

ISSN 0032-074X

ПРИРОДА

1-91



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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. Метеориты, хорошо «замаскированные» среди моренных отложений Антарктиды. См. в номере: Шульц Л., Шуколюков Ю. А. Экспедиции за метеоритами.

Фото Л. Шульца

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Птенцы черного аиста. См. в номере: Ивановский В. В. Лесной отшельник.

Фото В. В. Ивановского



— 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

Ахундов М. Д., Баженов Л. Б. ЭВОЛЮЦИЯ, НЕЛИНЕЙНОСТЬ И МАРК- СИЗМ

Идея нелинейности, широко входящая в научное сознание, рождает новый взгляд не только на эволюцию живой и неживой природы, но и на марксистскую схему истории человеческого общества.

Ноздрачев А. Д., Янцев А. В. «ИНФОРМАЦИОННАЯ СЛУЖБА» ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ

Каковы принципы передачи информации от внутренних органов к нервным центрам? Получить ответ на этот вопрос позволяют современные методы физиологического эксперимента.

Блюх П. В., Ярошенко В. В. «СПИЦЫ» В КОЛЬЦЕ САТУРНА

Так называли периодические гущения и разрежения вещества, обнаруженные около 10 лет назад. Они, возможно, возникают из-за возбуждения волн плотности в плоскости кольца.

Нусинов М. Д., Марон В. И. ЭВОЛЮЦИЯ ВЕЩЕСТВА ВО ВСЕЛЕННОЙ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Не исключено, что переход от химической эволюции к биологической осуществлялся с помощью углистых хондритов. В их порах могли появиться доклеточные системы — протовирусы.

Хаин В. Е., Зверев А. Т. ДИНАМИКА ЛИТОСФЕРЫ И СЕЙСМО- ТОМОГРАФИЯ

Результаты сейсмической томографии, дополненные гравиметрическими данными, позволили по-новому взглянуть на динамику основных структур литосферы, разработать геодинамическую модель, связывающую процессы в мантии и земной коре.

Несис К. Н. ДЕФИЦИТ КИСЛОРОДА И ФАУНА ПОДВОДНЫХ ГОР

Шапиро Б. И. ГОРИЗОНТЫ ФОТОГРАФИИ

Анализ принципов организации фотографических и природных фотохимических процессов свидетельствует об определенной их общности, что открывает пути дальнейшего совершенствования фотоматериалов.

Шульц Л., Шуколюков Ю. А. ЭКСПЕДИЦИИ ЗА МЕТЕОРИТАМИ

Появилась, наконец, возможность посылать экспедиции для поисков и сбора метеоритов в местах, где они накапливаются и где их легче обнаружить.

Ивановский В. В. ЛЕСНОЙ ОТШЕЛЬНИК

Никонов А. А., Вангейгейм Э. А. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ «СИНЯЯ БАЛКА»

Судя по историческим данным, известное палеонтологам «кладбище» крупных млекопитающих на Таманском п-ове раскрылось при разрушительном землетрясении, происшедшем до новой эры.

Алаев Э. Б. РЕШЕНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ ПРО- БЛЕМЫ, ИЛИ БЕГ НА МЕСТЕ

За счет стран «третьего мира» население Земли растет быстрее, чем предусматривалось большинством прогнозов. Единственное радикальное средство стабилизации численности землян — сокращение рождаемости в развивающихся странах — «не работает» по целому ряду причин.

Жарков В. Н., Козенко А. В. КРУПНЕЙШИЙ ГЕОФИЗИК XX ВЕКА

Выдающийся английский ученый сэръ Гарольд Джефрис, сохранявший удивительную работоспособность до 95 лет, был первым универсалом в геофизике, и его работы в середине нашего века определяли лицо этой науки.

Дэйсон Ф. ВЕК ДВАДЦАТЬ ПЕРВЫЙ

Поскольку интервал между научным открытием и его широкомасштабным применением порядка 70 лет, уже сейчас можно вполне определенно говорить о тех технологических преобразованиях, которые произойдут к середине XXI в.

Кузьмин С. Л. ТРИТОНЫ КАРПАТ

Перченко Ф. Ф. «ДЕЛО АКАДЕМИИ НАУК»

«Дело четырех академиков» — С. Ф. Платонова, Е. В. Тарле, Н. П. Лихачева и М. К. Любавского, которое с большим размахом фабриковалось на протяжении 1929—1931 гг., стало стержнем «сценария», вобравшего в себя множество разгромных кампаний в науке — дисциплинарно-тематических, ведомственных, территориальных.

CONTENTS

- 3** Akhundov M. D., Bazhenov L. B.
EVOLUTION, THE IDEA OF NON-LINEARITY AND MARXISM

The idea of non-linearity that is now being widely accepted in academic circles brings about a new approach not only to the evolution of animate and inanimate nature but also to the Marxist interpretation of human history.

- 11** Nozdachev A. D., Yantsev A. V.
"INFORMATION SERVICE" OF ORGANISMS

How does information travel from inner organs to the nerve centres? The answer can be obtained through latest experimental techniques in physiology.

- 19** Bliokh P. V., Yaroshenko V. V.
"SPOKES" IN SATURN'S RINGS

These periodical blobs and rarefactions were discovered some ten years ago. They are probably caused by excitation of density waves in the rings plane.

- 26** Nussinov M. D., Maron V. I.
THE EVOLUTION OF MATTER IN THE UNIVERSE AND THE ORIGINS OF LIFE ON EARTH

One cannot exclude a possibility that chemical evolution is switched to biological evolution through carbonaceous hondrites. In their pores the pre-cell systems—protoviruses—could appear.

- 32** Khain V. E., Zverev A. T.
THE DYNAMICS OF LITHOSPHERE AND SEISMOGRAPHY

Seismic tomography and gravimetric data allowed a new approach to the dynamics of the main lithospheric structures, suggested an original geodynamic model that ties together processes in the Earth's mantle and crust.

- 40** Nesis K. N.
OXYGEN DEFICIT AND THE SEAMOUNTS FAUNA

- 42** Shapiro B. I.
PHOTOGRAPHY AND ITS POTENTIALS

An analysis of the organization of the principles of the photographic and the natural photochemical processes points to their certain similitary and opens up new vistas of photomaterials.

- 50** Schults L., Shukolyukov Yu. A.
EXPEDITION FOR METEORITES

There is a possibility to dispatch expeditions to search and collect meteorites in the places where they can be easily obtained.

- 59** LETTER TO THE EDITOR

- 60** Ivanovsky V. V.
WOOD HERMIT

Many years of observation have yielded interesting facts about the black stork. The bird has been entered into the Red Book.

- 66** Nikonov A. A., Vangeigeim E. A.
THE SYNAYYA BALKA EARTHQUAKE

Historical data testify that a large "burial ground" of mammals on the Taman peninsula was laid bare as a result of a shattering earthquake that occurred before our era.

- 69** Alaev E. B.
HOW TO SOLVE THE DEMOGRAPHIC PROBLEM, OR MARKING TIME

The population of the globe is increasing much faster than it was forecasted. The only remedy is to curb the birth rate in the Third World, the main source of population growth. But there are several reasons why this remedy remains ineffective.

- 77** Zharkov V. N., Kozenko A. V.
THE GREATEST GEOPHYSICIST OF THE 20TH CENTURY

Sir Harold Jeffreys, an outstanding English scientist, was the first geophysicist of universal interests. He was the trail blazer in many fields and for decades of his long life was regarded as a living classic.

- 85** Dyson F.
THE 21ST CENTURY

The interval between a scientific discovery and its widescale realization is about 70 years, and this allows us to visualize the technological innovations in the middle of the 21st century.

- 94** Kuzmin S. L.
NEWTs OF THE CARPATHIANS

- 96** Perchenok F. F.
THE ACADEMY OF SCIENCES' "CASE"

The "case" of four academicians—S. F. Platonov, E. V. Tarle, N. P. Likhachev and M. K. Lyubavsky—that was being concocted on a great scale between 1929 and 1931 became the core of the "script" for many other crushing campaigns in science.

ADVERTISEMENTS, ANNOUNCEMENTS
(18, 31)

- 105** SCIENCE NEWS

- 123** NEWS IN BRIEF

- 124** BOOK REVIEWS

- 126** NEW BOOKS

Эволюция, нелинейность и марксизм

М. Д. Ахундов, Л. Б. Баженов



Мурад Давудович Ахундов, доктор философских наук, ведущий научный сотрудник Института философии АН СССР. Область научных интересов — философские проблемы естествознания, логика и методология науки. Автор монографий: *Проблема прерывности и непрерывности пространства и времени*. М., 1974; *Пространство и время в физическом познании*. М., 1982; *Conceptions of space and time: sources, evolution, directions*. Cambridge (Mass.), London, 1986.

Лев Борисович Баженов, доктор философских наук, ведущий научный сотрудник того же института. Специалист в области философских вопросов естествознания и методологии науки. Автор книг: *Философия естествознания (в соавторстве с К. Е. Морозовым и М. С. Слущким)*. М., 1966; *Строение и функции естественнонаучной теории*. М., 1978.

ЭВОЛЮЦИЯ, нелинейность, самоорганизация — слова, пожалуй, чаще других встречающиеся сегодня в многочисленных дискуссиях, ведущихся по самым фундаментальным проблемам мироздания. Мы тоже начнем с обсуждения проблем эволюции.

УСЛОЖНЕНИЕ ИЛИ УПРОЩЕНИЕ?

Идея эволюции в естествознании XIX в. находит выражение в двух, долгое время рассматривавшихся как взаимоисключающие, формах: биологической (дарвиновской) и термодинамической (если и здесь использовать имя, то можно сказать — болцмановской).

В чем же состояла указанная противоположность? На это можно ответить одной фразой: дарвиновская эволюция ведет к усложнению объектов, термодинамическая — к упрощению и деградации; они действуют в противоположных направлениях. Открытие Дарвина состояло в отыскании естественного механизма, способного вести живые организмы по пути возрастания разнообразия и сложности строения, или, пользуясь современным языком, по пути возрастания структурной информации. Этот механизм Дарвин назвал естественным отбором.

Мы отдаем себе отчет, что дарвиновская эволюция с самого момента выдвижения этой идеи и до настоящего дня встречает многочисленные возражения. Эволюцию пы-

тались и пытаются объяснить прямым приспособлением к среде, упражнением и неупражнением органов, стремлением организмов к совершенствованию, изначальной целесообразностью и т. д. Все указанные факторы или отвергаются наукой (упражнение и неупражнение органов) или остаются бездоказательными и, по существу, апеллируют к сверхъестественным силам. Но несмотря на то, что в адрес дарвиновской теории (называемой ее оппонентами селекционизмом) сформулирован ряд серьезных замечаний, отношение к ней, на наш взгляд, должно быть аналогично отношению к демократии (согласно известному афоризму, хотя демократия и обладает массой недостатков, ничего лучшего человечество не придумало).

Итак, дарвиновская эволюция широко вошла в сознание научного сообщества. В русле этой гипотезы пытались объяснить развитие не только органического мира, но и человеческого познания (К. Поппер, С. Тулмин), науки (Т. Кун). Интересная попытка придать универсальный характер идее отбора принадлежит Н. Н. Моисееву. Более того, в последнее десятилетие дарвиновская эволюция вторгается в сферу физических процессов (М. Эйген, И. Пригожин). Но об этом речь чуть ниже.

Другим каналом, по которому идея эволюции входит в естествознание, явилась термодинамика со своим вторым началом. В отличие от всей предшествующей физики второе начало термодинамики устанавливало

то, что позднее получило наименование «стрелы времени». Уравнения классической механики «безразличны» к знаку времени, замена t на $-t$ ничего не меняет в характере протекающих процессов. Второе начало устанавливает преимущественное направление всех физических процессов — это направление необратимости энтропии. У второго начала множество формулировок: С. Карно, В. Томсона, Р. Клаузиуса, В. Оствальда, вплоть до шуточного выражения Р. Фейнмана «из елки можно сделать палку, но не наоборот» и житейского афоризма «все портится». Но именно в этом житейском афоризме схвачена, если угодно, существенная тенденция, присущая второму началу: физические процессы протекают в направлении своего рода обесценения энергии.

Уже здесь следует оговорить определенную односторонность истолкования энтропии только как меры обесценения энергии. Дело в том, что второе начало справедливо лишь для замкнутых систем, но все реальные системы, с которыми мы встречаемся и в природе, и в технике, в той или иной степени открытые, и для них второе начало — закон не столько обесценения, сколько оптимального использования энергии.

Подлинное место второго начала в системе мироздания хорошо определил Р. Эмден в известной заметке под нарочито обиходным названием «Почему мы топим зимой?»: «Будучи студентом, я с пользой прочел небольшую книгу Ф. Вальда «Царица мира и ее тень». Имелись в виду энергия и энтропия. Достигнув более глубокого понимания, я пришел к выводу, что их надо поменять местами. В гигантской фабрике естественных процессов принцип энтропии занимает место директора, который предписывает вид и течение всех сделок. Закон сохранения энергии играет лишь роль бухгалтера, который приводит в равновесие дебет и кредит».

ЭВОЛЮЦИЯ И ПРИЧИННОСТЬ

Идея развития тесно связана с идеей причинности. Без причинности, т. е. регулярной обусловленности настоящего какими-то факторами в прошлом, было бы вообще невозможно развитие познания. С другой стороны, весь опыт человечества говорит, что в жизни возникает и что-то новое. Проблема согласования возникновения ново-

го и его причинной обусловленности может быть отнесена к числу наиболее трудно разрешимых.

Нам представляется уместным здесь поговорить об особенностях человеческого познания в более общем плане. Любое познание есть огрубление реальности, и это проявляется прежде всего в выделении взаимно противоположных характеристик изучаемых объектов. Наше познание неизбежно носит антонимичный характер, т. е. мы всегда характеризуем реальность с помощью антонимов. Основная черта того, что в марксистской традиции называется метафизическим образом мышления, состоит в резком разграничении противоположностей, в представлении каждой противоположности как реальной характеристики сущего, вне отношения к «своему другому». Главная черта диалектического мышления всегда связана с пониманием относительного характера любых противоположностей, с их опосредованием, релятивизацией. Диалектический принцип единства противоположностей нерасторжимо связан с процессом познания. Он должен пониматься не как онтологически значимое единство противоположных характеристик, существующих якобы в реальном мире, а именно в этой нами четко зафиксированной противоположности. Этот принцип прежде всего настаивает на четком осознании относительности любых противопоставлений.

Все сказанное относится главным образом к наиболее общим категориальным характеристикам сущего. Причем надо отдавать себе ясный отчет, что реальный прогресс человеческого познания всегда был и будет связан с созданием односторонних концепций, развитием односторонних идей. Подчеркнем еще раз, что познание есть огрубление реальности. И вместе с тем это огрубление постоянно снимается в процессе познания и, снимаясь, воспроизводится на новом уровне. Принцип единства противоположностей не универсальная отмычка, а методологическая установка, ориентирующая познание на понимание того, что любые добытые на сегодня результаты не должны абсолютизироваться, превращаться из приблизительно верного отражения реальности в доподлинно и точно нам известное.

Все сказанное выше имеет прямое отношение к идеям причинности и развития. Становление науки Нового времени неотделимо от выработки концепции механической причинности и ее неизбежной философской абсолютизации в лапласовском детерминизме: «Ум, которому были бы известны для

¹ Цит. по: Зоммерфельд А. Термодинамика и статистическая физика. М., 1955. С. 60.

какого-либо данного момента все силы, одушевляющие природу, и относительное положение всех ее составных частей, если бы вдобавок он оказался достаточно обширным, чтобы подчинить эти данные анализу, обнял бы в одной формуле движение величайших тел Вселенной наравне с движениями мельчайших атомов: не осталось бы ничего, что было бы для него недостоверным, и будущее, так же как и прошедшее, предстало бы перед его взором»².

Мы думаем, не надо доказывать, что лапласовский детерминизм несовместим с идеей развития. Концепция (или, если угодно, парадигма, догма) однозначной причинности выражена в расхожем афоризме: «Одинаковые причины — одинаковые следствия». Встречающиеся сплошь и рядом в обычных житейских ситуациях случаи, когда, казалось бы одинаковые причины приводят к разным следствиям, всегда легко и изящно объясняются ссылкой на неполноту учета всех предшествующих обстоятельств. Это объяснение неполнотой знания до сравнительно недавнего времени находило убедительное подтверждение во всей истории человеческого познания и действия.

Радикальный переворот был здесь связан с развитием квантовой физики. Осознание радикальности этого переворота произошло в ходе нелегкой и драматической идейной борьбы как среди физиков, так и среди философов. Мельзя сказать, что сегодня достигнуто полное единодушие в понимании философских последствий квантовомеханического взгляда на природу. Однако некоторые главные результаты можно считать прочно вошедшими в общественное сознание. К ним относится утверждение объективного и фундаментального статуса понятий вероятности и неопределенности.

Как известно, основное уравнение квантовой механики — уравнение Шредингера — столь же детерминистично и линейно, как и уравнения классической механики. Но уравнение Шредингера описывает не реально наблюдаемые величины, а распределение потенциальных возможностей. Переход к реально наблюдаемым величинам связан с редукцией волновой функции, а следовательно, с нарушением однозначной причинности.

Все наши знания о мире (включая и самые общие идеи и представления) возникают в ходе отражения этого мира. У нас нет и не может быть никаких априорных принципов. Не существует никакого «черного хода», с которого мы могли бы заглянуть в дей-

ствительность «саму по себе» и подсмотреть, как там обстоит дело. Все наши идеи и принципы — это приблизительно верное отражение действительности, а не сама действительность.

На наш взгляд, адекватное философское осмысление квантовой механики связано с отказом от презумпции однозначной причинности, с принятием фундаментального характера вероятностных представлений, с признанием однозначных связей приблизительно и огрубленным выражением более глубоких и фундаментальных вероятностных связей.

ЭВОЛЮЦИЯ И НЕЛИНЕЙНОСТЬ

Рассмотренная выше идея однозначной причинности жестко связана с представлением о линейном характере причинных цепей. Эта связь может быть представлена и представлялась в самой грубо наглядной форме. Считалось, что в реальном мире существуют некие линейные цепочки причин и следствий, простирающиеся неограниченно далеко как в прошлое, так и будущее. Эти цепочки могут быть как угодно перепутаны, пересекаются друг с другом, но «лапласовский Ум» способен во всех этих пересечениях разобраться: ведь он не играет в кости, ибо для него любое выпадение очков заранее известно. Известно, в силу того, что все пересечения линейных цепочек всегда принципиально аддитивны (целое равно сумме частей при любом разбиении), — именно в этой аддитивности и состоит их линейный характер. Причина всегда равна своему следствию, а изменение следствия пропорционально изменению причины.

Эти натурфилософские представления о линейных цепочках причин и следствий находят в науке адекватное воплощение в образе линейных систем, процессы в которых описываются линейными дифференциальными уравнениями, — свойства таких систем не меняются при изменении их состояния (принцип суперпозиции).

