытался доказать, что в развитии химии руководящая роль принадлежит только одним немцам». При этом он «принижает значение всех химиков не немецкой национальности и в особенности русских». Ну и тип...

В этой ситуации от первого издания БСЭ ждать сколько-нибудь доброй информации о Вальдене не приходится, однако посвященная ему статья (8-й том, 1927 г.) выдержана в совсем иной тональности. Несмотря на то, что ученый уже 8 лет как «эмигрировал» в Германию и там предавался усердному «низкопоклонству», первое издание БСЭ не только не ставит Вальдену в вину эти грехи, столь выразительно обозначенные во втором издании, но, напротив, характеризует его как «выдающегося ученого» и, вспоминая его работы по истории мировой, в том числе русской, науки, отзывается о них со всей возможной для безэмоционального стиля энциклопедий уважительностью.

Менее всего здесь стоит удивляться маятниковым шатаниям официального издания, в котором можно отыскать примеры амплитуд, куда более широких, нежели эта. (Интересующихся отсылаю к статьям о Богдане Хмельницком в трех изданиях БСЭ — эффект гарантирован.) Речь о другом.

Беда наша не только в том, что мы не храним бережно то, что имеем. Но и в том, что, потерявши, плачем далеко не всегда. Вот и о самом выдающемся ученом Латвии последних десятилетий прошлого и первых десятилетий нынешнего века Пауле Вальдене до последнего времени не было написано ни одной книги, отвечающей той роли, какую сыграл этот поразительной работоспособности и необыкновенной широты интересов ученый в современной химии. Именно поэтому событием незаурядной примечательности является выход книги Я. П. Страдыня и Ю. И. Соловьева.

Работы Вальдена сегодня обильно цитируются во всех даже дайджестовски кратких учебниках и пособиях по органической химии, физической хи-

мии, электрохимии. Если считать, что такой чести удостоиваются только классические работы, то слово «классика» — в подлинном, а не в истертом от частого необязательного употребления смысле — к трудам Вальдена применимо без всяких оговорок. Косвенным, но красноречивым свидетельством справедливости этого утверждения может служить то, что Вальден трижды выдвигался кандидатом на соискание Нобелевской премии. И хотя Нобелевский комитет всякий раз отдавал предпочтение другим кандидатам, этот факт выразительно иллюстрирует «удельный вес» Вальдена в химии конца XIX и первых десятилетий XX в. Тем более, что каждый раз Вальдена выдвигали за новый цикл работ.

Первый раз, в 1913 г., это были труды Вальдена в области стереохимии, учения о пространственном взаимном расположении атомов в молекулах химических соединений. В 1896 г. Вальден в скромной рижской лаборатории открыл, что оптически активные соединения с помощью специфических реакций могут быть переведены в оптически же активные антиподы. Это открытие, суть которого слишком хорошо известна и понятна химикам и слишком сложна для того, чтобы разъяснять ее здесь нехимикам, получило название «вальденовского обращения» и сегодня составляет солидную часть фундамента органической стереохимии.

В следующем году Нобелевский комитет рассматривал работы Вальдена в области электрохимии растворов. На протяжении многих веков химия знала лишь один растворитель — воду. Только на исходе прошлого века началось изучение особенностей, которые отличают поведение веществ в неводных растворах по сравнению с водными. Как это бывает нередко, поначалу интерес к неводной химии носил повышенный эмоциональный и поэтому чрезмерно сумбурный характер, что выражалось прежде всего в появлении значительного числа работ, все содержание которых исчерпывалось описанием «голого факта». Вальден первый

подошел к неводным растворам с мерой и числом. Он измерял (и как выяснилось впоследствии, весьма тщательно) разнообразные свойства разнообразных соединений в разнообразных растворителях. И это монотонное повторение одного определения, топорное с точки зрения канонов изящного стиля, все же единственно верное с точки зрения истории физической химии растворов. Потому что, разнообразя методы и объекты, Вальден работал не «на справочники», но на теорию, на познание природы электролитных растворов, в чем достиг впечатляющих успехов (как, впрочем, во всем, за что брался).

В 1934 г. Нобелевскому комитету были представлены труды Вальдена по истории химии. По сегодняшний день трудно назвать ученого, который в этой области сделал бы больше и достиг бы большего. Свыше десятка книг, множество статей. Охарактеризовать эту область увлечений латышского химика здесь нет никакой возможности (да и не нужно, ведь рецензии пишутся не для того, чтобы «окомпментировать» или обругать авторов, а прежде всего для того, чтобы побудить читателя прочесть рецензируемое). Но нельзя не вспомнить, что именно Вальдену принадлежит первый труд по истории химии в России, труд, наполненный нескрываемым стремлением достойно представить в мировом научном процессе русских ученых. И скольких же из них он при этом вытаскил из таких непрозрачных вод Леты! Если анонимный автор статьи о Вальдене в БСЭ второго издания читал вальденовские «Очерки истории химии в России», то он не имел права писать то, что написал. Если же он не читал, то... Впрочем, зачем говорить об очевидном...

Нужно поблагодарить авторов книги за то, что впервые появилось капитальное исследование о Вальдене-ученом и Вальдене-человеке, книга, где все — правда, та правда, в которой Вальден очень нуждался при жизни, а пусть, как мы видим, и после смерти.

Конечно же, заведомая

ложь — утверждение автора статьи во втором издании БСЭ об эмиграции Вальдена из Советской Латвии: ученый, как рассказывают Я. П. Страдынь и Ю. И. Соловьев, покинул Ригу в августе 1919 г. — спустя три месяца после того, как столица была занята армией Гольца. Отъезд, конечно же, был вынужденным: вряд ли новая власть простила бы Вальдену его деятельность на посту председателя профсоюза химиков и председателя Совета высшей школы Советской Латвии. И как при этом можно было объявить немцем человека, родившегося на хуторе Пилены Розенбекской волости Лифляндской губернии (ныне Цесисский район Латвийской ССР) в семье Анны и Яниса Вальденов, происходивших из крепостных латышских крестьян.

Впрочем, «недостаточно латышом» считали иные Вальдена и на его родине. Еще бы — разве может настоящий латыш быть академиком Петербургской Академии и читать лекции по-русски и по-немецки?

Заметим, что в Советской России 20-х годов сочли причины, заставившие Вальдена покинуть родину и стать профессором университета в Ростке, более чем уважительными. Иначе как можно объяснить, что он неоднократно приезжал в Советскую Россию, куда его, кстати, несколько раз приглашали на постоянную работу, что, наконец, в 1927 г. он был удостоен высшего отличия, каким мог быть в то время отмечен ученый, — единогласно избрания почетным академиком АН СССР? Что же до того, что Вальден не счел возможным принять приглашение о переезде в СССР, то, независимо от мотивов, какими он руководствовался, можно сказать, что поступил он принципиально: кому-кому, а уж Вальдену вряд ли довелось бы пережить кровавую страду 30-х годов...

То, что в 20-х годах считалось естественным, два десятилетия спустя было объявлено преступлением. Впрочем, о Вальдене сочли за благо на время забыть. В 1945 г. с размахом, степень которого диктовалась какими-то высшими сооб-

ражениями, было отпраздновано 220-летие Академии наук. Ни в одной из книг или статей, посвященных этому событию, имени Вальдена не встретим. Так, в юбилейном году а журнале «Успехи химии» была помещена статья, в которой, как утверждал автор, характеризовалась деятельность всех академиков-химиков в истории Академии, начиная с Ломоносова. Добавим, всех не исключенных из Академии. Но не исключавшийся Вальден тем не менее упомянут не был.

А ведь именно в этом первом послевоенном году 82-летний старец, заброшенный войной в Шварцвальд (его дом в Ростке был разбомблен), направил письмо в Президиум

Академии наук СССР с просьбой назначить ему любое, пусть самое скромное, содержание. Мотивировка просьбы была более чем уважительной: он оставался академиком и за все годы пребывания на чужбине ни разу не сказал и не написал ничего такого, что могло бы быть Академией поставлено ему в вину. Письмо читал С. И. Вавилов и оставил его без ответа. Не будем бросать упрека президенту Академии. Вообще мстить чужие огороды камнями — не самое обременительное из занятий. Поэтому не стоит усугублять поистине шекспировскую трагедию Сергея Ивановича еще нареканиями и по поводу Вальдена.

Книга о Вальдене — не

просто биография большого ученого. Потому что она не только о делах, но и о судьбе человека, который для Латвии 1919 г. оказался недостаточно латышом и затем многие годы был для Германии русским, а для России — немцем, одним из неисчислимо многих, по судьбам которых недобрый XX век прошелся тяжелой поступью.

Впервые в истории отечественной науки сказаны в должном объеме и с должной акцентировкой слова правды о Вальдене-ученом и Вальдене-человеке. А в правде, как видно хотя бы из статей в БСЭ, Вальден очень нуждался.

НОВЫЕ КНИГИ

Экология

Г. Хаффлинг. ТРЕВОГА В 2000 ГОДУ. БОМБЫ ЗАМЕДЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ НА НАШЕЙ ПЛАНЕТЕ. Пер. с нем. М. С. Осиповой, Ю. М. Фролова. Предисл. С. Б. Лаврова. М.: Мысль, 1990. 271 с. Ц. 1 р. 90 к.

Бомбы замедленного действия — это дефицит водных ресурсов, мусор, загрязненный воздух, шум, опасности, связанные с безграничной химизацией и атомной энергетикой. На примере ФРГ (страна находится едва ли не под самым сильным в мире антропогенным прессом) известный писатель-публицист показывает, насколько угрожающими для жизни могут быть неконтролируемые изменения природной среды. После первого издания книги (1981 г.) многие его мрачные прогнозы, имевшие безусловно глобальное значение, подтвердились. И это, конечно, не только Чернобыль. В 1984 г. в индийском городе Бхопале произошла крупнейшая за всю историю химической промышленности катастрофа: более 3 тыс. человек погибло только в первые часы взрыва, 20 тыс. ослепло или получило серьезные повреждения зрения. Американская монополия «Юнион

карбайд» выплатила жертвам более 200 млн долл. В советское издание автор включил также дополнение о катастрофе в Базеле, произошедшей в ноябре 1986 г. на предприятии химического концерна «Сандоз».