Важную роль в классическом подходе играла возможность существования множества различных представлений одной и той же динамической системы (например, в гамильтоновой форме описания). Плодотворным было представление об интегрируемой системе: с помощью подходящего преобразования можно исключить взаимодействия элементов исследуемой системы (все сводится к свободным частицам). Вплоть до конца XIX в. считалось, что любые системы классической механики сводимы к интегрируемым. Однако, как показали Г. Э. Брунс и

² Лаплас. Опыт философии теории вероятностей. М., 1908. С. 9.

А. Пуанкаре, в ряде случаев подобная редукция невозможна, скажем, при описании движения Луны, испытывающей притяжение Солнца и Земли (частный случай задачи трех тел). Это, естественно, не означает, что концепция однозначной причинности не работает в небесной механике (во всяком случае, там все детерминировано), — речь лишь о том, что эта концепция была идеализацией, изначально присущей представлению о линейном мире.

На уровне здравого смысла и повседневной житейской практики люди, разумеется, повсеместно встречались с эффектами неаддитивности и нелинейности. Однако чтобы продвинуться от поверхностной констатации нелинейных эффектов к их действительно глубокому постижению, человеческий ум должен был пройти неизбежный этап абсолютизации линейных связей — линеаризации. В этом состоит, на наш взгляд, глубокая диалектика познания, то своеобразное отрицание отрицания, которое действительно присуще человеческому познанию.

Линеаризация предстает, таким образом, как закономерный этап развития познания и одно из выражений общей его черты, заключающейся в необходимости упрощения познаваемой реальности. Упрощение не обязательно состоит в линеаризации, но линеаризация — всегда упрощение.

В арсенале человеческого познания множество приемов упрощения. Это, например, схематизация, проводимая с ясным осознанием огрубления исследуемой реальности, идеализация, кибернетический подход в целом и т. д. В отношении последнего небезынтересно отметить, что один из основателей кибернетики У. Р. Эшби вообще определял ее как искусство упрощения без переупрощения. Он ввел в рассмотрение три рода чисел: обычные, выражаемые десятичной записью, астрономические, где число нулей записывается показателем степени, и, наконец, комбинаторные, где это число определяется лесенкой степени. Если первые два класса в какой-то степени допускают установление поэлементных связей, то для систем, число состояний в которых выражается комбинаторными числами, такое изучение становится в принципе невозможным. Кибернетика и призвана разработать приемы и методы, позволяющие справиться с этим «кошмаром сложности».

Линеаризация, как нетрудно видеть, тесно связана с идеей однозначной причинности. До известной степени даже верно, что это во многом одна и та же идея в разных выражениях. Поэтому все сказанное выше об однозначной причинности приложимо и к

линейной парадигме. Линейные связи — не произвольно предписываемые природе человеком постулаты, а приблизительно верное (но именно только приблизительно) ее отражение.

Мир классической механики был линеаризованным миром, законы которого формулировались на языке линейных дифференциальных уравнений. Эти уравнения служили не только мощным аппаратом исследования, но и теми «очками», через которые исследователь смотрел на мир и потому отбрасывал все, что невозможно в них рассмотреть.

Последнее, естественно, не означает, что наука исследовала лишь объекты, явления и процессы, которые можно было усмотреть через «очки» линейных дифференциальных уравнений. Ведь реальная действительность, действительность нашей практической жизни не состоит из абсолютно твердых шаров, катящихся по абсолютно гладким поверхностям. Реальный «биллиард» характеризуется такими нелинейными особенностями, как трение, турбулентность и т. д. И наука имела бы весьма бледный вид, если бы не выработала приемов познания и описания таких реальных объектов и процессов. Для этих целей существует множество методов научного исследования, в которых базисные уравнения сочетаются с различными поправками (теория возмущений, разложение в ряд по малому параметру, введение корректирующих коэффициентов и т. д.) и которые делают возможным познание конкретных процессов, решение конкретных задач. Но такие отступления от линейности рассматривались как незначительные и объяснялись как бы природной «необтесанностью» конкретных объектов, которые не сколько нелинейны, сколько просто неидеальны.

Однако в ходе научного познания объектами исследования начинают становиться такие явления и процессы, которые проявляют себя не просто как неидеальные, но именно как нелинейные. В XIX в. наука, сталкиваясь с такими объектами, вынуждена была отступить, ибо не было эффективных методов решения нелинейных уравнений. Да и господствовавшая картина мира не стимулировала интерес к рассмотрению подобных объектов. Более того, само их существование могло показаться абсурдным. Например, кому могло прийти в голову исследовать процессы вдали от положения равновесия и стационарности: если вблизи этого положения исследование имеет смысл и может опираться на испытанные методы линеаризованной физики (плюс необходимые уточнения),

то вдали от него такая работа представлялась бессмысленной, ибо задолго до ее завершения объект исследования будет просто разрушен. Читатель может представить себе состояние ученых, когда выяснилось, что в этих «катастрофических» областях могут существовать устойчивые динамические структуры. Оказалось, что сугубо нелинейная область хаоса структурно богата и в ней возможны свои космосы (если воспользоваться античными терминами «хаос» и «космос», которые вновь активно «заработали»).

Если бы ученые обнаружили эту структурную населенность нелинейного мира (хаоса) в предшествующие века, это могло бы породить у них острый комплекс неполноценности. Однако в XX в. произошло счастливое стечение ряда обстоятельств: если экспериментальное открытие нелинейных периодических реакций В. П. Белоусовым было встречено весьма скептически (ранее открытые явления, например ячейки А. Бенара, не проявляли со всей очевидностью своей парадоксальности в линейном мире), то теоретическое овладение ими в рамках неравновесной термодинамики И. Пригожина и синергетики Г. Хакена совпало с разработкой мощной компьютерной техники, позволяющей решать системы нелинейных уравнений, а также с развитием теории катастроф Р. Тома, благодаря чему удалось совершить решительный прорыв в той области математики, которая получила плодотворное начало в работах А. Пуанкаре прошлого века и была связана с теорией нелинейных уравнений.

Естественно, помимо таких синергетических объектов, с которыми связаны многие современные концептуальные новации, существуют многочисленные классы нелинейных систем, уже давно и плодотворно используемых в науке и технике (например, в оптике, акустике, радиоэлектронике и т. д.), — речь идет просто о системах, чьи свойства зависят от их состояния.

В этих двух случаях мы сталкиваемся с существенно различными ситуациями: в классической науке нелинейность характеризовала особый частный класс объектов, а в современной нелинейности рассматривается как универсальная и фундаментальная черта окружающей реальности.

Если теперь коротко охарактеризовать новый класс объектов, ставших предметом научного исследования, то их следует назвать эволюционными объектами. Эта характеристика может быть развернута и подвергнута анализу с разных сторон. И здесь появляется целое скопление новых понятий.

Это, во-первых, понятие нелинейности, о которой мы только что говорили. Во-вто-

рых, это самоорганизация. Развивающиеся объекты изменяют свою организацию либо под действием внешних вынуждающих сил, либо путем самоорганизации, причем для рассмотрения глобальных процессов существенно именно второе. И в-третьих, это необратимость времени. Понятие необратимости, конечно, не новое, но в классической науке она понималась скорее как эмпирически имеющая место досадная черта реальности, а задача теоретического знания усматривалась прежде всего в разработке приемов, как эту необратимость обойти. В классической термодинамике, введшей на научном уровне понятие необратимости, термодинамический процесс рассматривался как ряд бесконечно медленных равновесных, обратимых изменений.

В современных науках, как естественных, так и социогуманитарных, эволюционные процессы во все большей степени выходят на передний край исследования. Причем здесь можно заметить одно любопытное обстоятельство. В естествознании, особенно в науках физико-химического цикла, наиболее будоражащим элементом оказывается идея эволюции. Как мы старались показать, нелинейности в определенной мере учитывалась и классическим естествознанием. Правда, для ее отображения в познании приходилось, как принято говорить у физиков, «вводить руками» различные вспомогательные приемы, коэффициенты и т. д.

В науках социогуманитарного цикла (да и в биологии тоже) идея развития уже в прошлом веке получила широкое выражение. И здесь радикально новым элементом оказывается идея нелинейности. С учетом этого нам представляется весьма интересным бросить самый общий взгляд на марксову модель социального развития.

НЕЛИНЕЙНОСТЬ И МАРКСИЗМ

Идея нелинейности, широко входящая в современное научное сознание, на наш взгляд, открывает возможность посмотреть на марксову теорию общественного развития с новой стороны. Классики марксизма оценивали созданную ими доктрину, как, прежде всего, концепцию закономерного развития общества. Не случайно в их устах звучало постоянное сравнение своей концепции с дарвиновской теорией.

Марксизм претендует на описание истории человеческого общества как строго закономерного процесса возникновения, развития и гибели особых социальных организмов — общественно-экономических фор-

маций. Стоит при этом иметь в виду, что, как отмечал Ленин, в действительности Маркс описал процесс возникновения и развития лишь одной формации — капиталистической — и сам никогда не претендовал на то, чтобы начертать схему развития всего человечества. Однако от лица марксизма стала преподноситься непрерываемая схема формационного развития человечества — так называемая «пятичленка»: от первобытнообщинной формации через рабовладельческую, феодальную и капиталистическую — к коммунистической. Вопреки прямому указанию Маркса, что «ни одна общественная формация не погибает раньше, чем разовьются все производственные силы, для которых она дает достаточно простора»³, почти безраздельно господствующим стал прямо обратный тезис. Владея достигнутым законом общественного развития, люди, прежде всего авангард революционного класса — его партия, могут подстегнуть «ключу истории» и миновать те или иные формационные ступени. Была даже изобретена специальная категория исторического материализма — «минование»⁴.

Сегодня становится все более ясным, что пресловутая «пятичленка» представляет собой не просто линейную схему общественного развития, но опошленный и вульгаризованный ее вариант. Эта схема требовала, например, революционного перехода от античной рабовладельческой формации к феодализму. В речи на съезде колхозников-ударников Сталин провозгласил, что революция рабов, соединившись с нашествием варваров, с громом опрокинула рабовладельческий Рим. В романе Ю. Домбровского «Факультет ненужных вещей» красочно описывается, как, используя свои специфические методы, НКВД внедрял этот тезис в общественное сознание. При этом оказывалось неважным, что между восстанием Спартака («пик» революции рабов, если о таковой хоть в каком-то смысле можно говорить) и падением Западной Римской империи прошло пять столетий, а в Восточной Римской империи утверждение феодальных отношений вообще не сопровождалось никакой политической революцией. Схема была задана, и если факты не укладывались в нее, то тем хуже для фактов, — этот гегелевский афоризм Сталин хорошо усвоил.

Нам, однако, представляется, что нель-

зя сегодня ограничиться только разоблачением вульгаризованных и опошленных версий марксизма. На наш взгляд, и аутентичная концепция Маркса представляет результат линеаризации общественного развития, и мы не видим в этом ничего унижающего или оскорбляющего научное достоинство марксизма. Маркс действительно смог выделить и подвергнуть научному анализу экономическую составляющую человеческой истории. Эта составляющая до Маркса и Энгельса явно пребывала в тени. Как и любые первопроходцы в науке, основоположники марксизма были обречены на односторонность. В их ранних работах эта односторонность приобретала вообще явно чрезмерный характер, что в конце XIX в. признавал и сам Энгельс. Но и будучи освобожденной от чрезмерной односторонности, марксова схема, на наш взгляд, все равно остается линеаризованной концепцией.

ДВА ОСНОВНЫХ УПРОЩАЮЩИХ МОМЕНТА

Согласно этой концепции, через всю историю человечества проходит столбовая дорога экономического развития. От нее могут отходить и отходят различные ответвления. Но как для автомобильного движения есть главная дорога и есть ее пересечения с второстепенными (движущиеся по главной дороге обладают правом преимущественного проезда), так и в истории. Скажем, Энгельс в полемике с Фейербахом, утверждавшим, что все коренные перемены в истории человечества были связаны с переменами в религии, заметил, что даже в отношении трех мировых религий (христианство, буддизм, ислам) можно лишь говорить, что великие перемены сопровождались рождением новых религий.

Нам представляется, однако, что рассматривать, например, возникновение христианства лишь как сопровождение более глубоких и фундаментальных изменений в экономике, по меньшей мере, затруднительно. Можно даже сформулировать более сильное утверждение, а именно: тезис Энгельса вообще неопровержим и, следовательно, лежит за границами научного исследования. Нам этот тезис представляется проявлением линеаризованного взгляда на исторический процесс.

Как и в познании природы, исследователь общественных процессов должен создавать и создавать некоторые упрощенные схемы, линеаризует изучаемый процесс. Особенно очевидно необходимость линеаризации

³ Маркс К. и Энгельс Ф. Избр. произведения. Т. 1. М., 1948. С. 322.

⁴ Нам доводилось листать диссертацию на соискание ученой степени доктора философских наук «Категория минования в историческом материализме».

при изучении такого невообразимо сложного процесса, как историческое развитие человечества. Не претендуя на полноту, мы отметили здесь два основных упрощающих момента, введенных Марксом в свой анализ. Первый связан, если можно так выразиться, с глобально историческим взглядом на переход к коммунистической формации. Маркс отвлекался от возможных конкретных перипетий этого процесса и исходил из более или менее одновременного перехода человечества к коммунизму. Степень зрелости капиталистического общества, его готовность к такому переходу была явно переоценена и Марксом, и Энгельсом, и Лениным (что и исторически, и психологически вполне понятно).

Октябрьская революция мыслилась ее руководителями как непосредственное начало мировой пролетарской революции. Вставший затем вопрос о возможности построения социализма в отдельно взятой стране не предусматривался в первоначальном проекте. Возникшая ситуация осуществления коммунистической и капиталистической формаций радикально выпадала из первоначальной линейной схемы. Это выпадение привело к такому «нелинейному эффекту», как появление на месте запланированного в первоначальном проекте государства, которое мыслилось по-новому диктаторским (против буржуазии) и демократическим (для подавляющего большинства населения), тоталитарно-репрессивным режимом, равному которому не знала вся предшествующая история человечества.

Режим был не только репрессивным внутри страны, но и весьма агрессивным вовне. Возникшее противостояние двух систем, где с каждой из сторон предпринимались крайне неадекватные меры предосторожности, привело человечество в целом к типично нелинейной ситуации, другими словами, к той красной черте, за которой вообще могла окончиться история человечества.

Резкая конфронтация двух систем была одним из немаловажных факторов, существенно изменивших лицо классического капитализма. Бурное развитие производительных сил, идущая с середины XX в. НТР, начавшаяся в последние полтора десятка лет новая технологическая революция, наконец, борьба широких народных масс за радикальное улучшение социально-экономического положения — все это привело к тому, что в развитых индустриальных странах перестал действовать сформулированный Марксом в XIX в. закон абсолютного обнищания рабочего класса. А если к этому добавить

все возрастающее давление экологического фактора, то становится ясным радикальное отличие социально-политической ситуации в конце XX в. от реальный конца XIX в. Сейчас все больше осознается неадекватность концепции традиционно революционного преобразования капитализма в социализм.

Второе упрощающее допущение Маркса связано с проблемой товарного производства. При всей неоднозначности и многоаспектности ее трактовки Марксом, на наш взгляд, непреложной остается общая его убежденность в исторически проходящем характере товарного производства и понимании нового коммунистического общества как общества, в котором отношения людей не обязательно должны принимать форму отношения товаров, а приобретут непосредственную прозрачность и ясность. Проще говоря, люди не будут нуждаться в регулировании пропорций общественного производства с помощью рынка и товарно-денежных отношений, а смогут заменить этот стихийный, имманентно встроенный в самую ткань общества механизм внешним по отношению к обществу регулятором — сознательно составляемым и реализуемым Планом. Иными словами, место товарно-денежных отношений займет прямой продуктообмен.

О МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКОМ ПОНИМАНИИ ИСТОРИИ

В настоящее время можно считать почти общепризнанным то положение, что марксова схема, конечно, предполагала как утверждение нового строя в мировом масштабе, так и неизмеримо более высокий уровень развития материального производства (не достигнутый на сегодня и в самых высокоразвитых индустриальных странах), уровень, на котором, по словам Маркса, человек будет полностью исключен из сферы материального производства и «встанет рядом с ним как его контролер и надсмотрщик». Следовательно, переход к прямому продуктообмену не может рассматриваться как сколько-нибудь реальная перспектива. Это, в лучшем случае, дело весьма и весьма отдаленного будущего.

Однако нам представляется, что вполне правомерно обсуждение более сильного тезиса. Мысль об исторически проходящем характере товарного производства имела право на существование в XIX в., и ее выдвижение Марксом было обоснованно. Она вполне укладывается в намеченную Марксом линейную схему развития человечества. Но, во-первых, эта мысль вступает в

прямое противоречие с тем уровнем сложности, которого достигло общественное производство к середине XX в. Во-вторых, осознание уровня сложности тех систем, с которыми приходится встречаться человеку, — систем типа человеческого мозга или народного хозяйства страны — было оформлено лишь в кибернетике и кибернетическом мышлении.

В рамках кибернетики формулируется принцип (можно назвать его принципом Эшби), согласно которому сложность любого эффективного регулятора не может быть ниже сложности регулируемой системы. Это делает совершенно иллюзорными надежды на построение такого внешнего по отношению к народному хозяйству регулятора (план), который мог бы заменить имманентный регулятор (рынок). Поэтому нам кажется, что, живи Маркс в середине XX в., он никогда не сформулировал бы тезиса о замене рынка прямым продуктообменом.

Сказанное не следует понимать как покушение на основы материалистического понимания истории. Такие положения, как признание объективной обусловленности хода общественного развития, понимание общества как системного целого, а не конгломерата независимых институтов, утверждение о базисном характере экономического развития, сохраняют, по нашему убеждению, свою научную и эвристическую роль. На наш взгляд, вряд ли можно подвергнуть сомнению и такие входящие в состав материалистического понимания истории положения, как, например, тезис о том, что нельзя понять историю Французской революции, не выделив основных классов, действовавших в ней, или тезис, гласящий, что человек, лишенный собственности и во всем зависящий от поработавшей его государственной машины, не может быть свободен.

Более того, мы убеждены, что развитие нашей страны после Октябрьской революции дало блестящее доказательство правоты материалистического понимания истории, показав, что никакими политическими мероприятиями нельзя отменить законы экономического развития.

В многообразной и сложной истории человечества существуют и действуют факторы этнические, религиозные, нравственные, научные, правовые и т. п. Воздействие любого из них в определенных условиях способно давать и, видимо, дает нелинейные эффекты, подводит к точкам бифуркации (раздвоения), в которых дальнейшее течение событий может оказаться принципиально непредсказуемым. По все более крепнущему

убеждению, к числу таких нелинейных факторов в наши дни относятся и экологические, в классической марксистской доктрине вообще не учитывавшиеся.

Итак, учет нелинейности может оказаться весьма значимым не только в естествознании, но и в социальных науках, в построении концепции социальной эволюции человечества. Как известно, общество отличается от природы тем, что люди являются и зрителями, и актерами, и авторами разыгрываемой ими драмы. Еще сравнительно недавно мы с гордостью писали в учебных пособиях по историческому материализму, что в отличие от прошлых формаций, где бессмысленно было говорить о строительстве капитализма или феодализма, фундаментальное преимущество нашего строя состоит в том, что мы строим по имеющимся у нас добротным проектам величественное здание нового общества, «общепролетарский дом», по выражению А. Платонова. Итогом, как мы знаем, оказался «котлован». В этой связи сами собой всплывают в памяти слова А. Галича:

Не бойтесь тюрьмы, не бойтесь сумы,
Не бойтесь мора и глада,
А бойтесь единственно только того,
Кто скажет: «Я знаю, как надо!»

«Знать, как надо» в жизни общества — вещь невероятно сложная. Конечно, люди не действуют и не должны действовать на авось, как бог на душу положит. Их деятельность, и чем дальше, тем больше, должна основываться на научных прогнозах, на объективном и независимом исследовании. Наука не только не скомпрометирована провозглашавшимися от ее лица утопическими проектами, наоборот, сегодня получено решающее отрицательное доказательство, что без ее помощи мы всегда будем обречены только на волонтаризм и прожекторство.

В научном подходе к социальным проблемам за марксизмом навсегда сохранится подобающее ему место. Нам кажется вполне уместным сравнить материалистическое понимание истории в аутентичном марксизме и его отношении к формирующимся сейчас новым нелинейным подходам с отношением классической линейной физики к развивающимся нелинейным построениям. И как новая нелинейная физика не отменяет классической механики, так и нелинейные социальные концепции не отменяют материалистического понимания истории, а лишь покажут занимаемое им место.

«Информационная служба» внутренней среды

А. Д. Ноздрачев, А. В. Янцев



Александр Данилович Ноздрачев, доктор биологических наук, заведующий кафедрой физиологии человека и животных Ленинградского университета. Основное направление исследований — физиология вегетативной нервной системы. В 1988 г. за работы в этой области удостоен премии им. К. М. Быкова АН СССР!



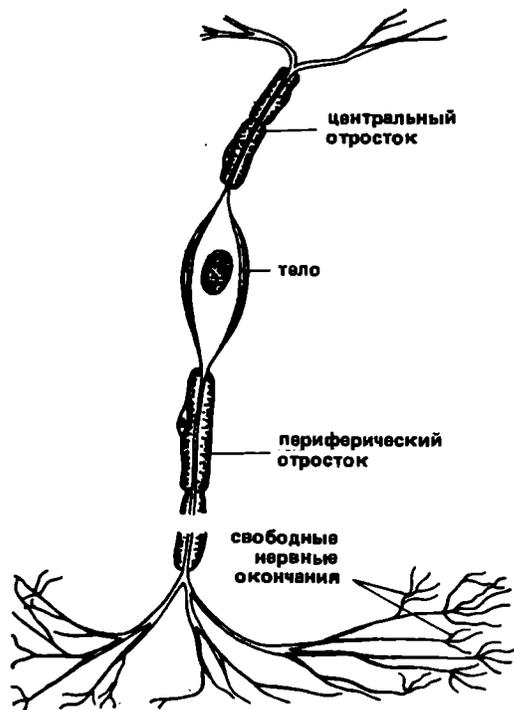
Александр Викторович Янцев, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных Симферопольского университета. Круг научных интересов — физиология вегетативной нервной системы. Лауреат премии им. Ленинского комсомола.

ДЛИТЕЛЬНОЕ время полагали, что внутренние органы почти лишены чувствительных нервных окончаний. Основанием служило простое умозаключение: раз мы не ощущаем происходящего во внутренней среде организма, значит рецепторов для восприятия раздражений нет. Да и зачем они там? Внутренняя среда стабильна — не то что внешняя, где постоянно надо быть начеку. На первый взгляд, все логично, однако при ближайшем рассмотрении несостоятельность аргументации очевидна. Спору нет, в обычном состоянии работа кишечника или почек практически не отражается в сознании, но испытывавший почечные колики надолго сохранит в памяти эти ощущения. Вряд ли уступит им и боль при стенокардии — она буквально парализует человека. Иллюстрацией может служить случай с офицером английской армии, получившим награду за мужество. Подняв солдат в атаку, он стоял на бруствере под пулями врага. Не выдержав обстрела, солдаты залегли, но командир не сошел с места, и солдаты снова пошли в бой. Лишь позднее выяснилось, что отчаянный поступок офицера был вызван приступом стенокардии, лишившим его способности двигаться. Понятно, столь сильные болевые ощущения возможны лишь при наличии во внутренних органах системы чувствительной иннервации.

Отдельные сведения об интерорецепторах (рецепторах внутренних органов) имеются в научных публикациях еще прошлого века. Но лишь к середине нашего столетия в классических работах В. Н. Черниговского и его школы были выявлены разнообразные нервные окончания, воспринимающие действие химических, механических и температурных раздражителей.¹ Результаты этих фундаментальных исследований опубликованы более 40 лет назад, но и по сей день они бесценны для физиологов, изучающих процессы рецепции во внутренней среде организма.

Хотя внешнее строение самих рецепторов (концевых окончаний нервных отрост-

¹ Черниговский В. Н. Интерорецепторы. М., 1960.



Строение чувствительного нейрона.

ков — дендритов) чрезвычайно изменчиво, среди них есть несколько наиболее типичных. Одни дендриты имеют на концах утолщения в виде колечек, петелек или пластинок, другие — пучок тончайших волоконцев, третьи — многослойную капсулу, напоминающую луковицу, уменьшенную примерно в 10 тыс. Есть и просто истончающиеся нервные окончания без каких-либо особых «украшений». Но хотя все морфологические варианты рецепторов детально описаны и классифицированы, их функциональная роль до конца не ясна.

Можно тщательно изучать особенности внешнего строения этих структур, делать измерения и микрофотографии, но даже тысячи фотоснимков не позволят установить, какую информацию поставляют данные рецепторы: реагируют ли они на изменения кислотности среды, на сокращения мышечной стенки внутренних органов или на колебания температуры? Любое из выдвинутых предположений имеет право на жизнь. Необходим эксперимент, но какой?

В ПОИСКАХ МЕТОДИКИ

Известно, что раздражитель, действуя на рецепторы, предназначенные именно для

его восприятия, вызывает в нервных окончаниях слабый электрический ток. Когда раздражение достигает порога, возникают импульсы, передаваемые в центральную нервную систему по дендритам. Регистрируя электрические сигналы и действуя на чувствительные нервные окончания различными раздражителями, можно определить, на что же именно данный рецептор реагирует. Но ввести микроэлектроды в окончание рецептора крайне трудно из-за ничтожных размеров рецепторов. Можно, правда, вживить электроды в нерв, диаметр которого у лабораторных животных достигает нескольких миллиметров. Однако здесь появляется сложность иного рода.

Нервный ствол, за редчайшим исключением, состоит не только из дендритов — каналов передачи информации от рецепторов к центральной нервной системе, но и из аксонов, передающих импульсы-команды к исполнительным органам. Для большей наглядности воспользуемся аналогией с телефонным кабелем между двумя городами. Подключившись наугад к одному из каналов связи, можно услышать разговор абонентов (не станем обсуждать этическую сторону подобных действий), но установить, в каком городе находится тот или иной участник беседы, затруднительно, особенно если беседа ведется на непонятном языке. Самое простое решение проблемы — перерезать нерв выше того места, где установлены электроды. В этом случае будут регистрироваться только сигналы снизу, т. е. от рецепторов. Но такое решение нельзя считать безвредным для экспериментального животного.

Одним из авторов разработан метод, который позволил обойти это затруднение². Не вдаваясь в технические подробности, скажем лишь, что необязательно рассекал нервный ствол, чтобы устранить поток сигналов от клеток мозга, достаточно охладить участок нерва до 4—6 °С. После опыта состояние этого участка восстановится. Есть и другие технические решения этой задачи³.

Так физиологи убедились, что интенсивная работа внутренних органов действительно сопровождается мощными потоками электрических разрядов в чувствительных окончаниях. И наоборот, в покое частота импульсов снижается. Электроды, пронзающие нерв, улавливают сигналы не одного волокна, а сразу целой группы. Естествен-

² Ноздрачев А. Д. // Успехи физиол. наук. 1976. Т. 7. С. 42—68.

³ Ноздрачев А. Д. Вегетативная рефлекторная дуга. Л., 1978.

но, лучше при этом «прослушиваются» волокна, находящиеся у электродов. Распространяющиеся по ним потенциалы на экране регистрирующего прибора выглядят как высокоамплитудные пики. Сигналы удаленных волокон затухают и имеют меньшую амплитуду. Это напоминает запись на магнитофон: громче и четче звучат голоса тех, кто находится ближе к микрофону.

Анализ записанных сигналов осложняется тем, что сигналы от разных волокон накладываются, суммируются и общая картина искажается, получается, как в неслаженном хоре, в котором непросто выделить голоса отдельных исполнителей. Затруднение удалось преодолеть, когда научились вычленять из общего нервного ствола одиночные нервные волокна.

Хотя в руках современных исследователей имеются тончайшие инструменты и совершенные оптические приборы, выделить одиночное нервное волокно по сложности примерно то же, что подковать блоху. А ведь нужно еще и закрепить волокно на электродах. Сегодня удается это осуществить лишь в «остром опыте», т. е. во время хирургической операции. К сожалению, в этом случае получаемые результаты не совсем точны, ибо условия нельзя признать достаточно физиологичными по ряду причин. Прежде всего, это влияние наркоза, который, действуя на головной мозг и погружая животное в наркотический сон, угнетает и процессы на периферии — в мышцах, внутренних органах, вегетативных нервных узлах, в том числе и процессы рецепторного восприятия. Кроме того, любая хирургическая операция сопровождается кровотоком, на борьбу с которым мобилизуются подкорковые нервные механизмы, рефлекторно меняющие тонус сосудов и перераспределяющие кровь так, чтобы не нарушалось снабжение кислородом и питательными веществами наиболее важных участков, и прежде всего головного мозга. Большинство же внутренних органов, например желудок, кишка или мочевого пузыря, выпадают из «льготного списка». Вряд ли можно считать нормальной работу рецепторов при нарушенном кровоснабжении. Далее при вскрытии стенки брюшной полости меняется естественная терморегуляция находящихся здесь органов. Снижение же температуры нарушает работу чувствительных окончаний и ухудшает их способность проводить возбуждение⁴.

Есть и другие неблагоприятные факторы, вносящие погрешность в данные эксперимента: подсыхание нервных волокон на электродах, извращение естественных рефлекторных реакций, изменение химического состава крови. В условиях «острого опыта» невозможны повторные исследования, опыт поневоле ограничен во времени; кроме того, на неподвижном спящем животном не изучить работы интерорецепторов в разнообразных естественных состояниях организма и т. д. Итак, возможности «острого опыта» не удовлетворяют ученых.

Гораздо удобнее «хронический эксперимент» на бодрствующем животном. Конечно, без операции и здесь не обойтись, но в этом случае, отделив нервное волокно и вживив электроды, можно не спешить с записью сигналов, а, зашив рану, выводить животное и лишь затем проводить наблюдение. Однако по чисто техническим причинам это пока невозможно: нервное волокно в несколько микрометров не выдержит веса металлических электродов. Поэтому физиологи идут на различные ухищрения. Мы расскажем здесь лишь об одном остром решении проблемы.

Около 10 лет назад канадские физиологи разработали оригинальный метод записи электрических сигналов в хроническом эксперименте. В крошечной пластмассовой пластинке лучом лазера прожигали отверстия, на края которых наносился тонкий слой металла. Каждое отверстие служило самостоятельным электродом, оставалось лишь поместить в него нервное волокно. Сделать это, не рассекая нерв, невозможно, поэтому нервный ствол частично перерезали и в образовавшийся надрез вставляли пластинку. При восстановлении нерва некоторые волокна проникали в отверстия, так что, подключив электроды к аппаратуре, удалось записать нервные сигналы.

РАСШИФРОВКА ИМПУЛЬСНОГО КОДА

Запись рецепторных импульсов — лишь полдела, их нужно еще расшифровать. Более чем за 50 лет, прошедших со времени первых исследований электрических сигналов чувствительных волокон, проведенных профессором Кембриджского университета Э. Эдрианом, физиологи получили обширный материал, раскрывающий принципы кодирования и передачи информации в нервной системе. Так, нанося раздражение на внешнюю или внутреннюю поверхность какого-либо органа, выявили группу рецепторов, особо чувствительных к действию ме-

⁴ Н о з д р а ч е в А. Д. Физиология вегетативной нервной системы. Л., 1983.

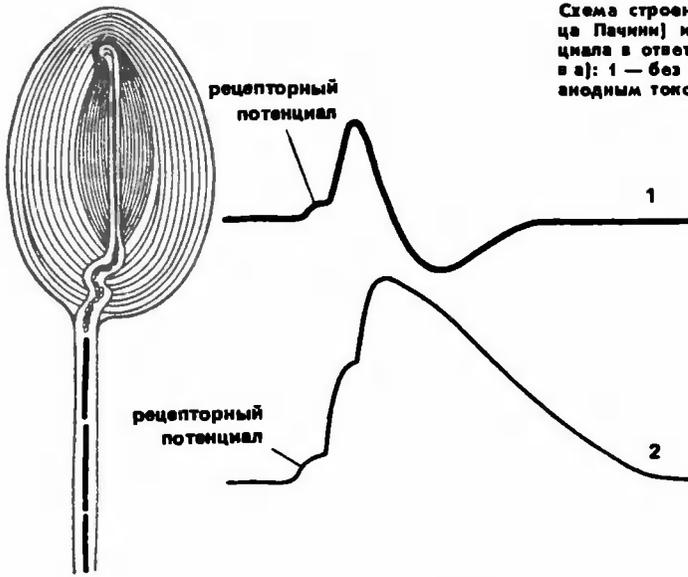


Схема строения одного из механорецепторов (тельца Пачини) и изменение его электрического потенциала в ответ на механическое раздражение (справа): 1 — без поляризационного тока, 2 — с поляризационным анодным током.

механических раздражителей. Их назвали механорецепторами.

Самые чуткие механорецепторы отвечали на прикосновения генерацией 2—3 импульсов. Такая же серия импульсов появлялась, когда раздражитель отнимали от стенки органа. Рецепторы действовали просто: возникает раздражение — сигнал в нервный центр; раздражение прекращается — снова направляется сообщение. Поскольку эти рецепторы фиксируют только начало и конец раздражения, их назвали «он — off»-рецепторы (в пер. с англ. «включать — выключать»). Такие рецепторы встречаются в различных органах: сердце, желудке, кишечнике, мочевом пузыре и т. д. Их задача — информировать об изменениях в действии механических раздражителей, независимо от интенсивности, т. е. отмечать сам факт изменений.

Иное назначение у рецепторов, отвечающих на механическое раздражение десятками, а порой и сотнями сигналов с постепенно уменьшающейся частотой. Зачастую ответ прекращается еще до окончания раздражения, и снятие нагрузки они уже не «замечают». Их «скорострельность» пропорциональна силе раздражения, т. е. чем больше давление на стенку органа, тем плотнее и длительнее разряд, так что специализируются они на передаче информации об интенсивности изменений.

Есть и еще один тип рецепторов, реагирующих на прикосновение электрическими импульсами с частотой, постоянной в

течение раздражения. Сколько длится давление на стенку органа, столько же работают рецепторы этого типа. Их роль — сообщить о том, как долго действует раздражитель.

Таким образом, механорецепторы формируют нервные центры об особенностях действия раздражителя: интенсивности, длительности и изменениях. Свои сообщения они кодируют сериями электрических сигналов со своеобразным рисунком разряда. Разумеется, механорецепторы присутствуют вовсе не для того, чтобы регистрировать прикосновения волосков кисточки. В естественных условиях они воспринимают изменения тонуса мышечной стенки, например, при наполнении мочевого пузыря или заполнении желудка пищей, а также контролируют ее сокращения. Эти рецепторы располагаются в гладкой мускулатуре различным образом: вдоль или поперек длинной оси органа или под другим углом. В результате нервный центр получает детальную информацию об изменениях во всех участках стенки органа.

Механорецепторы органов брюшной полости передают в центральную нервную систему не только сигналы о сокращениях мышечной стенки, но и импульсы, синхронизированные с ритмом дыхания и сердечной деятельности. Казалось бы, такая сигнализация совершенно излишняя. На самом деле постоянный обмен информацией между органами дыхания, сердечно-сосудистой системы и нервными центрами, контроли-

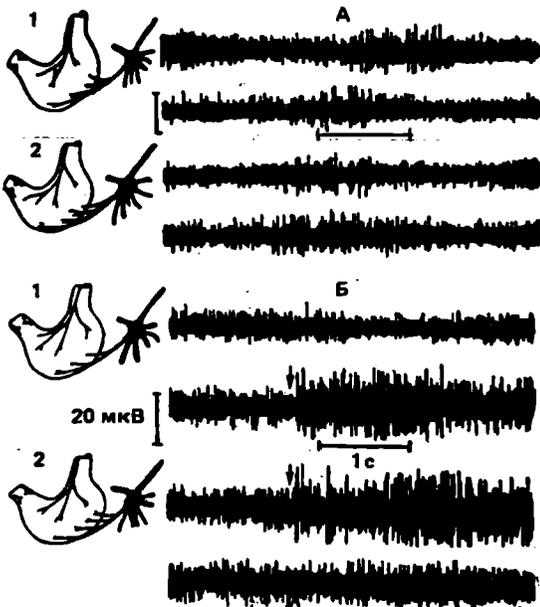
рующими их деятельность, оправдан и необходим. Но зачем кишке или желудку «вмешиваться в чужие дела»? Неужели без этого пища будет хуже перевариваться?

Вряд ли сейчас можно дать однозначный ответ. Видимо, такие синхрои́мпульсы имеют двоякое значение. Их постоянная генерация, во-первых, свидетельствует о том, что нервные центры, куда поступает информация, должны учитывать ее в своей работе, и, во-вторых, отражает влияние ритмов дыхания и сердечных сокращений на деятельность органов брюшной полости: желудка, печени, почек, селезенки, желез внутренней секреции.

Сердечная и дыхательная ритмика создают изменчивый фон, на котором разворачиваются все процессы жизнедеятельности, а они, в свою очередь, также имеют определенную периодичность. Взаимодействие множества ритмов определяет состояние организма в каждый момент времени. Иными словами, можно ожидать существования скоротечных оптимумов функционального состояния организма, сменяющихся столь же кратковременными спадами.

Один из принципов древней восточной системы рукопашного боя кунфу (строго говоря, это не только приемы защиты и нападения, но и система философских взглядов) основывается на убеждении, что наиболее сокрушительный удар будет нанесен противнику в том случае, если удастся правильно уловить миг, когда его организм будет находиться в наиболее уязвимом состоянии. Не подводя научную базу под уличное мордобитие или его узаконенный «спортивный» вариант (да простят нас приверженцы бокса), рискуем высказать предположение, что последствия любых экстремальных влияний будут определяться не только и не столько их интенсивностью, сколько моментом приложения. Если это действительно так, то воздействия, предъявляющие особые требования к организму, полезно согласовывать с ритмикой его функциональных состояний, будь то прием сильнодействующего лекарства или сеанс гипноза, хирургическая операция или прыжок через трещину ледника.