Как отмечается в предисловии, разве не актуальной стала и для нас проблема воды, причем не только в засушливых районах, но и во многих крупных городах? Кстати, заслуживает внимания тот факт, что водопотребление на каждого москвича превышает 600 л в день, тогда как парижанин обходится 300 л, а житель Брюсселя — даже 180. (Эти сведения вызвали дискуссию о необходимости Ржевского гидроузла в верховьях Волги.) Еще острее, чем в других странах, стоит у нас вопрос о выбросах свинца автотранспортом, несмотря на сравнительно низкую его численность. Увы, наш транспорт не является экологически чистым. Да и критика крупных животноводческих комплексов, загрязняющих среду «у них», в не меньшей мере касается и наших хозяйств.

Книга заставит читателя по-новому взглянуть на современную экологическую реальность.

Экология

А. М. Гиляров. ПОПУЛЯЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ. М.: Изд-во МГУ, 1990. 191 с. Ц. 45 к.

В книге, кроме небольшой вводной главы о содержании экологии, — три главы, посвященные пространственным и временным законам жизни популяций и их взаимодействию. Несмотря на то, что автор широко привлекает различные аналитические модели, книгу можно смело читать, даже опуская формулы и графики. Язык ее достаточно прост, а многочисленные примеры хорошо поясняют суть различных положений. Зоолог по основному профилю работы, автор широко использует данные о популяциях растений и об отношениях популяций растений и животных, для которых растения служат связующим звеном между энергией Солнца и процессами их жизнедеятельности.

У разных популяций — разная территория, необходимая для выживания (она тем больше, чем крупнее организм), разная наименьшая численность, которая гарантирует выживание, разные способы распределения в пространстве (птицы делят территорию на семейные участ-

ки, а копытные предпочитают жизнь в достаточно большом коллективе).

Еще более сложны изменения численности популяции во времени. Завершая главу о динамике популяций разных видов, автор пишет: «Как метко заметил кто-то из экологов, понятие «популяция» должно ассоциироваться в нашем сознании не с застывшей музейной коллекцией, а с оживленным аэропортом, куда постоянно одни люди прибывают и откуда другие уезжают, где вдруг может скопиться много народа из-за нелетной погоды (или плохой погоды аэропортовых служб) и где число людей может уменьшиться, если улучшатся погода и (или) деятельность аэропортовых служб».

Наконец, по-разному взаимодействуют разные популяции. И при этом эволюционные механизмы обеспечили каждой из них свой шанс на выживание и свое место в постоянно колеблющемся равновесии экосистем.

Автор постоянно предупреждает против скоропалительных выводов о причинах и следствиях популяционных процессов. К примеру, связь численности рачков в водохранилище на р. Замбези с лунными циклами оказалась отражением зависимости успеха охоты на них мелких сардин: в полнолуние рыбки лучше видят. Распространение зверобоя, занесенного из Европы в США, во многом зависит от жучка-листогрыза: несмотря на то, что растение предпочитает солнечные и сухие места обитания, его больше на влажных и затененных почвах, где жить хуже, но спокойнее, так как прожорливый жучок эти прохладные полянки избегает.

У книги А. М. Гилярова будет широкий круг читателей.

Геология

И. Д. Данилов. ПОДЗЕМНЫЕ ЛЬДЫ. М.: Недра, 1990. 140 с. Ц. 40 к. Книга посвящена проблемам мерзлотоведения, или геокриологии — отрасли знания, возникшей с началом промышленного освоения северных областей Земли. Рисуя историче-

скую панораму изучения мерзлых горных пород, автор вспоминает заслуги русских первопроходцев и «промышленных людей» — ленских воевод П. Головина и М. Глебова, Ф. Шергина, академика А. Ф. Миддендорфа, флотского капитана Г. А. Сарычева.

В книге представлено все разнообразие природных видов подземных льдов и связанных с ними явлений. Речь идет и о мелких прослойках льда, и о крупных ледяных пластах и жилах, и о погребенных льдах, и о льдах пещер. Подробно описаны бугры пучения с ледяными ядрами, которые образуются в тех местах, где на поверхность выходят подземные воды или промерзает талый грунт. Автор обсуждает различные гипотезы происхождения «вечной мерзлоты», а в заключение приводит сведения о льдах в недрах других планет Солнечной системы.

Почвоведение. Сельское хозяйство

К. И. Довбан. ЗЕЛЕНОЕ УДОБРЕНИЕ. М.: Агропромиздат, 1990. 208 с. Ц. 60 к.

Отрицательный баланс питательных элементов и прогрессирующее снижение почвенного плодородия — главная болезнь сельского хозяйства второй половины нашего столетия. Книга посвящена одному из наиболее эффективных способов ее лечения — запахиванию пожнивных остатков или всей фитомассы растений.