Но реально ли это? Ведь нет прибора, который звонком или движением стрелки указывал бы этот момент. Однако, возможно, люди — одни лучше, другие хуже — подсознательно улавливают мгновения высшей готовности своего организма. В наиболее выраженной форме это должно проявляться у тех, кто по роду своей деятельности часто действует в экстремальных ус-



Регистрация электрической активности механорецепторов в желудочной ветви солнечного сплетения [1] и в большом чревном нерве [2] собаки вне пищеварения [А] и в момент начала еды [Б]. Стрелками отмечен момент начала еды.

ловиях, испытывая свой организм (например, у спортсменов).

Прежде чем поднять штангу или оттолкнуться от доски при прыжках в воду, спортсмен готовится. Мышцы тела расслабляются, все окружающее отступает на задний план, мысленно проигрывается движение с фиксацией внимания на конечном результате. И внезапно — мышечный взрыв, полное высвобождение накопленных сил. Что же явилось побудительным толчком к действию? Можно предположить, что концентрация внимания на собственном организме и расслабление мышц помогают выявить сигналы внутренних органов. Рецепторы есть и в скелетных мышцах, и в стенках внутренних органов. Мышцы тела, находясь в тонусе, ритмично сокращаются, возбуждают многочисленные механорецепторы, от которых в центральную нервную систему устремляются мощные потоки импульсов. В мозг направляется информация и от внутренних органов, но в активном состоянии организма, в движении, доминируют сигналы от скелетных мышц. Подобно тому, как шелест листвы, неслышимый на фоне звуков городского транспорта, различим ночью, когда движение замирает, в организме расслабление мышц дает возможность уловить естественную ритмику его функционального со-

стояния. Хотя это предположение не решает вопроса, где же в центральной нервной системе находится «тренер», дающий сигнал к действию, оно позволяет объяснить значение аутогенной подготовки спортсмена, важнейшее условие которой — расслабление мышц. Кроме того, оно дает пищу для размышлений, почему порой перспективный спортсмен показывает слабый результат. Может быть, стартовый сигнал приходится не на период функционального оптимума, а на противоположную фазу персонального ритма?

НЕ ТОЛЬКО МЕХАНОРЕЦЕПТОРЫ

Восприятие механических раздражителей — лишь одна сторона деятельности рецепторного аппарата. Для создания целостной картины в нервные центры должны поступать сведения и о химических изменениях внутренней среды: концентрации биологически активных веществ в крови, величине рН, составе пищи и т. д. Что касается контроля за кислотностью среды, то в слизистой оболочке найдены различные рН-чувствительные хеморецепторы, следящие за тем, чтобы концентрация водородных ионов не вышла за границы допустимого⁵. На хеморецепторы, подающие сигналы тревоги при чрезмерной кислотности среды, падает основная нагрузка. Ведь высокая кислотность встречается в естественных условиях относительно часто, например, при воспалительных процессах, интенсивной мышечной работе, заболеваниях желез внутренней секреции и даже при несбалансированном питании. Отклонение же величины рН крови всего на 0,1 может привести к глубоким нарушениям и даже гибели организма. Отсюда ясно, сколь важна роль кислоточувствительных хеморецепторов. Хотя щелочная реакция наблюдается сравнительно редко (скажем, при некоторых заболеваниях дыхательной системы), в организме имеются и щелочочувствительные рецепторы, вырабатывающие импульсы при избытке ионов OH^- .

Меньше известно о рецепторах желудочно-кишечного тракта, воспринимающих различные компоненты пищи. Следуя формальной логике, можно предположить, что для восприятия каждого компонента пищи должен существовать свой тип рецепторов. Но поскольку химический состав любого пищевого продукта чрезвычайно сложен, по-

требовалось бы огромное многообразие чувствительных рецепторов для детального анализа, допустим, сливочного масла. А если взять к примеру какое-либо изысканное блюдо — утку с яблоками или антрекот под грибным соусом? Чтобы лучше осознать всю абсурдность подобной организации рецепторного восприятия, представьте пишущую машинку с десятком тысяч клавиш, на каждой из которой значится одно слово. Каково было бы работать с таким монстром оргтехники? Охарактеризовать его можно кратко: конструкция сложная и малоэффективная. Гораздо удобнее составлять слова из отдельных букв.

Столь же сложно и малоэффективно иметь самостоятельный хеморецептор для каждого химического соединения, какое только может попасть в желудок. Да оно и бессмысленно, так как назначение пищеварительного тракта — не исследовать, что туда поступило, а использовать пищу для поддержания жизнедеятельности организма. Скорее всего существует лишь ограниченный набор рецепторов, специфично возбуждающихся наиболее важными химическими соединениями, которые обычно присутствуют в пище. «Вероятнее ожидать», «можно предположить» — поневоле приходится употреблять эти обороты, поскольку, какие это соединения и сколько их — пока не ясно. Есть убедительные данные о наличии в пищеварительном тракте специфических рецепторов глюкозы, похоже, что существуют и чувствительные к хлористому натрию, об остальных трудно сказать что-либо определенное.

Хеморецепторы располагаются не только в слизистой оболочке желудка и кишки, но и в других зонах контроля за химическим составом среды. Так, в печени рецепторы следят за концентрацией ионов калия и натрия, в сердце — за содержанием кислорода в крови и т. д. Из многочисленных рецепторов различных аминокислот особая роль у тех, которые контролируют содержание глутаминовой кислоты — ведь среди свободных аминокислот, содержащихся в мозге, бесспорное лидерство принадлежит ей (в 100 г вещества нервной ткани около 150 мг глутаминовой кислоты, т. е. гораздо больше, чем любой другой).

Глутаминовая кислота — соединение, не только широко распространенное в нервной системе, но и чрезвычайно важное, так как обладает способностью связывать образующийся в процессах обмена веществ аммиак и выводить его из организма. Не будь этого, высокотоксичный аммиак мог бы натворить много бед в работающих клетках.

⁵ И т и н а Л. В. Рецепторная функция тонкой кишки. Минск, 1972.

Благодаря высокой физиологической активности глутаминовую кислоту и ее соли применяют в медицине при ослаблении памяти и истощении нервной системы. Известен и еще один неожиданный эффект, вызываемый ею.

Издавна на Дальнем Востоке в качестве приправы использовали порошок из сушеных морских водорослей (главным образом, из морской капусты). Не обладая выраженным вкусом, этот порошок тем не менее делает любую пищу чрезвычайно аппетитной и вызывает ощущение сытости. В 1909 г. японский исследователь К. Икеда выделил действующее начало этой приправы — глутаминовую кислоту. Безвредность ее применения в разумных дозах и относительная простота получения обусловили широкое производство глутаминовой кислоты во многих странах мира. Глутаминовая кислота в виде натриевой соли — самая распространенная после поваренной соли приправа; ее добавляют в мясные и овощные блюда, пиво, консервы. На пакете с любыми концентратами почти наверняка есть слова «содержит глутамат натрия». Предостерегаем, однако, желающих любой ценой восстановить утраченную стройность фигуры от самостоятельных экспериментов с глутаматом натрия: в больших дозах, да еще натощак, он может вызвать болезненное состояние.

Существуют ли специфические рецепторы глутаминовой кислоты и где они располагаются — пока неизвестно. Нет ответов на эти вопросы и для рецепторов других аминокислот, многие из которых тоже играют важную роль в организме. Решение этих вопросов и выяснение механизмов восприятия химических соединений — дело будущего.

РЕЦЕПТОРЫ БОЛИ?

Крайне скудны и противоречивы сведения о терморепреции. Одни физиологи убеждены, что в стенках внутренних органов имеются рецепторы, воспринимающие колебания температуры по аналогии с холодо- и теплочувствительными нервными окончаниями кожи, другие — что температурные изменения могут возбуждать любые рецепторы.

Нет согласия среди специалистов и по поводу болевой чувствительности. То, что заболевания органов грудной и брюшной полости способны порождать сильнейшую боль, — ни у кого сомнения не вызывает. Спор идет о том, насколько специфичны рецепторы боли. На эту роль могли бы пре-

тендовать свободные нервные окончания, в виде кустиков, колечек, капсул и т. п., имеющие дополнительные структуры. Поскольку любой повреждение ткани сопровождается образованием и накоплением на этом участке особых химических веществ, возможно, что сигнал тревоги могут посылать и хеморецепторы. Нельзя, наконец, исключить, что чувство боли появляется, когда раздражение превышает определенный порог, вследствие чего на данном участке возбуждаются все рецепторы. Например, при спазме участка кишечника это не только механорецепторы, которым и положено следить за изменениями мышечного тонуса, но и хеморецепторы, которым эта функция в обычных условиях несвойственна. И наоборот, повреждающее действие химического вещества может сопровождаться возбуждением хемо- и механорецепторов, а мощный поток импульсов, направляемый при этом в центральную нервную систему, возможно, и формирует чувство боли.

Неполадки в работе какого-либо органа могут вызывать болевое ощущение не только в этом органе, но и так называемые отраженные боли в участках тела, казалось бы, никакого отношения к нему не имеющих. Так, заболевания желудка сопровождаются болью в затылке, а почечнокаменная болезнь — в паховой области. Дело в том, что любой внутренний орган имеет одно или несколько «представительств» на поверхности тела. Проекция эти, постоянные для каждого человека, хорошо изучены. Для печени она ниже правой грудной мышцы, почек — в поясничной области, мочевого пузыря — у пупка, сердца — в левой части грудной клетки и на внутренней стороне левой руки. В большинстве случаев отраженные боли возникают на участке, близком к больному органу. Но есть и исключения, например, заболевания легких вызывают отраженные боли на поверхности шеи. Впрочем, это не так уж удивительно — у эмбриона органы дыхания закладываются в шейном отделе, и хотя позднее они смещаются в грудную область, остаются связанными с ним.

Отраженная боль может проявляться не сильным болевым ощущением, а слабее — повышенной реактивностью кожи с выраженной окраской. Многим людям с хроническими заболеваниями сердца знакомо особое ощущение на коже левой руки, когда даже легкое прикосновение одежды вызывает мучительную реакцию, напоминающую одновременно боль, зуд, онемение, покалывание, жжение и что-то еще, трудно поддающееся описанию. Существование кожных

проекции внутренних органов облегчает работу врача, ставящего диагноз.

Несмотря на несомненные успехи в изучении рецепторов внутренних органов, достигнутые нейроморфологами, с одной стороны, и нейрофизиологами — с другой, между ними еще нет полного согласия. Первые находятся в положении человека, видящего клавиши музыкального инструмента, но лишенного возможности прикоснуться к ним и не знающего, какие звуки можно извлечь с их помощью. Вторые слышат мелодию, но и только. При обоюдном стремлении к единению пока еще не удалось перекинуть надежный мостик взаимопонимания между обеими сторонами. Сейчас можно лишь в отдельных случаях установить соответствие морфологических данных и результатов электрофизиологических экспериментов. Например, похоже, что упомянутые «луковицы» — это «on-off»-рецепторы, а клубочковидные окончания — хеморецепторы. В остальном пока приходится довольствоваться догадками и предположениями. И все же не будем пессимистами — техника физиологического эксперимента быстро совершенствуется, и это позволяет надеяться на близкое решение проблем интерорецепции, в исследовании которой есть еще одно направление. Классическая нейрофизиология отказывала чувствительным нейро-

нам в праве «поселения» вблизи внутренних органов. Считалось, что они встречаются только в головном мозге и спинномозговых нервных узлах. Однако в последние годы ограниченность таких представлений становилась более очевидной⁶. Специальными экспериментами показано, что огромное количество различных чувствительных нейронов располагается в нервных сплетениях, пронизывающих стенки внутренних органов. Получается, что кишка и желудок, сердце и мочевой пузырь содержат свою собственную службу информации. Но еще более важно, что здесь же, на периферии, сосредоточены и другие клетки, осуществляющие анализ и переработку поступающей чувствительной информации и формирующие команды управления. Иными словами, оказалось, что внутренние органы обладают хорошо развитой системой саморегуляции, способной работать даже без вмешательства головного и спинного мозга. Выяснение взаимоотношений различных клеточных элементов этой так называемой метасимпатической нервной системы представляет, как нам кажется, одну из наиболее интересных задач современной нейрофизиологии.

⁶ Булыгин И. А., Калюнов В. Н. Рецепторная функция симпатических ганглиев. Минск, 1974; Булыгин И. А., Солтанов В. В. Электрофизиологический анализ висцеральных афферентных систем. Минск, 1973; Косицкий Г. И. Афферентные системы сердца. М., 1975; Солтанов В. В. Механизмы саморегуляции вегетативных функций. Минск, 1989.

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:

117810, ГСП-1, Москва, Мароновский пер., 26, «Природа». Международный телекс 411612 IZAN. Тел. 238-24-56.

«Спицы» в кольце Сатурна

П. В. Блюх, В. В. Ярошенко



Павел Викторович Блюх, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Радиоастрономического института АН УССР. Основные работы в области космической радиофизики. Автор ряда монографий. В «Природе» опубликовал статьи: Гравитационные линзы (совместно с А. А. Миннаковым; 1982, № 11); Глобальные электромагнитные резонансы (совместно с А. П. Николаевко; 1986, № 4); Спиральные волны в космосе и металле (совместно с М. И. Кагановым; 1988, № 8).

Виктория Викторовна Ярошенко, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник того же института. Занимается космической радиофизикой и физикой плазмы.

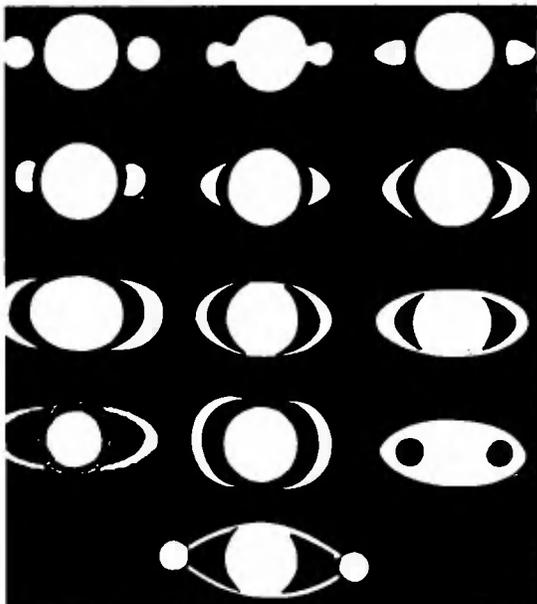
СОБЫТИЕ отношения человечества с Сатурном начались в 1610 г., когда Галилей в подзорную трубу обнаружил, что вторая по величине планета Солнечной системы выглядит странно. Казалось, что по краям ее диска имеются утолщения, напоминающие ручки вазы¹. В те годы ученые не торопились сразу оповещать мир о своих открытиях, но тем не менее Галилей послал своим друзьям зашифрованное сообщение — анаграмму: «Самая далекая планета оказалась тройной». (Он принял «кушки» кольца за два близких спутника Сатурна.)

Через два года это странное «украшение» исчезло, и Галилей решил, что ошибся в своем предположении. Однако спустя еще два года «боковые звезды» около Сатурна появились вновь. И только в 1659 г. Х. Гюйгенс объяснил наблюдаемое явление, предположив, что Сатурн окружен очень тонким кольцом, почти невидимым, когда

оно повернуто к Земле ребром. С тех пор по мере построения новых больших телескопов постепенно выявилась сложная структура кольца. Выяснилось, что оно не сплошное, а состоит из нескольких концентрических колец, между которыми имеются промежутки. В XVIII в. появились первые работы по динамике колец и стали высказываться гипотезы о природе составляющих их частиц. Объем наблюдений нарастал, стимулируя новые теоретические работы. Казалось, больше никаких сюрпризов Сатурн не преподнесет.

Так продолжалось до конца 1979 г., когда астрономов буквально захлестнул поток новых, подчас совершенно неожиданных данных. Их принесли радиосигналы американских автоматических межпланетных станций «Пионер-11», «Вояджер-1» и «Вояджер-2». Эти космические зонды, оснащенные среди прочих приборов телевизионной аппаратурой, пролетели в непосредственной близости от Сатурна в сентябре 1979 г., ноябре 1980 г. и августе 1981 г. соответственно. После расшифровки телевизионных сигналов давно известные «клас-

¹ Сравнение с вазой оказалось весьма долговечным. В современной англоязычной литературе по планетологии термин «ваза» (ручка, ушко) называют выступающие за границы видимого диска части кольца.



Зарисовки колец Сатурна, сделанные в XVII в. [Из кн. В. Мейера «Мірозданіе». Спб., 1900]. Первый рисунок принадлежит Галилею [1610 г.], последний — Дж. Риччиоли [1650 г.].

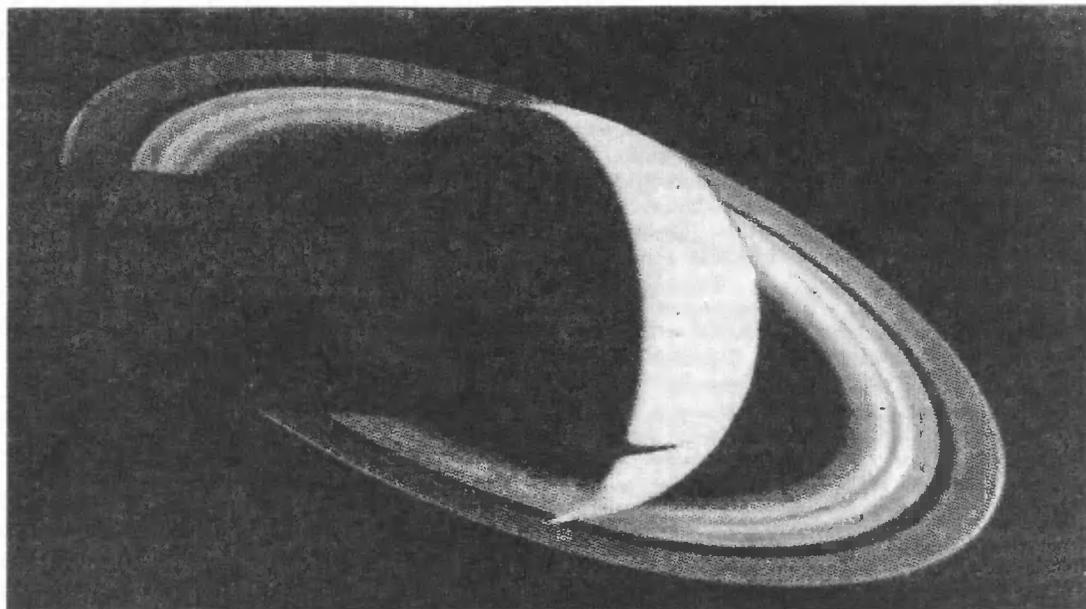
Изображение Сатурна, переданное на Землю «Вояджером-1» с расстояния около $5 \cdot 10^8$ км от планеты. Видны три основных кольца: наружное А, среднее В и внутреннее С. Между кольцами А и В расположена щель Кассини.

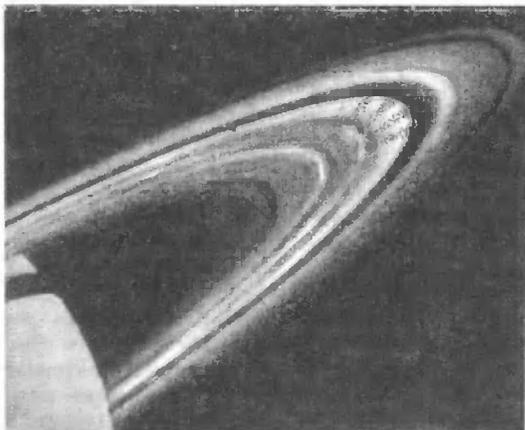
сические» кольца А, В и С «распались» на множество узких колечек. Так, кольцо В шириной 25,5 тыс. км оказалось как бы составленным из 1000-километровых колец; те, в свою очередь, — из 100-километровых и т. д., вплоть до 100-метровых колечек. Толщина же всего кольца была удивительно мала — около 30 м. В промежутке между кольцами А и В (деление Кассини) также было обнаружено множество колечек; в тонком кольце F замечены странные переплетения, а наиболее яркое кольцо В, как оказалось, имеет «спицы»!

«Спицы» произвели настоящую сенсацию. За 10 с лишним лет, прошедших с момента их открытия, было предложено много гипотез, объясняющих природу этого удивительного явления. Мы расскажем об основных, а начнем с того, что опишем...

КАК ВЫГЛЯДЯТ «СПИЦЫ» В КОЛЬЦЕ САТУРНА

Как и спицы любого колеса, они расположены почти вдоль радиусов. Надо сказать, что само существование радиальных структур в планетарном кольце бросает вызов всем традиционным представлениям. Дело в том, что, согласно законам Кеплера, более далекие от планеты области широкого кольца В вращаются медленнее, чем близкие. Поэтому любое радиальное образование должно искривляться и размываться за несколько десятков минут. Однако





«Спицы» в кольце В (негативное изображение). Снимок «Вояджера-1».

«спицы» живут значительно дольше, до десятка часов (время жизни отдельного образования 10^3 — 10^4 с), хотя «кеплеровское размытие» в них все же обнаруживается. Характерные размеры «спицы» — примерно 10 тыс. км вдоль радиуса и около 1 тыс. км вдоль орбиты кольца. Они то появляются, то исчезают. На фотографиях «спицы» кажутся темными в отраженном свете и светлыми — в прямом. Это позволяет предположить, что состоят они из частиц, которые в основном рассеивают солнечные лучи, а не отражают их. Следовательно, речь идет о микронных и субмикронных частицах.

До недавнего времени структуру колец Сатурна объясняли исключительно действием гравитационных сил. Однако как только были обнаружены «спицы», возникло предположение, что они каким-то образом связаны с электромагнитным взаимодействием, поскольку вращаются почти синхронно с магнитосферой Сатурна. Разнообразие «электромагнитных» гипотез столь велико, что их авторам следовало бы по примеру Галилея зашифровать свои идеи в анаграммах, пока дополнительные данные не позволят установить истину. Однако в наше время так не поступают, выдвигаются самые неожиданные гипотезы. Начнем с тех из них, согласно которым...

«СПИЦЫ» ВИДНЫ ПОТОМУ, ЧТО В НИХ НЕСИММЕТРИЧНЫЕ ЧАСТИЦЫ ПЫЛИ ОРИЕНТИРОВАНЫ НЕ ТАК, КАК В КОЛЬЦЕ

Продолговатые пылинки, вообще говоря, ориентируются беспорядочно, но в сильном электрическом поле \vec{E} они поляризуют-

ся и вытягиваются вдоль силовых линий. Если электрическое поле в кольце направлено вдоль радиуса, возникают области с преимущественной радиальной ориентацией таких частиц. Рассеивающие свойства этих областей отличаются от соседних, что и создает необходимый контраст как в отраженном, так и в проходящем свете. Но откуда в кольце берутся сильные электрические поля? Предполагается, что в атмосфере Сатурна существуют сильные восточные ветры, захватывающие и ионосферу. В ионосферной плазме, движущейся со скоростью \vec{V} в магнитном поле планеты

\vec{B} , возникает электрическое поле $\vec{E} = \frac{1}{c}[\vec{V}\vec{B}]$,

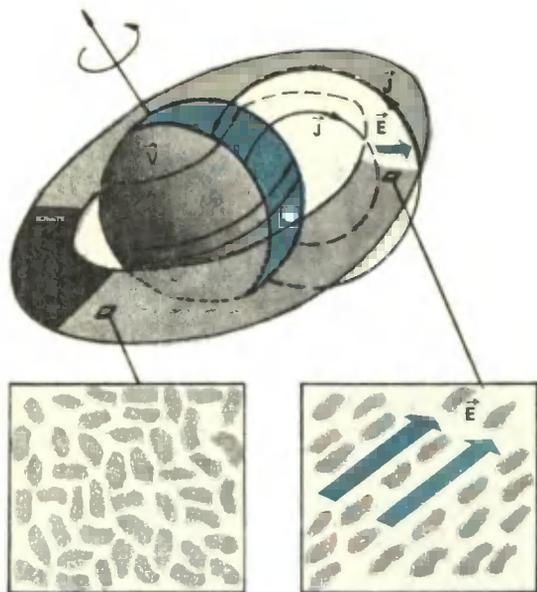
порождающее ток вдоль силовых линий магнитного поля. В результате электрическое поле переносится в область кольца². По оценкам авторов этой гипотезы, разность потенциалов на расстоянии, равном ширине кольца В, может достигать 10 кВ; этого достаточно для поляризации и радиальной ориентации пылинок микронных размеров. Таким образом, возникновение «спицы» связывается с метеорологическими условиями на Сатурне. Иначе говоря: подул сильный ветер — возникла «спица». Критикуя предложенную схему, оппоненты ссылаются на то, что эффективная ориентация частиц возможна только в том случае, когда пылинки обладают особыми электромагнитными свойствами³. Это, однако, маловероятно, поскольку, скорее всего, пылинки представляют собой частички льда.

Среди «ориентационных» гипотез имеется и такая, в которой делается прямо противоположное предположение: повсюду в кольце частицы ориентированы более или менее регулярно, а в «спицах» — хаотически⁴. Как и в первом случае, считается, что частицы имеют вытянутую форму, но, обладая заметными магнитными свойствами, намагничиваются в магнитном поле планеты и ориентируются так, что ферро- и парамагнитные пылинки выстраиваются вдоль силовых линий перпендикулярно экваториальной плоскости кольца, а диамагнитные (если таковые существуют) располагаются в этой плоскости. Но если в какой-нибудь области кольца возникает магнитная аномалия (например, неоднородность магнитного поля Сатурна), такая регулярно

² Carbery J. F., Bythrow P. F., Mitchell D. G. // Geoph. Res. Lett. 1982. V. 9. N 4. P. 420—422.

³ Weinheimer A. J., Few A. // Geoph. Res. Lett. 1982. V. 9. N 10. P. 1138—1142.

⁴ Давыдов В. Д. // Космич. исслед. 1982. Т. 20. № 3. С. 460—471.



«Спица» как зона упорядоченной ориентации частиц под действием электрического поля \vec{E} , перпендикулярного износферы Сатурна в область кольца (\vec{J} и \vec{v} — ток в иносфере и скорость ее вращения).

ориентированная структура нарушается, оптические характеристики пыли меняются и возникает «спица».

В предложенной гипотезе естественным образом объясняются некоторые свойства «спицы», например их «тяготение» к синхронной орбите, для которой угловая скорость вращения планеты (и ее магнитного поля) совпадает с кеплеровской скоростью, зависящей от радиуса орбиты. В окрестности синхронной орбиты частицы дольше всего подвергаются действию магнитных аномалий, что позволяет им переориентироваться. Еще одна особенность — «спицы» имеют тенденцию вытягиваться в направлении от синхронной орбиты к более близким. Это легко объяснить, если учесть, что магнитное поле с удалением от планеты убывает как r^{-3} и действует сильнее во внутренних областях кольца.

Итак, как будто бы все хорошо, но, объяснив таким образом природу «спицы», предстоит еще понять, почему магнитные аномалии на Сатурне то возникают, то исчезают и из чего состоят пылинки, если они способны так эффективно взаимодействовать с магнитным полем. Кроме того, в рассмотренных гипотезах частицы колец, хотя и чувствуют внешнее электрическое или магнитное поле, но сами электрически нейтральны. На самом же деле имеются веские основания считать, что...

ПЫЛИНКИ В КОЛЬЦАХ НЕСУТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД

Известно, что в окрестности колец имеется достаточно плотная космическая плазма. Хотя прямые измерения концентрации электронов и ионов там не проводились, но оценки дают $n_{e,i} \sim 100 \text{ см}^{-3}$. При примерно одинаковой температуре частиц плазмы электроны движутся быстрее и чаще сталкиваются с пылинками. Поэтому возникает в основном электронный ток, направленный из плазмы на нейтральные частицы; в результате они приобретают отрицательный заряд, который нарастает, пока электронный и ионный токи не уравновесят друг друга. Существует и иной механизм возникновения заряда — фотоэффект. Под действием солнечного излучения электроны вылетают с поверхности пылинок, которые приобретают положительный заряд. Результирующий заряд частицы зависит от многих факторов — плотности и температуры космической плазмы, интенсивности излучения Солнца, размеров и химического состава пылинок. По теоретическим оценкам, пылинки в кольцах Сатурна должны заряжаться до отрицательного потенциала в несколько или даже десятки вольт. Имеются наблюдательные данные, подтверждающие этот вывод.

Оценка заряда, точнее, отношения q/m (где q — заряд, m — масса) частиц основана на измерении скорости их движения по орбите. Скорость определяется очень точно по доплеровскому смещению частоты рассеянного света. Оказалось, что с удалением от синхронной орбиты частота обращения несколько отличается от кеплеровской. Если связать наблюдаемые отклонения с действием силы Лоренца на движущийся в магнитном поле планеты заряд, можно оценить величину q/m ; она оказалась⁵ порядка 10 К/кг . Если далее, основываясь на оптических наблюдениях, принять радиус частиц R равным 10^{-7} — 10^{-6} м , то при разумных предположениях о плотности вещества можно оценить массу частиц и их заряд. Из соотношения $q = \varphi R$ получим для потенциала φ значения от -3 до -30 В .

Однако подобные простые оценки легко сделать только для частиц, траектории которых образуют почти круговые орбиты в плоскости кольца. Если же частица выходит из этой плоскости, все значительно

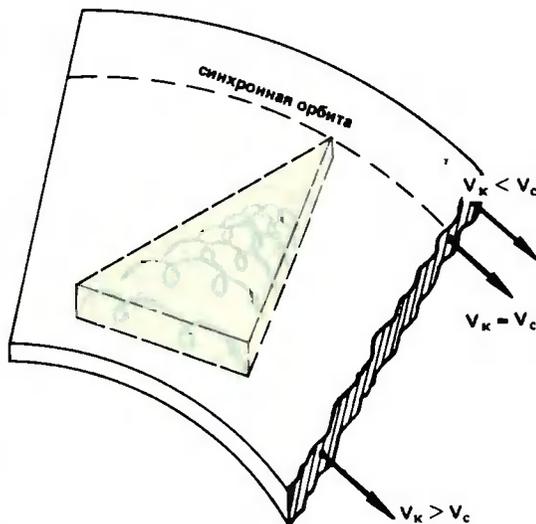
⁵ Thomsen M. F., Goertz C. K. et al. // Geoph. Res. Lett. 1982. V. 9. N 4. P. 423—426.

усложняется. К тому же приходится учитывать, что заряд частицы не остается постоянным, так как в этом случае меняется плотность окружающей плазмы. В результате траектории заряженных пылинок превращаются в причудливые кривые, которые можно рассчитать только с помощью ЭВМ. Поэтому сопоставление «спиц» с пылевыми облаками, выходящими из плоскости кольца, составляет сущность второго типа гипотез, которые можно назвать...

ГИПОТЕЗЫ О ЛЕВИТАЦИИ ЧАСТИЦ

В одной из них предполагается, что пылинки срываются с более крупных глыб силами электростатического отталкивания, которые возникают между зарядами одного и того же знака⁶. Вылет частиц происходит в том случае, когда заряд большого тела в силу ряда причин превосходит критическую величину. Расчет траекторий частиц, вылетевших с разными скоростями и на разных расстояниях от синхронной орбиты (учитываются также изменения q) показывает, что траектории группируются в ограниченной области, создавая сравнительно компактное образование клиновидной формы. Эти «клинья», или «вееры», авторы гипотезы и отождествляют со «спицами». Привлекательно в этом объяснении то, что подобная форма «спиц» действительно подтверждается наблюдениями.

В другой «левитационной» гипотезе, которую можно назвать также «метеоритной», выход пылинок из плоскости кольца связывают с ударами метеоритов⁷. Летящий с огромной скоростью метеорит, сталкиваясь с частицами кольца, разрушает их и разогревает до высокой температуры. Возникающее облако плотной плазмы, действуя как электростатический экран, способствует вылету заряженных пылинок. Повсюду (кроме синхронной орбиты) скорость пылинок отличается от скорости электронов и ионов, «замороженных» в магнитное поле Сатурна. Движущиеся пылинки создают в плазменном облаке азимутальный ток, что в конечном счете приводит к радиальному движению плазмы. Двигаясь вдоль радиуса, плазменное облако поднимает над плоскостью кольца все новые и новые заряженные пылинки. Так возникает пыльный след, который авторы гипотезы образно сравнивают с облаком пыли за движущимся авто-



Расчетные траектории (цветные линии) заряженных частиц, вылетавших перпендикулярно и плоскости кольца с разных его участков, образуют клиновидную «спицу» [V_c — скорость на синхронной орбите, V_k — кеплеровская скорость].

мобилем. Пылевое облако над кольцом и есть «спица».

В рамках метеоритной гипотезы объясняются и некоторые наблюдаемые особенности «спиц». Но, конечно, вызывает сомнение уж слишком жесткая связь между регулярно наблюдаемым процессом (образование «спиц») и случайным событием (удар метеорита). Правда, авторы справедливо считают главным в своем объяснении возникновение плазменного облака вблизи кольца. Причина его появления может и не быть связана с метеоритами. Указывается, в частности, на возможную роль молний в кольце, которые способны одновременно служить источником импульсного электромагнитного излучения, наблюдавшегося на «Вояджерах».

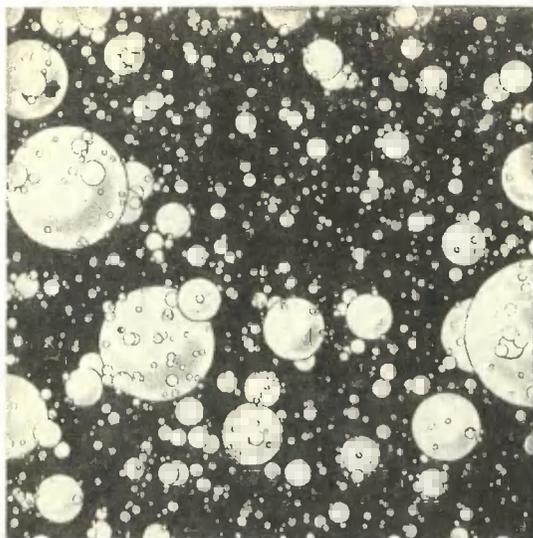
А теперь рассмотрим еще одну гипотезу, которую выдвинули авторы этой статьи, назвав ее...

ВОЛНОВАЯ ТЕОРИЯ ОБРАЗОВАНИЯ «СПИЦ»

Основой для развиваемой в ней схемы служит тот факт, что «спицы» часто собираются в группы, образуя квазипериодическую структуру. Это и наводило на мысль о связи «спиц» с каким-то волновым процессом. Действительно, можно предположить, что «спицы», проявляющиеся в виде чередующихся темных полос и более свет-

⁶ Hill J. R., Mendis D. A. // J. Geoph. Res. 1982. V. 87. N A9. P. 7413—7420.

⁷ Goertz C. K., Morfill G // Icarus. 1983. V. 53. P. 219—229.



Распределение частиц по размерам в кольцах Сатурна (получено с помощью ЭВМ).

лых промежутков, — не что иное, как периодические сгущения и разрежения вещества, возникающие из-за возбуждения волн плотности в плоскости кольца⁸. Подобное объяснение не требует дополнительных предположений ни об ориентации частиц, ни об их левитации. Но какова природа волн, о которых идет речь? Имеются в виду волны, хорошо известные в физике плазмы. Они представляют собой сгущения и разрежения плотности заряда. Но в кольцах Сатурна (и других планет) плазменные волны сопровождаются не только периодическими изменениями плотности заряда, но и плотности вещества — ведь в состав плазмы колец наряду с электронами и ионами входят еще и заряженные пылинки. Однако почему мы говорим именно о пылинках, не упоминая более крупные фрагменты, вплоть до многометровых глыб, образующие кольца? Дело в том, что движение массивных тел определяется в основном гравитационными силами, а для заряженных пылинок главную роль играют силы электростатического взаимодействия, что и позволяет рассматривать их как компонент плазмы (наряду с электронами и ионами).

Анализ волновых процессов в такой «пылевой» плазме показывает, что в ней воз-

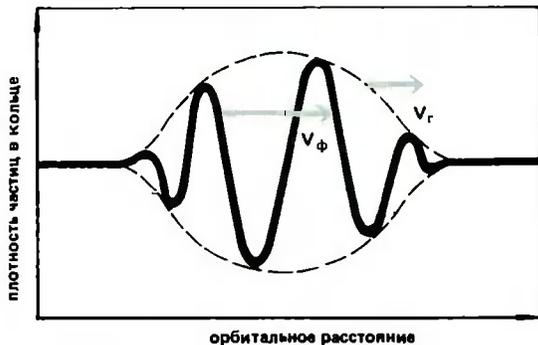
можны, грубо говоря, два типа возмущений: высокочастотные, в которых участвуют в основном электроны и ионы, и очень низкочастотные (ОНЧ), где возникают колебания макрочастиц — пылинок. Второй тип возмущений с периодами в несколько десятков минут и может быть связан со «спицами». В пользу предложенной нами гипотезы говорит тот факт, что при разумных предположениях о параметрах «пылевой» плазмы длина плазменной волны близка к поперечным размерам «спица», а ее фазовая скорость ($\sim 10^3$ м/с) очень мала по сравнению с кеплеровской скоростью на синхронной орбите ($\sim 2 \times 10^4$ м/с). Последнее обстоятельство и объясняет, почему «спицы» движутся почти синхронно с магнитосферой плазмы.