Сидеральные культуры — фабрики экологически чистых и дешевых азотных удобрений: за один вегетационный период люцерна фиксирует из атмосферы 200—500 кг/га азота, клевер — 150—300, многолетний люпин — 250—400, однолетний люпин — 150—200, донник белый — 200—300, однолетние бобовые (горох, вика, сераделла, соя) — до 150. И практически без дополнительных площадей и сокращения доли зерновых в севооборотах, поскольку сидераты выращиваются либо на парах, либо как уплотняющие (в междурядьях), либо как промежуточные и

пожнивные, удлинняя срок действия поля как фабрики по переработке неисчерпаемой энергии солнечного света. Страна может получить 1 млн т экологически чистого азота, если занять сидератами 25 % паров и 2 % всей пашни, при этом один алюбенный рубль даст 10—20 руб. прибыли от повышения урожая.

За счет глубокой корневой системы сидеральные культуры способствуют интенсификации обмена пахотного и подпахотного слоев почвы фосфором, кальцием и магнием, улучшают физические свойства почвы и снижают скорость эрозии, активизируют деятельность почвенной биоты. Они незаменимы на тех полях, которые удалены от ферм и поэтому не получают навоза. Сидераты, кроме того, повышают качество растениеводческой продукции (содержание белка в пшенице, крахмала в клубнях картофеля и т. д.).

Книга экологична, в ней приведены рекомендации по составу сидератов для территории страны с учетом климата и почва, показано место сидератов в комплексной системе повышения плодородия почв при их комбинировании с навозом, минеральными удобрениями, соломой, обоснована целесообразность использования сидератов при возделывании зерновых культур, картофеля, сахарной свеклы, кукурузы на силос, гречихи, риса, хлопка, овощей, фруктов. Найдут в книге полезные советы и любители-садоводы, которые смогут заменять сидератами дефицитный навоз.

Во введении автор сетует на то, что приращению сидератов мало внимания уделяет не только практика, но и наука. Это еще одно из наших многочисленных отставаний от развитых стран (в ФРГ при увеличении площади сидератов на 20 % фермеры получают премию-дотацию от государства). Остается надеяться, что книга поможет изменить положение.

Изгнание В. В. Стратонова

В. А. Бронштэн,

кандидат физико-математических наук
Москва

ОСЕНЬЮ 1922 г. из России в Германию отправился так называемый «философский пароход», на котором в административном порядке выслались около 200 человек — часть интеллектуальной элиты страны. Наиболее заметную группу составляли философы (Н. А. Бердяев, Н. О. Лосский, Л. П. Карсавин, Ф. В. Степун и другие), социологи (П. А. Сорокин), историки (А. А. Кизеветтер, В. А. Мякотин, С. П. Мельгунов), психологи (И. А. Лапшин), публицисты (А. С. Изгоев, А. Б. Петрицев), богословы (С. Н. Булгаков). Находились среди них и ученые-естественники: агрономы А. С. Каган, В. Д. Бруцкус, математик Д. Ф. Селиванов.

Одним из высланных был выдающийся русский астрофизик, профессор Всеволод Викторович Стратонов. Если философы, историки, богословы, публицисты, писатели изгонялись за публично высказываемые взгляды, не укладывающиеся в жесткую схему дозволенного, то за что выслался астрофизик? Политикой он не занимался. Ничего выходящего за пределы своей специальности не писал. Более того, Стратонов сознательно пошел на сотрудничество с Советской властью. Так за что же?..

Прежде чем изложить свою версию ответа, познакомим читателя со Стратоновым.

В ТАШКЕНТСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Всеволод Викторович родился 17 апреля 1869 г. в Одессе в семье директора классической гимназии. Окончив гимназию с золотой медалью, он поступил в Новороссийский (Одесский) университет, где кафедрой астрономии руководил профессор А. К. Кононович (1850—1910), один из пионеров астрофизических исследований в России. Работы Кононовича по измерению положения солнечных пятен (для изучения вращения Солнца), вычислению орбит двойных звезд и некоторые другие определили направление исследований и его ученика.

Стратонов окончил университет в 1891 г., получив диплом 1-й степени и золотую медаль за работу по астрометрии и практической астрономии («Пассажный инструмент и определение географических координат»). Но в дальнейшем перешел полностью на астрофизическую тематику.

Проработав год в Одесской обсерватории, он был откомандирован в Пулково, под непосредственное руководство крупнейшего русского астрофизика Ф. А. Бредихина. Два года спустя Пулковская обсерватория получила заказанные за границей два так называемых нормальных астрографа для работ по международной про-

грамме «Карта неба». Это были однотипные фотографические телескопы-рефракторы, один из которых предполагалось установить в Пулково (что и было вскоре сделано), другой — в Ташкенте, где еще с 1874 г. существовала астрономическая обсерватория, принадлежавшая военному ведомству. Специально для работы на нормальном астрографе здесь была учреждена должность астрофизика, на которую по рекомендации Бредихина был приглашен Стратонов.