Необходимо отметить особую роль синхронной орбиты ($r_c = 1,1 \cdot 10^8$ м). Мы уже говорили, что только на ней электроны, ионы и пылинки движутся с одинаковыми скоростями. Вне ее пылинки, в соответствии с законом Кеплера, либо опережают (при $r < r_c$) «вмороженные» в магнитосферу электроны и ионы, либо отстают (при $r > r_c$) от них. Поэтому в ее окрестности в электронно-ионной среде за счет движения заряженных пылинок возникает два противоположно направленных тока. В такой системе может развиваться известная в физике плазмы неустойчивость скользящих потоков (sleeping stream instability). Возможно, «спицы» и представляют собой проявление подобной неустойчивости, что и объясняет их тяготение к синхронной орбите.

Однако неясно, почему они (если трактовать их как волны плотности) распределены не равномерно по всей орбите, а группами. Объяснить это можно, предположив, что сказываются нелинейные эффекты и группа «спица» представляет собой волновой пакет — солитон огибающей⁹. Как показал анализ волновых возмущений конечной амплитуды в пылевой плазме, в котором учитывался градиент тока в окрестности синхронной орбиты, в этом случае действительно возможны решения в виде уединенной модулированной волны (солитона). Групповая скорость волнового пакета очень мала по сравнению с кеплеровской, и он будет казаться «вмороженным» в магнитосферу планеты, что и подтверждается наблюдениями. Из теории также следует, что глубина модуляции плотности частиц связана

⁸ Блюх П. В., Ярошенко В. В. // Астрон. журн. 1985. Т. 65. № 3. С. 569—579.

⁹ Блюх П. В., Ханкина С. И., Ярошенко В. В. // Изв. вузов. Радиофизика. 1984. Т. 27. № 11. С. 1471—1474.



Солитон огибающей волны плотности в кольце В. Отдельные всплески кривой, возможно, соответствуют «спицам»; V_ϕ — фазовая скорость волны, V_g — групповая скорость волнового пакета.

с числом «спиц» в пакете: чем меньше «спиц», тем контрастнее они должны выделяться на фоне кольца. К сожалению, в нашем распоряжении нет фотометрических данных, по которым можно было бы проверить этот вывод.

Теперь нам осталось подвести...

ИТОГИ РАССКАЗА О «СПИЦАХ»

К сожалению, они неутешительны. Сейчас имеется несколько гипотез, объясняющих природу «спиц», но было бы лучше, если бы существовала только одна, но охватывающая все стороны этого интересного явления. Увы, до такой теории пока далеко. Конечно, 12 лет, прошедшие со времени открытия «спиц», — срок немалый, но так ли уж виноваты астрономы, до сих пор не ответившие на вопрос: что собой представляют «спицы» в кольце Сатурна? Дело в том, что в их распоряжении только данные, полученные «Вояджерами». Они относятся к ограниченным интервалам времени и отдельным участкам кольца. Длительные непрерывные наблюдения всей видимой системы колец с высоким пространственным разрешением (~ 200 км) на «Вояджерах»

не проводились. Необходима дополнительная информация о «спицах».

Можно ли получить ее с помощью наземных телескопов? Категорическим «нет» ответить нельзя, но задача эта чрезвычайно трудная. Главную неприятность доставляют флуктуации коэффициента преломления земной атмосферы. Они не только ограничивают угловую разрешающую способность телескопов, но и создают дополнительные помехи, рассеивая яркий свет от самой планеты и ее колец. Предполагается, что, используя очень хорошую оптику с коронографом (для экранировки яркого диска) и приборы с зарядовой связью в качестве детекторов, можно будет при особо прозрачной атмосфере увидеть «спицы» с Земли. Однако длительные непрерывные наблюдения всего жизненного цикла «спицы» (около 5 час.) все же вряд ли удастся осуществить.

Большие надежды возлагаются на космический телескоп Хаббла с диаметром зеркала 2,4 м, выведенный на орбиту весной 1990 г. Его расчетные параметры таковы, что предполагаемое разрешение для Сатурна составит около 250 км в планетарной камере и 125 км — в камере для наблюдения слабых объектов. Поскольку атмосферные флуктуации будут полностью исключены, такое разрешение позволит исследовать детали «спиц». Однако из-за мешающего воздействия Солнца время непрерывных наблюдений объектов в плоскости эклиптики не сможет превысить 30—45 мин. из каждого 100-минутного оборота телескопа вокруг Земли. Кроме того, не все астрономы увлечены загадкой «спиц», и безусловно возникнет конкуренция с другими, не менее интересными задачами. Компромисс, конечно, будет найден, но опыт «Вояджеров» показывает, что ценность спорадических наблюдений в данном случае не очень велика. Этот недостаток придется компенсировать набором статистических данных на многих оборотах вокруг Земли, что потребует значительного увеличения общего времени наблюдений.

Эволюция вещества во Вселенной и происхождение жизни на Земле

М. Д. Нусинов, В. И. Марон



Маркус Давидович Нусинов, кандидат технических наук, до последнего времени старший научный сотрудник Института космических исследований АН СССР. Область научных интересов — экспериментальное изучение физических процессов в реголитах Луны, Марса и других планет, а также теоретические вопросы, связанные с происхождением жизни.



Вениамин Исаакович Марон, доктор технических наук, заведует лабораторией в Московском институте нефти и газа им. И. М. Губкина. Научные интересы связаны с вопросами эволюции вещества и проблемой происхождения жизни.

НА НАШИХ глазах возникают и развиваются новые научные направления, синтезирующие многие отрасли человеческих знаний. К ним относится и синергетика, основное достижение которой — в понимании того, что процессы самоорганизации во многих материальных системах как живой, так и неживой природы имеют между собой много общего. Все они обладают теми или иными видами обмена веществом и энергией с окружающей средой (метаболизм), самовоспроизведением (репликации), накоплением ошибок (мутации) и запоминанием случайного выбора из-за неустойчивости исходного состояния (отбор). Возникновение, развитие и гибель таких систем — результат действия факторов индивидуальной и коллективной неустойчивости.

Синергетика впервые на ряде примеров доказала, что способность к самоорганизации присуща как живой, так и «неживой» материи, т. е. что их резкое противопоставление неправомерно и возможен переход от неживых систем к живым.

Можно считать, что биологическая эволюция представляет собой лишь часть эволюции во Вселенной, ведущей свое начало от Большого взрыва¹. Поэтому биологические системы (определенным образом организованные белково-нуклеиновые комплексы) — только один из существующих в окружающем нас мире типов живых самоорганизующихся систем. Что же за структуры предшествовали белково-нуклеиновым комплексам?

ЭВОЛЮЦИЯ ВЕЩЕСТВА ВО ВСЕЛЕННОЙ

Рассмотрим следующие уровни организации вещества: атомы, молекулы, кластеры макромолекул (полимеры) и биополимеры (РНК, ДНК) в геноме живых организмов.

Эти структуры, возникшие на разных этапах эволюции, в которых доминируют

¹ Nussinov M. D., Maron V. I., Gleizer S. I. // JBIS. 1985. V. 38. P. 494—500.

электромагнитные взаимодействия, образуют иерархию структур организации материи, причем более низкие служат основой более высоких.

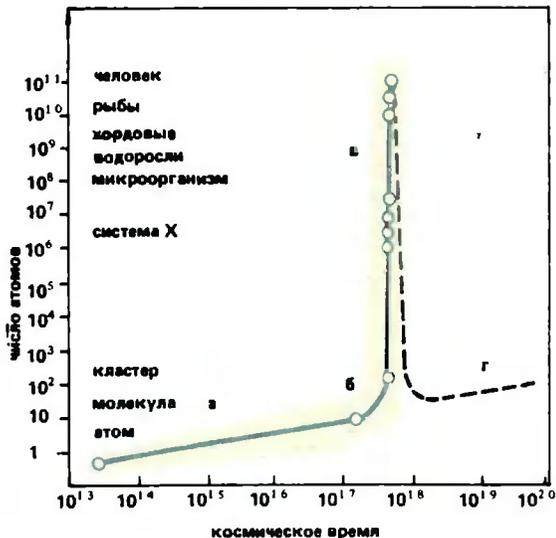
«Сложность» этих объектов можно охарактеризовать числом атомов в структуре и количеством содержащейся в них информации. «Сложность» атома положим равной 1, молекулы ~ 10 и макромолекулы ~ 100 . Иерархия биополимеров в геноме также определяется числом атомов. «Сложность» генома микроорганизмов $\sim 10^7$, водорослей $\sim 10^8$, хордовых $\sim 10^9$, рыб $\sim 10^{10}$, млекопитающих и человека $\sim 10^{11}$. Эти организмы перечислены в той последовательности, в которой они появились на Земле, так что геном последующего класса всякий раз примерно на порядок был сложнее их предыдущего класса. Флуктуации числа атомов в геномах представителей этих классов не опровергают тенденцию роста «сложности» в данной иерархии. С увеличением сложности структуры диапазон температур, при которых они могут существовать, сужается.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

Чтобы определить количество информации в перечисленных структурах, необходимо знать их информационную емкость W . Для структуры из N элементов, закодированных кодом из Z единиц, $W = Z^N$. (Количество информации в битах $I = \log_2 W = N \times \log_2 Z$.) ДНК и РНК — это линейные биополимеры из 4 нуклеотидов (число букв «алфавита»). Значит, W для ДНК (или РНК) из N нуклеотидов составляет 4^N , а $I = 2N$.

Информационная емкость полимера из N мономеров определяется числом его пространственных конфигураций. Их можно имитировать цепью из N звеньев, «блуждающих» по кубической пространственной решетке при фиксированных положениях начала и конца цепи. Каждый узел решетки имеет 6 соседей, т. е. из него цепь можно направить по одному из 6 ребер. Стало быть, информационная емкость такой структуры $W = 6^N$. Однако статистическому описанию полимерной цепи в растворе больше соответствует ее представление набором случайных траекторий без самопересечений. При этом ряд пространственных конфигураций выпадает, W уменьшается и число «букв в алфавите» или единиц кода оказывается равным не 6, а 4,68, а $I = N \log_2 4,68$ или $N \log_2 4,68$, что несколько больше, чем в ДНК и РНК.

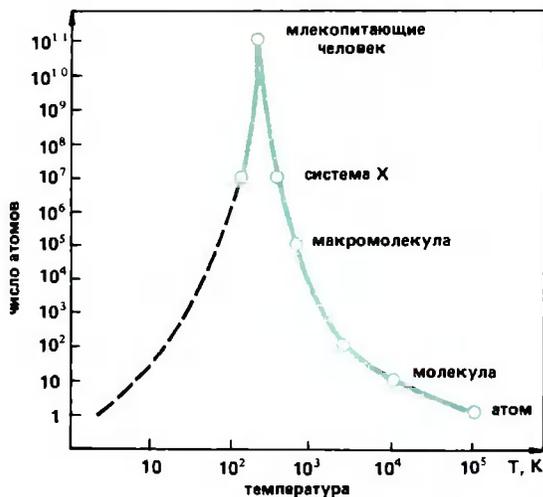
Мы оценили информационную емкость структур, соответствующих биологической и химической стадиям эволюции. Для космо-



Эволюционная зависимость числа атомов в молекулярных системах от космического времени на разных стадиях эволюции: космологической (а), химической (б), биологической (в) и постбиологической (г). На последней появляются самоорганизующиеся объекты, атомарная сложность генома которых будет уменьшаться.

логической стадии характерная структура — это молекула. Пусть она состоит из N химических элементов. Всего таких элементов около 100, так что W этой структуры близка к 100, при этом $I \sim N \log_2 100$. Уже отмечалось, что при переходе от космологической стадии к химической и биологической атомарная сложность структур (число N) растет. Но оказывается, одновременно уменьшается число «букв в алфавите»: около 100 — на космологической стадии, около 5 — на химической и 4 — на биологической. Это уменьшение, конечно, не компенсирует рост атомарной сложности, поэтому в процессе эволюции на указанных стадиях количество информации в структурах увеличивается.

Итак, при переходе от предшествующей стадии эволюции к последующей число букв в алфавите уменьшается. Эта закономерность — важнейшее свойство эволюции. В летописи природы «букв» все меньше и меньше. С чем это связано? Прежде всего сокращается число сигналов для передачи одной «буквы». Чем меньше «букв в алфавите», тем меньше сигналов необходимо для передачи каждой буквы текста (число сигналов равно логарифму числа букв). Это с информационной точки зрения объясняет ускорение самоорганизации материи при переходе от химической стадии к биологической.



Температурный диапазон существования структур.

Отметим особенность, связанную с аминокислотами, из которых строятся белки. В организме из 20 таких аминокислот синтезируются белки по генетической программе, записанной в молекуле ДНК кодом из 4 букв — нуклеотидов, т. е. текст переписывается с 4-буквенного алфавита на 20-буквенный. При этом слово из трех букв в генетическом тексте соответствует определенной аминокислоте, а текст сокращается втрое. Впрочем, можно считать, что длина текста не меняется, но букв в алфавите остается всего-навсего $\sqrt[3]{20} = 2,714$, т. е. меньше, чем в текстах ДНК и РНК.

ЭВОЛЮЦИЯ И РАЗУМ

Каков же дальнейший ход эволюции, какие структуры будут характеризовать движение материи в будущем?

Исходя из анализа информационной эволюции можно предположить, что возникнут структуры, генетическая программа которых будет написана меньшим числом букв, чем у человека, скажем, не на 4-, а 2-буквенном «алфавите». Однако биологические объекты хоть и продолжают развиваться и увеличивать информационную емкость, вряд ли сумеют в результате эволюции сменить привычный алфавит на другой — новый геном, открывающий постбиологическую стадию эволюции, будет делом рук человека.

Его особая роль в последующей эволюции в том, что именно он способен создать такой «геном» и обеспечить его функционирование, сходное с геномом человека в плане самоорганизации. Генетическая про-

грамма этого генома может быть написана на другом (не биологическом) «языке» и использовать иные молекулы-носители информации. По нашему мнению, вся познавательная и технологическая деятельность человека ведет к созданию генома подобных объектов новой цивилизации.

Именно этот аспект деятельности человека по созданию новой самоорганизующейся структуры, способной к дальнейшей эволюции, выделяет человеческое общество из мира животных и определяет разум социума.

ПЕРВЫЙ ПРИРОДНЫЙ БИОРЕАКТОР

Рассмотрим этап эволюции, на котором происходил переход от химической стадии к биологической — от макромолекулы (полимера) к биополимеру. Предположим, что между этими структурами существовал переходный «объект X» молекулярных размеров². Зная атомарную сложность макромолекулы и биополимера и температурный диапазон их существования, можно определить аналогичные параметры для гипотетической структуры X. Эта структура, возникшая около 4 млрд. лет назад, состояла примерно из $6 \cdot 10^6$ атомов. Если допустить, что ее форма была сферической, то радиус сферы равнялся бы $\sim 5 \cdot 10^{-6}$ см. Такая структура могла существовать в диапазоне температур от 750 до 160 К. Ее минимальная энергия связи была бы 1,5 ккал/моль, что соответствует ван-дер-ваальсовым силам межмолекулярного взаимодействия.

Из значения ее верхней границы температурного диапазона следует, что подобный объект должен был состоять, в основном, из неорганических материалов, например глин. Отметим, что глины обнаружены в метеоритах, относящихся к классу углистых хондритов, составляющих 5 % от общего числа метеоритов, падающих на Землю. Это позволяет выбрать в качестве «объекта X» зерно реголита «юной» Земли, состоявшего из набухших глин или глинистых минералов (бентонита, монтмориллонита и т. п.), попавших на Землю из космоса.

Такие зерна имеют слоистую микропористую структуру с толщиной слоев ~ 3 нм и расстоянием между слоями ~ 1 нм, а также нерегулярные микропоры, возникшие в результате длительного (10^6 — 10^8 лет) облучения на Земле (возможно, и в протопланетном облаке), образовавшего следы (треки) в зернах. В каждом зерне около

² Nussinov M. D., Maron V. I. // JBIS. 1990. V. 43. P. 3—10.

20 зазоров между слоями, толщина которых падает от центра к полюсам. Начальные размеры треков (до травления водой): диаметр ~ 3 нм, длина ~ 10 нм. Такие зерна имели большую удельную поверхность ($\sim 10\text{--}100$ м²·г⁻¹). Для сравнения укажем, что цеолиты («молекулярные сита») — минеральные вещества с наибольшей удельной поверхностью — характеризуются значением 10^3 м²·г⁻¹. Подобная структура могла сохранять устойчивость в течение $\sim 10^6$ с.

Наличие в треках химически активных центров, связанных со структурными дефектами, а также облучением (вакансии, дислокации и т. п.), вело к тому, что зерна становились химически неравновесными «зародышами» центров катализа. Однако их каталитические свойства могли проявляться только при контакте с водой, обеспечивавшей химическую релаксацию химически неравновесных зерен³.

Экспериментально показано, что момеры на энергетически активных центрах могут полимеризоваться без участия ферментов. В нашем сценарии зерна предварительно облученных глин и были такими центрами, сделавшими возможной полимеризацию мономеров при отсутствии ферментов, которые в клетке играют роль катализаторов подобных реакций.

Уже первые контакты энергетически «заряженных» глинистых зерен с каплями воды могли вызвать цепочку спонтанных химических автокаталитических процессов, способствующих самоорганизации «объектов Х».

Каталитические свойства реголитных зерен способствовали возникновению «обращенных» мицелл в результате синтеза на их поверхности жироподобных веществ — углеводородов — и образованию вокруг зерен бислойных мембран. Мембраны могли образоваться и из углеводородов, синтезированных ранее при ударах метеоритов о поверхность реголита⁴.

В водном растворе, окружавшем зерно реголита, вероятно, присутствовали необходимые момеры, азотистые основания нуклеиновых кислот, аминокислот, сахара, фосфаты и др., которые могли доставляться на Землю метеоритами, кометами или синтезироваться непосредственно на Земле.

С. Поннамперума обнаружил в углистом хондрите Мурчисон все 5 азотистых оснований нуклеиновых кислот, а также 12

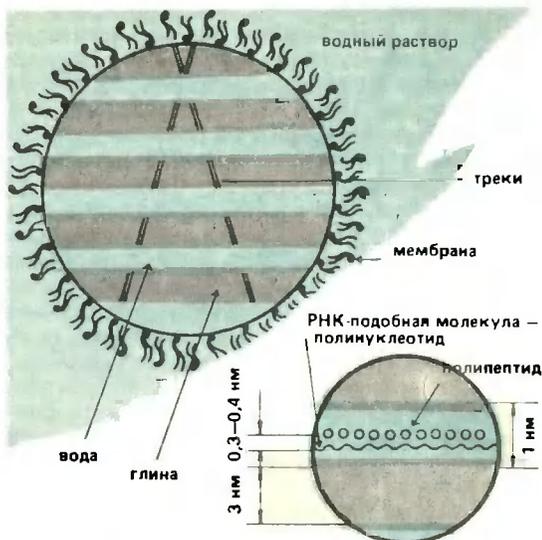


Схема зерна монтмориллонита. Внизу — увеличенный фрагмент участка, в котором синтезируется вирусоподобная структура [рибонуклеопротеид].

аминокислот, 6 из которых входят в состав животных и растительных белков. Близкие результаты получены при анализе кометных пылинок на космическом аппарате «Вега»⁵.

Водный раствор мог всасываться через оболочку «объекта Х» только днем, а ночью вода замерзала либо даже «выжималась» из зерен, что вело к увеличению толщины микропор (и в частности, зазоров между слоями). Этому, видимо, способствовало и периодическое структурное преобразование мембраны типа мицелла-ламелла, так что мембрана то пропускала воду, то удерживала ее.

Экспериментально установлено, что азотистые основания нуклеиновых кислот легко адсорбируются из водного раствора в зазорах глин, поскольку представляют собой плоские структуры с циклическими соединениями, плоскости которых при адсорбции ориентируются параллельно зазору.

Азотистые основания нуклеиновых кислот адсорбируются на глине комплементарными парами (А—Т, Г—Ц или Г—У), т. е. в том же порядке, что и в молекулах РНК и ДНК. Это обстоятельство, вероятно, способствовало последующему свертыванию в двойную спираль молекул или их частей, синтезированных абиогенно между слоями зерен.

³ Нусинов М. Д., Серебровская К. Б. // Проблема поиска жизни во Вселенной. М., 1986. С. 98.

⁴ Герасимов М. В., Мухин Л. М., Нусинов М. Д. // Докл. АН СССР. 1984. Т. 285. № 3.

⁵ Поннамперума С. Происхождение жизни. М., 1977.; Kisse I. J., Krueger F. // Nature. 1987. V. 326. P. 755.

На глинах легко адсорбируются и фосфаты (преимущественно молекулы АТФ — аккумуляторы энергии в современных живых клетках), а также сахара — плоскости их колец при адсорбции ориентируются параллельно зазорам между слоями. Так что «объект X» мог быть неплохим реактором для создания биополимеров.

В результате адсорбции всех этих соединений и последующей их полимеризации в зазорах между слоями глинистых зерен (служивших к тому же катализаторами) была впервые абиогенно синтезирована молекула РНК. Синтез полинуклеотидов подтверждается экспериментально образованием фосфодифирной связи. Интересно, что Na^+ -монтмориллонит является эффективным промотором образования нативных 3,5-звенных олигонуклеотидов, характерных для живого⁶.

Сейчас многие исследователи полагают, что РНК или подобная ей молекула и стала первым биополимером на Земле. Если это так, то она должна была обладать одновременно свойствами и ДНК (хранилища биологической информации) и протеинов (катализаторов). РНК состоит из блоков, почти идентичных тем, из которых построена ДНК, но ее трехмерная структура воспроизводит структуру протеина. Структуры ДНК и протеинов, лучше приспособленные и специализированные как для хранения информации, так и для катализа, возникли, видимо, позднее.

Синтезированная молекула РНК соприкасалась в зазоре с водным раствором, подаваемым из окружающей среды осмотическим «насосом» мицеллярной мембраны. В растворе, помимо прочего, содержалась предположительно рацематная (с равными концентрациями) смесь L- и D-аминокислот. Как известно, природные нуклеиновые кислоты состоят преимущественно из D-сахаров (правовращающие изомеры), а белки — из L-аминокислот (левовращающие изомеры).

Согласно гипотезе Ф. Крика, а также экспериментам Т. Чека и С. Олтмана⁷, молекула РНК была также и проторибосомой, т. е. обладала ферментативной активностью и могла катализировать в таком проточном химическом «микрореакторе» синтез белковоподобных полимеров-полипептидов. Этому благоприятствовала и спо-

собность глин катализировать образование пептидной связи. Поэтому почти одновременно с РНК-подобными молекулами в зазорах зерен реголита, как на информационной матрице, могли синтезироваться полипептиды, что способствовало фиксации молекулы РНК и предотвращению ее разрыва в результате гидролиза.

Синтез таких нуклеопротеиновых комплексов контролировался не современным триплетным генетическим кодом, а его предшественником — кодом «белково-нуклеинового узнавания»⁸. Описанная структура очень похожа на современный мало-мощный внеклеточный биотехнологический реактор проточного типа.

ОБРАЗОВАНИЕ ВИРУСОПОДОБНЫХ СТРУКТУР

При набухании глинистой частицы линейное образование «РНК+полипептид» по мере полимеризации сворачивалось в расширяющемся зазоре, образуя глобулярную (сфероподобную) структуру. Известно, что при взаимодействии аминокислот с водой полипептидная цепь превращается в компактную глобулу определенной стабильной формы, причем особенно важно, что это превращение происходит так, чтобы полярные группы оказались снаружи на контактирующей с водой поверхности, а неполярные — внутри глобулы. При этом нуклеиновая кислота, вследствие худшей растворимости в воде, может попасть внутрь такой структуры, а снаружи — образоваться оболочка из полипептида.

Конечный диаметр подобного нуклеопротеинового комплекса, видимо, мог достигать 20 нм, что соответствует размерам мельчайших вирусов. Таков размер РНК-подобной молекулы из 10 звеньев с линейным размером каждого около 7,5 нм, поэтому она могла синтезироваться в зазорах только «в сложенном виде».

В близких же к поверхности зазорах воды было очень мало. Так, на один атом в молекуле РНК из 10 звеньев приходилось примерно 10 молекул воды. Такие условия можно считать практически безводными, что исключало гидролиз молекулы РНК.

При увеличении размера зазора до 60 нм нуклеопротеиновый комплекс (прото-вирус) мог выскользнуть из него, используя воду как смазку.

⁶ Ertem G., Agarwal V., Ferris J. P. // Abstracts papers VI ISSOL meeting, Prague, 1989. P. 129; Ferris J. P. et al. // Abstracts papers VI ISSOL meeting, Prague, 1989. P. 101.

⁷ Лауреаты Нобелевской премии 1989 г. По химии — Т. Чек и С. Олтман // Природа. 1990. № 1. С. 94—96.

⁸ Иванов В. И. // Проблемы поиска жизни во Вселенной М. 1984.

Так, по нашему представлению, могли возникнуть на Земле первые вирусоподобные биологические структуры — протовирусы, способные покидать глинистые частицы и существовать самостоятельно. Как отмечалось, симбиотическая органоглинистая структура — «объект X» — могла сохраняться около года. В это время в отдельных приповерхностных зазорах могли синтезироваться одна или несколько вирусоподобных структур, а в остальных — расти новые глинистые слои и возникать новые центры катализа.

Не исключено, что при отделении от глинистой структуры такой протовирус в

некоторых случаях мог обволакиваться жироподобными веществами из мембраны «объекта X». Такое образование уже могло, похоже, эволюционировать самостоятельно, не нуждаясь в прежнем «жилище».

Как проходила дальнейшая эволюция от таких примитивных доклеточных биологических структур к первым одноклеточным организмам, пока окончательно не ясно, хотя существует немало гипотез. Нам наиболее близка концепция Х. Куна, в которой особая побудительная для самоорганизации вещества роль отводится гетерогенности окружающей среды и периодичности происходящих в ней процессов.

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР АН СССР НИИ ХИМИИ ЛЕНИНГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

ПРЕДЛАГАЮТ

уникальные химические сенсоры (ионоселективные электроды) на основе халькогенидных стекол, обладающие в 10—1000 раз лучшей селективностью, чувствительностью, химической и кислотоустойчивостью по сравнению с известными в мировой практике аналогами, которые предназначены для дискретного определения и мониторинга ионов тяжелых металлов (Ag^+ , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Tl^+ , Fe^{3+}),

а также

высокостабильные химические сенсоры для определения F^- , Cl^- , Br^- , I^- , CN^- , CNS^- , S^{2-} , NH_4^+ .

Опытные специалисты в кратчайшие сроки разработают для организаций-заказчиков методики определения состава сточных и сбросных вод, промышленных электролитов, проведут стажировку и обучение обслуживающего персонала. Имеется информационный банк стандартных методик для гальванического, гидromеталлургического, химического и других производств. Разработаны и разрабатываются универсальные и специализированные приборы для экспресс-анализа с помощью химических сенсоров.

С предложениями обращаться по адресу:
195427 Ленинград, в/я 133. Телефон: 218-28-35.

Динамика литосферы и сейсмотомография

В. Е. Хаин, А. Т. Зверев



Виктор Ефимович Хаин, академик, профессор кафедры динамической геологии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Председатель Комиссии по международным тектоническим картам АН СССР. Специалист по общей и региональной геотектонике. Лауреат Государственной премии.



Анатолий Тихонович Зверев, доктор геолого-минералогических наук, доцент кафедры физической географии и ландшафтного дешифрирования Московского института инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии. Область научных интересов — геодинамика, космическая геология, экология.

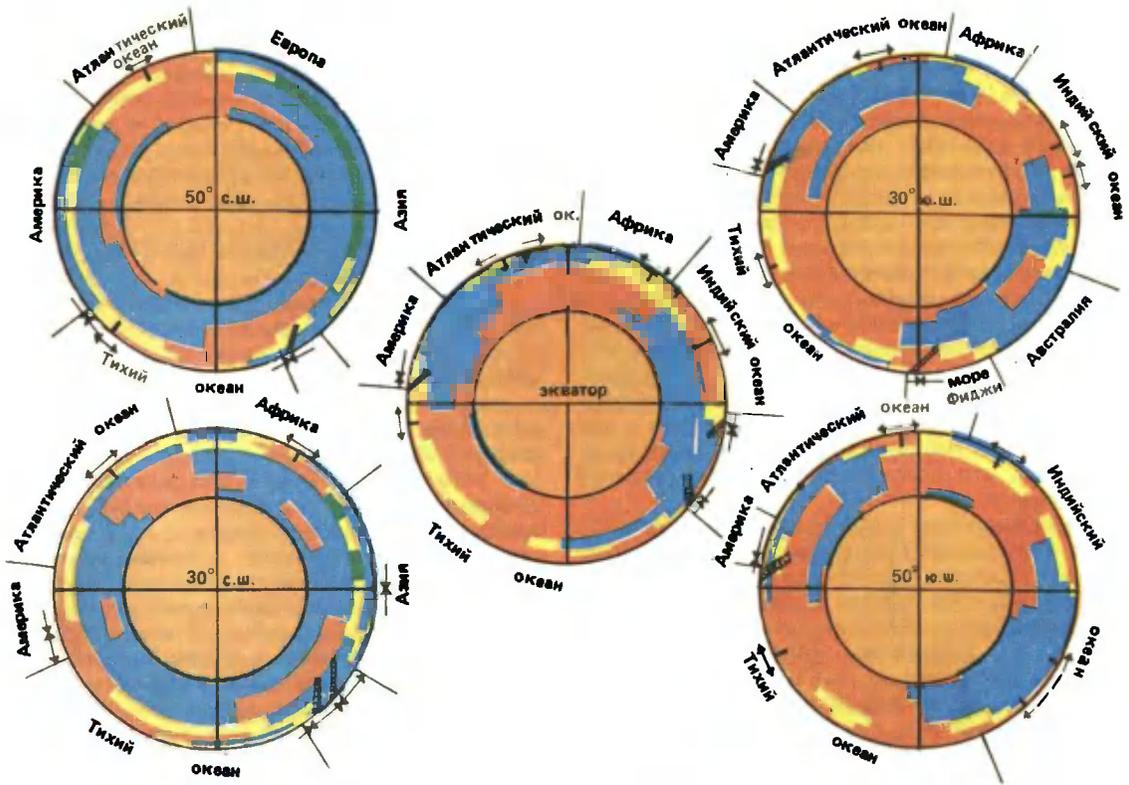
За 4,6 млрд. лет существования Земли ее облик неоднократно менялся: на месте материков возникали океаны, а на их месте — материки. Так, около 200 млн. лет назад раскололся древний материк Пангея и образовался океан Тетис, протянувшийся от современной Центральной Америки через Альпы и Кавказ до Гималаев и Индонезии. Позже на месте Тетиса снова появилась суша — крупнейшая на Земле Альпийско-Гималайская горная система, наиболее активный этап формирования которой приходится на последние 5 млн. лет.

Каковы причины и механизм постоянного обновления лика Земли? Единого, признаваемого всеми ответа на этот вопрос пока нет, хотя и существует много гипотез. Дело в недостатке точных методов и средств для исследования внутреннего строения Земли и протекающих в ней физико-химических процессов.

В последнее десятилетие появился и бурно развивается один из таких методов — сейсмическая томография. Он позволяет по скорости сейсмических волн устанавливать неоднородности в мантии, отличающиеся упругими свойствами, плотностью и температурой вещества, определять глубину залегания, форму и размеры этих неоднородностей¹.

Исследователи разных стран с энтузиазмом встретили новый метод. Однако результаты сейсмотомографии оказались столь неожиданными, что их трудно было согласовать с существующими геотектоническими гипотезами и геодинамическими моделями. Поэтому их либо вообще не учитывали, либо пытались втиснуть в рамки существующих геодинамических построений, несмотря на явную несостоятельность подобных попыток. Например, не находят сколь-нибудь правдоподобного объяснения обнаруженные сейсмотомографией неровности границы ядро — мантия, понижение скорости сейсмических волн под материками на глубине 550 км и ниже, повышение скорости

¹ См. об этом: Винник Л. П. Структурная геология глубоких недр Земли // Природа. 1988. № 5. С. 36—45.



Широтные разрезы в мантии, отражающие изменения скорости сейсмических волн в мантии и, соответственно, температуры мантийного вещества. Несмотря на сложную форму областей разогрева и охлаждения, сквозные колонны разогретого вещества прослеживаются местами от ядра до земной коры (лучше всего это видно в южных частях Тихого и Индийского океанов). Вместе с тем отчетливо выражен «перешеек» вертикальной колонны разогрева под вулканическими дугами и срединно-океаническими хребтами, особенно там, где скорость расширения океанического дна относительно мала.

- Скорость сейсмических волн и плотность вещества:
 - средняя
 - повышенная за счет охлаждения мантии
 - пониженная за счет разогрева и частичного плавления вещества мантии
 - пониженная за счет опускания относительно легкого вещества коры и верхней мантии
 - Ядро
- Направления главных осей напряжений:
 - ↔ при сжатии
 - ↔ при растяжении
- Сейсмофокальные зоны
 - ▨

сейсмических волн в средней мантии под срединно-океаническими хребтами и т. д.

В этой статье предложена принципиально новая геодинамическая модель, согласующаяся, как нам представляется, и с результатами сейсмофотографии, и с данными других геофизических и геологических методов. Но прежде чем перейти к самой модели, напомним об основных достижениях в изучении динамики литосферы, в первую очередь

об открытых в последние десятилетия и уже неплохо изученных зонах горизонтального растяжения и сжатия литосферы.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ЗОНЫ РАСТЯЖЕНИЯ И СЖАТИЯ

Зоны растяжения имеются как в океанах, так и на материках. В океанах они приурочены к рифтовым долинам срединно-

океанических хребтов, протянувшихся на 70 тыс. км. На материках рифтовые структуры также обычно связаны с крупными поднятиями (например, Байкальский и Восточно-Африканский рифты), но иногда обходятся и без них. Для всех рифтовых структур, или рифтогенов, характерен разогрев земной коры и мантии, а также растрескивание, растяжение и раздвигание литосферы.

Наиболее интенсивно все эти процессы проявились в океанических рифтовых долинах, где, по общему признанию, величина спрединга (раздвигания литосферы) за последние несколько тысяч лет составила 10—20 км. Эту «щель» заполнила молодая океаническая кора. Процесс раскалывания океанической литосферы, ее раздвигания и образования молодой коры настолько грандиозен, что получил собственное название «спрединг».

Зоны сжатия также глобальны. Известны два основных типа горизонтального сжатия: субдукция и коллизия. Если сжимаются мобильные части коры и мантии, образуются вулканические дуги, состоящие из цепочек вулканов (например, Камчатская, Курильская, Японская), и глубоководные желоба (Курило-Камчатский, Японский, Марианский). К вулканическим дугам и приурочены зоны субдукции — поддвига океанической литосферы под материковую. На это указывает, в частности, характер напряжений в очагах землетрясений, образующих здесь сейсмофокальную зону («зону Беньофа»), уходящую под материк на глубину до 600—700 км.

Горизонтальное сжатие типа субдукции возникает, как уже отмечалось, если кора и верхняя мантия мобильны. В холодной же мантии происходит коллизия, т. е. скупивание корового вещества в зонах сжатия и образование горных сооружений вроде Альпийско-Гималайской системы.

Открытие в 50-х годах глобальных зон горизонтального растяжения и аналогичных зон сжатия привело многих исследователей к выводу о том, что существует единая глобальная геодинамическая система: в рифтовых структурах наращивается молодая океаническая кора, а в зонах субдукции уничтожается (погружается и плавится) древняя океаническая кора. Одни авторы — Б. Изакс, Дж. Оливер, Л. Р. Сайас — назвали геодинамическую модель, описывающую эту систему, новой глобальной тектоникой, другие — З. Ле Пишон, У. Дж. Морган — тектоникой плит (именно последнее название получило широкое распространение).

В настоящее время это наиболее распространенная и наиболее разработанная

геодинамическая концепция. Естественно, что ее сторонники первыми восприняли и попытались использовать данные сейсмомографии. В одних случаях эти попытки более или менее удачны, в других — искусственны, но в целом все они пока носят региональный характер². Ниже делается попытка восполнить этот недостаток.

АНОМАЛИИ СКОРОСТЕЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

Проанализируем данные сейсмомографии и посмотрим, как они увязываются с тектоникой плит и другими геодинамическими построениями.

Сейсмические скоростные аномалии на всех глубинах мантии достаточно сложны по форме. Лишь в самой верхней ее части (до 150, реже 350 км) они коррелируют с тектоническими структурами земной коры, глубже корреляция исчезает.

Обращает на себя внимание и примерное равенство объемов положительных и отрицательных аномалий, отвечающих разной температуре веществ. Это значит, что около половины объема мантии находится в охлажденном состоянии и столько же — в разогревом.

Охлаждение мантийного вещества сопровождается уменьшением его удельного объема и локальным развитием процессов контракции (сжатия). Разогрев же вызывает увеличение удельного объема вещества, уменьшение его вязкости и даже плавление. Благодаря этому размеры разогреваемой системы растут, развивается мантийный диапиризм³ и магматизм, что в конечном счете ведет к растяжению и растрескиванию литосферы, образованию разных типов рифтовых структур.

Таким образом, можно говорить о двух глобальных геодинамических системах: охлаждения и разогрева. Первая связана с глубоким корово-мантийным охлаждением и приурочена в основном к континентам. Она обусловлена эволюцией Земли как небесного тела — постепенным истощением внутренних источников энергии и нарастающим охлаждением планеты. Вторая система периодически возникает и исчезает (или, ско-

² См., например: Андерсен Дж. Л., Дзевонски А. М. // В мире науки. 1984. № 12. С. 16—25; Кропоткин П. Н. Новая геодинамическая модель // Природа. 1989. № 1. С. 70—80; D z i e w o n s k i А. М., Woodhouse J. H. // Abstracts 28-th International Geological Congress. Washington, 1989. P. 427—428.