Директор обсерватории военный геодезист Д. Д. Геодеонов при поддержке начальника Военно-топографического отдела штаба Туркестанского военного округа С. И. Жилинского (в ведении которого была обсерватория) установил для астрофизика условия полной автономии. Так, заведующий обсерваторией не должен был контролировать перелиску астрофизика с зарубежными фирмами, которым он заказывал необходимые для работы приборы, не имел права занимать астрограф для других работ и даже заходить в башню астрографа или в лабораторию астрофизика без его согласия. Естественно, что эти запреты распространялись и на всех остальных сотрудников.

Последовавшее затем десятилетие — самый плодотворный период в научной деятельности Стратонова, а кроме того — начало астрофизи-



Группа членов оргкомитета и сотрудников Главной российской астрофизической обсерваторий. Сидят: четвертый слева В. В. Стратонов, третий слева В. Г. Фесенков, первый справа Б. М. Щиглов. Стоит первый слева С. В. Орлов. 1922 г.

ческих и звездно-астрономических исследований в Ташкентской обсерватории, успешно ведущихся и теперь. За этот период (1894—1904 гг.) на нормальном астрографе было получено более 400 снимков неба и небесных объектов, в том числе около 200 фотографий шаровых и рассеянных звездных скоплений, 85 снимков положений малой планеты Эрот во время ее весьма удобного для наблюдений противостояния 1900—1901 гг., а также ряд фотографий Млечного Пути, светлых и темных туманностей, переменных звезд, планет, поверхности Солнца.

Используя ясное и прозрачное ташкентское небо (каким оно было сто лет назад), Стратонов при фотографировании звездных скоплений и туманностей применял многочасовые экспозиции, порой в течение нескольких ночей. Так, при фотографировании Плеяд экспозиции составляли 10, 17 и даже 25 часов. Для получения одной из 25-часовых экспозиций понадобилось 9 ночей наблюдений. Двойное звездное скопление γ и δ Персея фотографировалось с экспозицией в 30 часов!

Каковы же были непосредственные научные результаты, полученные Стратоновым?

В области изучения Солнца он, продолжая исследования Кононовича, провел тщательное измерение скоростей вращения поверхности Солнца на разных широтах по наблюдениям факелов (ярких облаков на фоне солнечного диска). Уже в 1895 г. он опубликовал в журнале «Astronomische Nachrichten» предварительное сооб-

щение о своих результатах, а в 1897 г. напечатал в «Записках Санкт-Петербургской Академии наук» большой (100 страниц) мемуар на эту тему, удостоенный государственной (императорской) премии.

Основной вывод Стратонова заключался в том, что каждый широтный пояс Солнца имеет свою скорость вращения.

Большое внимание Стратонов уделил исследованию звездных скоплений, в частности Плеяд. Провел статистику звезд в Плеядах, измерил их собственные движения, изучил зависимость «светимость — спектр». Особое внимание уделил туманностям и обнаружил их волокнистую, а порой клочковатую структуру. Подробно были исследованы рассеянное скопление γ и δ Персея, шаровое звездное скопление в Геркулесе, а также рассеянное скопление в Щите. Помимо туманностей в Плеядах Стратонов исследовал кольцевую туманность в созвездии Лирь и ряд других.

Интересные результаты были получены Стратоновым и в области звездной астрономии. Он доказал, что наблюдаемое раздвоение Млечного Пути — явление кажущееся, вызванное наличием темной, поглощающей свет диффузной материи. Вывел новый закон убывания числа звезд Млечного Пути с изменением астрономической широты, а также закон их распределения по долготам. Предпринял титаническую работу по выявлению этих распределений для 900 тыс. звезд в интервалах видимых звездных величин, взятых через 0,5 звездной величины, построил карты полученных распределений. В ходе этой работы Стратонов получил более сложную картину строения нашей Галактики, значительно отличающуюся от принятых тогда моделей В. Я. Струве и Г. Зеелигера. Одним из важнейших результатов этого исследования явилось открытие звездных облаков.

Итоги этого большого труда были опубликованы в 1900—1901 гг. на французском языке в двух частях под названием «Etude sur la structure de l'Univers» («Исследование строения Вселенной»).

Целый ряд публикаций Стратонова посвящен результатам наблюдений переменных звезд (в частности, Миры Кита), Новой Персея 1901 г., а также наблюдением метеорного потока Леонид в 1896—1897 гг.

НА КАВКАЗЕ

В 1904 г. из-за болезни глаз Стратонов был вынужден оставить Ташкентскую обсерваторию и вообще работу астронома-наблюдателя. Он переезжает на Кавказ, где становится чиновником для особых поручений наместника Кавказа. А в 1911 г. открывает свой банк.

Однако и в этот, «кавказский» период, продолжавшийся до самой Октябрьской революции, Стратонов пишет и издает (на свои средства) ряд научно-популярных и учебных книг по астрономии. В 1910 г. в Тифлисе выходит его роскошно изданная книга «Солнце» с мно-

гочисленными иллюстрациями. Через четыре года за эту книгу он получил премию Русского астрономического общества. Три издания выходит его учебник «Космография», получивший одобрение Министерства народного просвещения и ряда других ведомств. Специально для женских гимназий и духовных семинарий Стратонов пишет «Сокращенный курс космографии». Два издания выходит научно-популярная книга «Здание мира» (второе издание вышло уже в 1918 г.).

Еще в 1916 г. была набрана научно-популярная книга Стратонова «Звезды». Но две революции задержали печатание тиража. В конце этой книги, как было тогда принято, помещалась реклама ранее изданных сочинений автора и выдержка из отзывов на данную книгу. Среди них, в частности, имелись такие строки: «Учебным комитетом при Собственной Его Императорского Величества канцелярии по учреждениям Императрицы Марии рекомендована как весьма полезное руководство в средних учебных заведениях». О необычной судьбе этой книги мы расскажем ниже.

В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

С 1918 г. Стратонов — профессор Московского университета. Вскоре его избирают деканом физико-математического факультета. Он читает курс общей астрономии для студентов-первокурсников. По отзыву одного из его слушателей, впоследствии знаменитого Б. А. Воронцова-Вельяминова, лекции его были интересны.

В эти же годы Стратонов заведовал физико-математическим отделением Главной государственной библиотеки в Москве (нынешней Библиотеки им. В. И. Ленина). В 1918—1920 гг. он был научным консультантом Наркомпроса, курировал издание научной литературы во всей стране.

В эти же годы решилась судьба уже набранной книги Стратонова «Звезды». В 1919 г. издатель В. В. Думнов напечатал ее с готового набора.

Уже не было ни его императорского величества, ни собственной его канцелярии, ни императрицы Марии и ее ведомства, но приведенные выше строки из отзыва не исключаются, только чуть ниже к ним добавляется скромная надпись: «Издание зарегистрировано и цена утверждена Отделом печати М. С. Р. и Кр. Д.» (то есть Московского Совета рабочих и красноармейских депутатов).

Монография «Звезды» принесла Стратонову еще одну премию Русского астрономического общества.

БИТВА ЗА ПРОЕКТ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

В начале 1920 г. Стратонов выступил с предложением построить на юге России большую астрофизическую обсерваторию, оснащенную самым современным оборудованием и приборами, которые следовало выписать из-за границы. Несмотря на тяжелое время (разруха, гражданская война), правительство с пониманием относилось к этому предложению. Оно рассматривалось в научном отделе Наркомпроса, которым руководил тогда профессор Д. Н. Армеев, минералог по специальности.

Здесь с самого начала идея Стратонова встретила яростное противодействие со стороны члена коллегии научного отдела В. Т. Тер-Оганезова. Астроном по образованию, ученик самого С. П. Глазенапа, Тер-Оганезов не снискал лавров на астрономическом поприще. Вступив еще в молодые годы в РКП(б), он быстро завоевал доверие заместителя наркома просвещения историка М. Н. Покровского, который поручил ему... разработать план реорганизации Российской Академии наук в Ассоциацию наук. Тер-Оганезов такой проект представил, но, к счастью, его забраковал нарком А. В. Луначарский.

В чем же состояли возражения Тер-Оганезова против идеи Главной российской астрофизической обсерватории? Ведь это предложение поддержали такие видные ученые, как академик А. А. Белопольский,

члены-корреспонденты АН А. А. Иванов, Г. А. Тихов, профессора С. К. Костинский, И. А. Балановский, физики А. К. Тимирязев и В. А. Михельсон. Вместе со Стратоновым пришли в научный отдел Наркомпроса, чтобы отстаивать проект, московские астрономы профессора С. Н. Блажко и А. А. Михайлов.

Тер-Оганезов излагал свои возражения сперва в закрытом заседании, когда же были приглашены трое пришедших астрономов, его возражения свелись к следующему. Строительство новой астрофизической обсерватории создаст ненужный параллелизм с работой в Пулковке. Кроме того, существуют планы перенести на юг Пулковскую обсерваторию, для чего там при ученом совете образована специальная комиссия. Этой комиссии и следует поручить, по мнению Тер-Оганезова, дальнейшее рассмотрение проекта, представленного Стратоновым.

Государственный ученый совет Наркомпроса не послушал Тер-Оганезова и в мае 1920 г. образовал временный комитет по устройству Главной астрофизической обсерватории в составе Стратонова (председатель), Блажко, Костицына, Михайлова и Тимирязева. Были собраны мнения специалистов. Все опрошенные астрономы, физики и геофизики решительно поддерживали проект. Развернутые письма с поддержкой этой идеи прислали Главная физическая обсерватория, Российская ассоциация физиков, Всероссийский астрономический союз, Московское общество любителей астрономии. Организация и отдельные специалисты вносили конкретные предложения по тематике работ будущей обсерватории, ее оснащению теми или иными приборами и многие другие.

На одном из заседаний временного комитета директор Пулковки А. А. Иванов отвел как необоснованные все опасения Тер-Оганезова насчет «ненужного параллелизма» новой астрофизической и Пулковской обсерваторий, указав на различие их задач, а также на преимущества южной обсерватории (хороший астроклимат,

возможность изучать объекты южного неба). Никакой комиссии по переносу Пулковской обсерватории, сказал он, не существует, этот вопрос действительно обсуждался, но в самом общем плане. Поддерживая идею Стратонова, Иванов предложил свою помощь в подготовке молодых специалистов.

25 марта 1921 г. Государственный ученый совет при Наркомпросе, невзирая на новые энергичные возражения Тер-Оганезова, принял решение об учреждении Главной российской астрофизической обсерватории (ГРАФО) и утвердил ее оргкомитет во главе со Стратоновым. Для работы в ней были приглашены В. Г. Фесенков (будущий академик), С. В. Орлов (будущий член-корреспондент АН СССР), Б. М. Цигилов, Р. В. Куницкий, К. Ф. Огородников (будущие профессора). В районы Одессы и Северного Кавказа направились экспедиции для выбора места строительства.

Но Тер-Оганезов не простил Стратонову своего поражения и через полтора года жестоко отомстил.

Какова же была дальнейшая судьба этого начинания? Уже в 1923 г. на базе оргкомитета в Москве был образован Государственный астрофизический институт (ГАФИ) с загорной обсерваторией в Кучине, организованной Фесенковым. В 1931 г. ГАФИ объединился с Московской университетской обсерваторией и Астрономо-геодезическим институтом в Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга (ГАИШ), успешно работающий и по сей день.

А как же с южной обсерваторией? Свою южную станцию в Крыму ГАИШ сумел построить только в 1958 г. Но тремя годами раньше вступила в строй Крымская астрофизическая обсерватория, где были претворены в жизнь основные планы Стратонова.

ПРОФЕССОРСКАЯ ЗАБАСТОВКА

В начале февраля 1922 г. обстановка в университете, да и в других московских вузах резко обострилась. Принятый

Наркомпросом новый устав вузов, ухудшавший положение и права профессорско-преподавательского состава, низкая зарплата профессоров, плохая обеспеченность лабораторий — все эти факторы явились причиной целой серии профессорских забастовок. Одним из организаторов забастовки в Московском университете был декан физико-математического факультета профессор Стратонов. Кроме него в забастовке приняли участие академик А. П. Павлов (геолог), профессор В. С. Гулевич (биолог), В. А. Костицын (математик и астроном), К. А. Круг (теплофизик), Л. К. Рамзин (энергетик), Ю. В. Сергиевский (историк) и другие.

Московских профессоров принял и внимательно выслушал заместитель председателя Совнаркома А. Д. Цюрупа. Усилиями Цюрупы и Луначарского был принят ряд срочных мер для улучшения быта ученых и помощи высшей школе. Вскоре забастовка была прекращена.

Так, может быть, причиной высылки Стратонова было именно его активное участие в профессорской забастовке? Но тогда почему не были изгнаны из страны другие ее участники из числа ученых-естественников?

Не следует забывать, что подготовка высылки и составление соответствующих списков продолжался несколько месяцев. О готовящейся акции мог узнать и Тер-Оганезов. Его как единственного в то время астронома-коммуниста могли спросить: а нет ли реакционно мыслящих лиц среди московских астрономов? У автора этих строк не возникает никаких сомнений, что именно Тер-Оганезов назвал фамилию Стратонова. Правда, нет и прямых доказательств этого. Но есть косвенные.

Оказывается, даже после высылки Стратонов продолжал числиться в штате ГАФИ и получать там зарплату. По иронии судьбы в 1928 г. заместителем директора этого института был назначен... Тер-Оганезов. И горячий противник будущей обсерватории, давшей начало этому институту, уволил

его организатора. В апреле 1938 г. на заседании партийно-комсомольской группы Московского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества Тер-Оганезов прямо охарактеризовал Стратонова как врага советской власти.

Весной 1940 г. в беседе с автором этой статьи Тер-Оганезов откровенно поставил себе в заслугу то, что в 20-е годы «боролся со Стратоновым». Тогда же за простую ссылку в задачниках по астрономии на одну из книг Стратонова по его предложению был отведен из списка представленных в члены-корреспонденты АН СССР выдающийся советский астрофизик, профессор Б. А. Воронцов-Вельяминов. Так Тер-Оганезов продолжал борьбу со

Стратоновым уже после его смерти.

НА ЧУЖБИНЕ

Покинув не по доброй воле нашу страну, Стратонов (как и большинство высланных) попал в Берлин, но пробыл там недолго. Тем не менее он успел вместе с несколькими коллегами организовать в Берлине Русский научный институт, чтобы помочь детям российских эмигрантов продолжать учение, а эмигрантам-ученым — научную деятельность.

В 1923 г. Стратонов переехал в Прагу, где жил и работал до конца своих дней. Он читал научно-популярные лекции по астрономии во многих городах Чехословакии, а

также в Литве, Латвии и Эстонии. Сотрудничал он и с Русским национальным университетом в Праге. Получив чехословацкое гражданство, он начал читать курс лекций по общей и практической астрономии в Чешском высшем техническом училище в Праге. В 1927 г. он издал учебник «Астрономия» на чешском языке, который был переиздан на немецком. В последние годы жизни Стратонов обрабатывал свои наблюдения Эрота, выполненные в 1900—1901 гг. в Ташкенте, готовил к печати лекции по общей астрономии.

Умер Стратонов 6 июля 1938 г. и похоронен в Праге, на Русском кладбище на Ольшанах.

Научные редакторы:

И. Н. АРУТЮНЯН
О. О. АСТАХОВА
Л. П. БЕЛЯНОВА
М. Ю. ЗУБРЕВА
Г. В. КОРОТКЕВИЧ
Л. Д. МАЙОРОВА
Н. Д. МОРОЗОВА
Е. М. ПУШКИНА
Н. В. УСПЕНСКАЯ

Литературный редактор

Г. В. ЧУБА

Художественные редакторы:

Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией

О. В. ВОЛОШИНА

Корректоры:

Р. С. ШАЙМАРДАНОВА,
Т. Д. МИРЛИС

В художественном оформлении

номера принимали участие
Н. Х. БУТЫРИНА
Ю. В. ТИМОФЕЕВ
Н. А. ТРИФОНОВА

Адрес редакции:

117049, Москва, ГСП-1
Мароковский пер., 26
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Ордена Трудового Красного
Знамени издательство «Наука»

Сдано в набор 2.11.90

Подписано в печать 29.12.90

Формат 70×100^{1/16}

Бумага офсетная, № 1

Офсетная печать

Усл. печ. л. 10,32

Усл. кр.-отт. 1226,0 тыс.

Уч.-изд. л. 15,1

Тираж 45 800 экз.

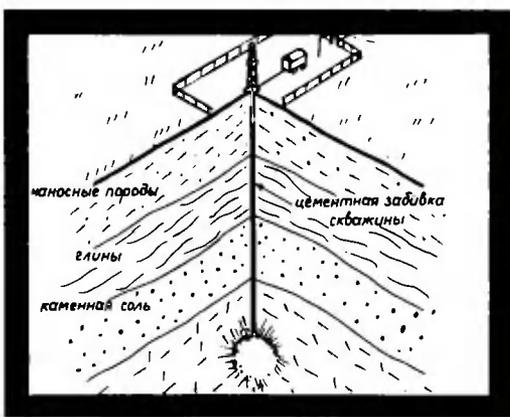
Зак. 2212

Цена 1 р. 20 к.

Ордена Трудового
Красного Знамени
Чеховский полиграфический
комбинат
Государственного комитета СССР
по печати
142300, г. Чехов
Московской области

ПРИРОДА

2⁹¹



Когда в стране бушует антиядерное движение, предложение использовать подземные ядерные взрывы в экологических целях может показаться парадоксальным. Тем не менее есть все основания считать такую технологию безопасной и экономически выгодной.

Васильев А. П., Приходько Н. К., Симоненко В. А. ПОДЗЕМНЫЕ ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ ДЛЯ... УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ



Многие исследователи пытались понять, почему, несмотря на почти полную химическую инертность, благородные газы весьма активно фракционируют, причем на разных планетах по-разному. Предложен новый подход к решению этой проблемы.

Шуколюков Ю. А. БЛАГОРОДНЫЕ ГАЗЫ НА ПЛАНЕТАХ



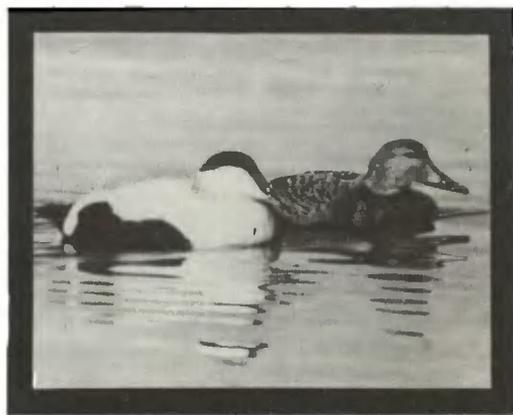
После реабилитации в 1955 г. погибшего в сталинских застенках одного из крупнейших ученых нашего века Н. И. Вавилова предпринималось немало попыток анализа его трагической судьбы и творчества. Но и сегодня свежий взгляд на его наследие обещает неожиданности.

Полынин В. М. ВОЛШЕБНОЕ ЗЕРКАЛО ТАЛАНТА (субъективные заметки)

Науку не уподобить «шагреновой коже», как бы ни старались критики. Осознавая недостаточность сложившихся ранее и нередко критикуемых теперь средств и методов познания, современная наука становится открытой для всего многообразия форм и типов человеческого опыта, ищет подходы к постижению мироздания.

МОЖЕТ ЛИ НАУКА ПОЗНАТЬ МИР!

(Подборка материалов.)



Чтобы увеличить добычу уникального по своим свойствам природного материала — гагачьего пуха, необходимо «всего лишь» улучшить условия обитания немногих уцелевших популяций гаги и возродить традиционный для Русского Севера промысел.

Пономарева Т. С. ВОССТАНОВИТЬ ПРОМЫСЕЛ ГАГАЧЬЕГО ПУХА

1 р. 20 к.
Индекс 70707