³ Диапиризм — «протыкание» верхних слоев мантии и коры поднимающейся магмой и пластичным разогретым веществом.

рее, перестраивается) по мере образования новых глубинных очагов глобального разогрева, что приводит к появлению новых океанов, континентов и других тектонических структур.

Глобальная геодинамическая система разогрева на современном этапе ее развития — сложное образование. Она включает несколько основных ярусов интенсивного разогрева, где образуются и разрастаются пластичные астеносферные слои и линзы. Сейсмическая томография зафиксировала крупные слои разогретой мантии на глубинах 2750, 2300, 1300, 350 и 150 км. Максимальный разогрев отмечен под южными частями Тихого и Индийского океанов. Здесь имеются мощные сквозные колонны разогрева, начинающиеся у границы с ядром (глубина 2900 км) и достигающие литосферы.

Неравномерность и прерывистость развития астеносферных слоев по вертикали и латерали (т. е. в направлении, близком к горизонтальному) свидетельствуют о неодинаковом прогреве мантии, различной генерирующей способности отдельных ее частей, о том, что тепломассоперенос осуществляется не только в вертикальном, но и в латеральном направлении.

Сложная многоярусная структура глобальной геодинамической системы разогрева, выявленная благодаря сейсмической томографии, исключает возможность регулярной тепловой конвекции, охватывающей всю мантию — именно такой тип конвекции характерен для большинства моделей тектоники литосферных плит. В этой связи возникла идея о новом механизме тектоники плит, который не был бы основан на глобальной системе замкнутых конвективных ячеек в мантии.

Первая попытка такого рода была принята У. Форсайтом и С. Уедой в 70-е годы, еще до появления сейсмической томографии. Однако предложенный ими конвейерный механизм, основанный на «силе тяги» погружающихся охлажденных блоков, которые увлекают за собой всю литосферную плиту, противоречит ряду фактов. Он, например, не может объяснить антиизостатический характер движений⁴ и интенсивное боковое давление в зонах субдукции, наклон сейсмофокальных зон, деформации сжатия внутри литосферных плит, значительный избыток (перекомпенсацию) масс в подводных вулканических дугах и хребтах. Да и сам дискретный характер литосферных плит проти-

воречит подобному конвейерному механизму, поскольку блоки литосферы слабо сцеплены друг с другом.

Сейсмическая томография позволила совершенно по-новому подойти к разработке механизма тектоники плит. Наиболее важны, на наш взгляд, такие установленные с ее помощью факты, как охлаждение мантии под рифтовыми структурами и вулканическими дугами на глубинах 350—550 км, а также наличие крупных аномальных областей понижения скорости сейсмических волн под континентами на глубине 550 и 670 км. Рассмотрим место и роль этих фактов в динамике литосферных плит на примере океанических рифтовых структур, горных сооружений и вулканических дуг, используя при этом данные не только сейсмогеографии, но и гравиметрии.

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В РИФТОВЫХ СТРУКТУРАХ

Насколько нам известно, совместная интерпретация сейсмогеографических и гравиметрических данных прежде не проводилась. Однако гравитационные и сейсмогеографические аномалии обладают вполне закономерными связями, что хорошо видно на примере основных тектонических структур литосферы.

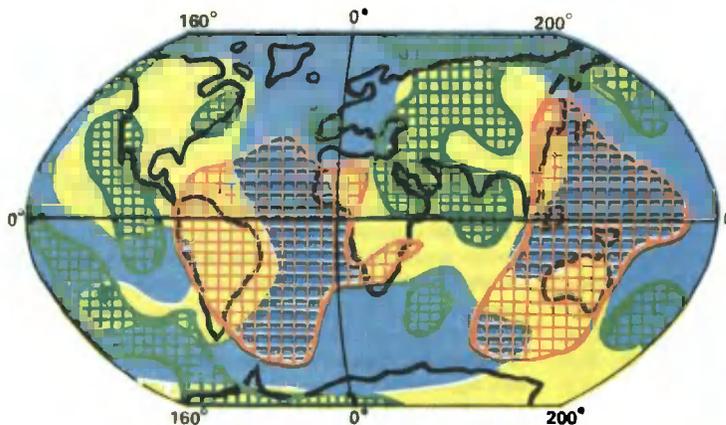
Для рифтовых структур характерна обратная зависимость скорости разрастания океанического дна — спрединга — от аномалий гравитационного поля. При увеличении скорости спрединга (до 6—10 см/год и более) отмечается понижение аномалий силы тяжести и высот геоида⁵ вплоть до отрицательных их значений, что свидетельствует о дефиците мантийных масс⁶. Причина дефицита масс в высокоскоростных зонах спрединга (например, в северной части Восточно-Тихоокеанского поднятия или Австрало-Антарктического срединно-океанического хребта) и уменьшения здесь силы тяжести заключается, на наш взгляд, в понижении плотности вещества при его интенсивном разогреве и частичном плавлении, которые фиксирует сейсмическая томография.

Разуплотнение вещества при разогреве и плавлении ведет к увеличению объема, т. е.

⁴ Антиизостатическими называются движения, ведущие к нарушению равновесия масс земной коры и мантии.

⁵ Геоид — поверхность равных значений потенциала силы тяжести, совпадающая с невозмущенной поверхностью Мирового океана и продолженная под континенты. Высота геоида — величина отклонения его поверхности от сфероида вращения.

⁶ Зверев А. Т. // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 1990. № 2. С. 79—86.



Горизонтальные неоднородности плотности в мантии и скорости сейсмических волн на глубине 550 км. Избыток масс характерен для мантии под большей частью дна океанов, разуплотненная же мантия, для которой характерно снижение скорости сейсмических волн, сосредоточена под материками и наиболее разогретыми рифтовыми структурами Восточно-Тихоокеанского и Австрало-Антарктического поднятий.

- Разуплотненная мантия
- Избыток масс в мантии
- Скорость сейсмических волн: пониженная
- повышаемая

рифтовые структуры эволюционируют в условиях развития двух разных по глубине и направлению горизонтальных перемещений вещества: в верхней мантии и земной коре — от рифтовых структур, в средней мантии — к ним.

Первый поток, судя по геологическим и геофизическим данным, прослеживается до вулканических дуг. С ним связаны сдвиговые и взбросовые деформации на дне океана, избыток масс в океанских вулканических хребтах, приводящий к крупным положительным гравитационным аномалиям (до 300 мгал), опускание океанской литосферы под вулканические дуги с образованием глубоких (до 600—700 км) сейсмофокальных зон.

В вулканических дугах за счет бокового давления со стороны океанов развиваются антиизостатические движения, приводящие к появлению гравитационных аномалий до 200 мгал. Благодаря этому возникает поддерживаемый боковым давлением характерный геоморфологический профиль: ложе океана — периферийное океаническое поднятие — глубоководный желоб — вулканическая дуга. По данным сейсмогеографии, в дугах на глубине 350—550 км вертикальная колонна разогрева пережата боковым давлением океанской плиты, а горячее мантийное вещество выжимается вверх.

Под континентами избыточное боковое давление, направленное от рифтовых структур, выражено не столь ярко. Правда, изучение напряжений в очагах землетрясений и непосредственно в горных выработках подтверждает общее горизонтальное сжатие в коре и верхней мантии, но одни исследова-

тели объясняют его разуплотнением вещества при метаморфизме, другие — глобальной конвекцией, третьи — притяжением планет и Солнца. Данные сейсмогеографии в комплексе с гравиметрическими результатами позволяют совсем по-новому взглянуть на эту проблему.

СВЯЗЬ СЕЙСМИЧЕСКИХ И ГРАВИТАЦИОННЫХ АНОМАЛИЙ НА КОНТИНЕНТАХ

Проанализируем геодинамическую обстановку на континентах на примере высочайшей на Земле Центрально-Азиатской горной области. Здесь при общем изостатическом равновесии земная кора аномально мощная (до 80 км), а в средней мантии гравиметрией и сейсмогеографией установлен дефицит масс. Изостатическое равновесие достигается за счет сбалансированной перекомпенсации верхних частей земной толщи и недокомпенсации нижних. Подобное неустойчивое состояние системы может возникнуть и сохраняться только при динамической поддержке за счет бокового (внешнего) сжатия.

Более того, разуплотнение вещества в средней мантии отмечено не только под Центрально-Азиатской горной областью, но и почти под всей Азией, западной частью Северной Америки и некоторыми другими континентами. В чем же причина столь крупного по масштабам разуплотнения?

Ею не может быть ни разогрев, ни метаморфизм (или метасоматоз), так как нет необходимых для этого источников тепла, объема флюидов и условий для высокой

проницаемости. Единственно возможное, на наш взгляд, решение данной проблемы состоит в признании того, что разуплотненное вещество было привнесено в среднюю мантию извне — либо сверху, либо со стороны (по латерали).

Первый вариант осуществим за счет изостатического опускания относительно легкого вещества земной коры и верхних частей мантии. В этом случае под действием бокового давления происходит сжатие и скучивание корового материала, сопровождаемое компенсирующим изостатическим опусканием земной коры и верхней мантии. Все это приводит к вытеснению более тяжелого вещества средней мантии.

Вещество вытесняется в сторону океанов, о чем свидетельствует общее повышение в этом направлении поверхности геоида. Компенсирующий отток вещества на уровне средней, а не верхней мантии обусловлен тем, что (судя по напряжениям в очагах землетрясений в зонах субдукции) до глубин 400—700 км континенты «сжаты с боков» океаническими плитами. Следовательно, отток вещества в сторону океана на этих глубинах невозможен. Он происходит на глубинах более 400—700 км.

Привнос разуплотненного материала в среднюю мантию под континентами со стороны океанов осуществляется за счет глубокой субдукции океанских литосферных плит под континентальную верхнюю мантию⁷. Из-за столь глубокого проникновения материала океанской литосферы под континенты последние поднимаются, и одновременно изостатически опускается весь бок коры и верхней мантии, включающий и субдуцированную океанскую литосферу. Это вызывает компенсирующий отток подстилающего вещества средней мантии навстречу погружающейся плите.

Таким образом, глубокая субдукция приводит к тем же динамическим следствиям, что и описанный выше изостатический механизм, развивающийся при скучивании сиалического материала.

НОВАЯ ГЛОБАЛЬНАЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Сопоставив геодинамическую обстановку под континентами и океанами, мы пришли к выводу, что эволюция их тектонических структур рождает два встречных

горизонтальных потока вещества на разных глубинах. При этом боковые давления передаются в верхней мантии и земной коре — от океанов к областям скучивания сиалического материала, а в средней мантии — от континентов к океанам. Верхний поток связан с раздвиганием литосферных плит в зонах спрединга, а нижний — достигает средней мантии в рифтовых структурах, приводя к избытку вещества в этой области и деградации вертикальной колонны разогрева.

Итак, в верхней части литосферы под действием глобального разогрева образуется замкнутая динамическая система, в которой проявляются два основных тектонических процесса: растяжение литосферы и скучивание сиалического материала. С ней же связана расслоенность коры и мантии.

Для этой системы характерны элементы саморазвития (самоусиления): увеличение интенсивности спрединга вызывает дополнительное скучивание корового материала, которое усиливает компенсирующий отток вещества и поджимание свежего вещества из средней мантии в рифтовые структуры, а это, в свою очередь, способствует усилению спрединга и т. д.⁸

Но каковы масштабы горизонтального перемещения вещества в верхнем и нижнем потоках рассматриваемой динамической системы? Ответ на этот вопрос во многом зависит от допускаемых масштабов разрастания океанического дна за счет спрединга, причем разные исследователи оценивают масштабы спрединга по-разному.

Новейшие деформации континентов (т. е. за последние 30—40 млн. лет) вполне объясняются их сжатием за счет наблюдаемого и в настоящее время раздвигания литосферных плит, которое в океанских рифтовых структурах за последние несколько тысяч лет составило, по общему признанию, 10—20 км. Это подтверждают и простые расчеты амплитуды горизонтального сжатия континентов (точнее, их коры и верхней мантии до глубин 400 км), необходимой для обеспечения в изостатических условиях средней амплитуды новейших вертикальных поднятий континентов — 500 м. Согласно этим расчетам, амплитуда сжатия составляет 14 км, что хорошо согласуется с величиной раздвига океанских плит в рифтогенных структурах. Амплитуда оттока вещества средней мантии из-под континентов под

⁷ Хаин В. Е. // Докл. АН СССР. 1989. Т. 308. № 6. С. 1337—1440.

⁸ Зверев А. Т. // Докл. АН СССР. 1989. Т. 307. № 1. С. 168—170.

океаны на глубине 700—900 км должна достигать при этом 21 км.

Если же объяснять образование всех молодых океанов (Атлантического, Индийского, Северного Ледовитого) только спредингом, приходится допускать гораздо более крупные горизонтальные перемещения вещества, составляющие многие тысячи километров и приводящие к значительному увеличению площади океанов. В связи с этим возникает вопрос: каким образом происходит это увеличение площади? Механизм расширяющейся Земли, предлагаемый некоторыми исследователями для объяснения этого, явно непригоден, поскольку требует увеличения радиуса планеты в 2—3 раза, а для этого ее объем должен увеличиться в 8—27 раз, что совершенно нереально. Объяснение разрастания поверхности молодых океанов целиком за счет сжатия континентов также несостоятельно, поскольку земная кора при этом должна иметь невероятную мощность, а земная поверхность — очень резкий рельеф.

Чтобы преодолеть подобные затруднения, один из авторов⁹, опираясь на данные сейсмомографии, предложил механизм, связывающий в единую динамическую систему рифтовые структуры древних и молодых океанов. Суть его в том, что при высокоскоростном спрединге океаническое корово-мантийное вещество, оказывая интенсивное боковое давление на континенты, глубоко погружается под них и достигает сред-

ней мантии в малоскоростных зонах спрединга, поставляя туда дополнительное вещество для образования новой океанической коры.

В такой модели сохраняется принцип относительного постоянства радиуса и площади поверхности Земли при разрастании океанического дна: сколько океанической коры образовалось, столько же ее погрузилось при субдукции и пошло на построение новой океанской коры. Данная модель не противоречит основным закономерностям строения и динамики мантии, вскрытым сейсмомографией и другими методами. Прежде всего это касается больших объемов разуплотненного мантийного вещества, обнаруженного под горными сооружениями и континентами в целом, повышения скорости сейсмических волн и проявления перекомпенсации в мантии рифтовых структур с малыми скоростями разрастания океанического дна, понижения скорости сейсмических волн и недокомпенсации вещества в мантии рифтовых структур с большими скоростями разрастания океанического дна, пережима вертикальной колонны разогрева в мантии вулканических дуг.

В заключение остается добавить, что данные сейсмической томографии значительно углубляют наши знания о земных глубинах, дают мощный стимул для новых теоретических построений. Нам представляется, что при расширении сети цифровых сейсмических станций, увеличении точности и разрешающей способности этот метод мог бы стать одним из главных в познании закономерностей динамики Земли.

⁹ Хаин В. Е. Указ. соч.

Дефицит кислорода и фауна подводных гор

К. Н. Несис,
доктор биологических наук
Москва

В О МНОГИХ районах Мирового океана, особенно по окраинам высокопродуктивных зон, существуют обширные слои с дефицитом растворенного кислорода: содержание O_2 ниже 1 мл/л, а местами не превышает 0,1—0,2 мл/л. Они образуются в замкнутых круговоротах на периферии тропических областей, где вертикальная циркуляция вод затруднена, и располагаются между поверхностным перемешанным слоем и нижележащим промежуточным слоем холодных и тяжелых вод (которые формируются на поверхности в высоких широтах и потому богаты кислородом, а затем, перемещаясь к экватору, постепенно погружаются). Большинство обитателей этих водных толщ совершают суточные вертикальные миграции: днем опускаются в слой дефицита и впадают в своеобразную «спячку», т. е. почти не потребляют кислорода, а ночью поднимаются к поверхности, в слой с содержанием O_2 около 5 мл/л, где могут «отдышаться»¹.

Гораздо труднее обитателям придонного слоя и дна — они не могут подняться к поверхности. С подводных обитаемых аппаратов удалось обнаружить разнообразие механизмов адаптации морских животных к дефициту кислорода, особенно важное для населения подводных гор.

Макушки нескольких плосковершинных подводных гор (гайотов) хребта Наска в юго-восточной части Тихого океана находятся на границе бедного кислородом тропического подповерхностного и богатого им субантарктического промежуточного слоев. Эта граница колеблется, так что вершины гор

попадают то в один слой, то в другой. По наблюдениям из подводного аппарата «Север-2» на горе Профессора Месяцева, в периоды, когда лежащая на глубине 310—330 м вершина оказывается в тропических водах с содержанием O_2 0,15—0,2 мл/л, доминирующие на ней лангусты (*Projasus bahamondei*) и морские окуни (*Helicolenus lengerichi*) спускаются на склоны; когда же вершину омывают субантарктические воды с содержанием O_2 0,4—0,6 мл/л, лангусты возвращаются на вершину, а морские окуни дожидаются, пока содержание O_2 не повысится до 2,5 мл/л за счет примеси еще более богатых кислородом антарктических вод².

В экваториальных водах восточной части Тихого океана вариации содержания кислорода в подповерхностных слоях выражены еще резче. Американские ученые, обследовав подводную гору (вулкан № 7) меж-

ду побережьем Мексики и о. Клиппертон (13°23' с. ш., 102°27' з. д.) с подводных аппаратов «Альвин» (обитаемый) и «Ангус» (необитаемый) и используя донные пробоотборники, ловушки для звески, планктонные сети и т. п., обнаружили³, что жизнь на подводной горе зависит от чрезвычайно малых колебаний концентрации O_2 . Его дефицит над вулканом начинается уже с глубины 70 м. На глубинах 288—1077 м его содержание ниже 0,1 мл/л. В этот слой попадает и вершина горы (глубина 730 м), тогда как склоны время от времени омывают воды с более высоким содержанием кислорода. Верхний слой воды высокопродуктивен, но уже на глубине 50—100 м количество планктона резко падает. В толще воды кислорода столь мало, что организмы, потребляющие и разлагающие органическое вещество, развиваться не могут, и свежая органика (даже неповрежденные остатки планктонных организмов) достигает дна. В донных осадках

² Головань Г. А., Пахорков Н. П., Левин А. Б. // Тез. докл. II съезда советских океанологов. Ялта, 1982. Вып. 6. С. 46—47.

³ Wishner K. et al // Nature. 1990. V. 346. N 6279. P. 57—59.

¹ Виноградов М. Е., Воронина Н. М. // Океанология. 1961. Т. 1. Вып. 4. С. 670—678; Belman W. B. // Limnol. and Oceanogr. 1979. V. 23. N 4. P. 735—739.





Заросли кораллов на подводных горах Индийского океана: слева — на вершине горы Безрукова, в водном слое без дефицита кислорода (глубина 563 м); справа вверху и внизу — на склонах горы

Эррор, глубже слоя дефицита кислорода (1400—1500 и 1000 м). Снимки сделаны с подводного аппарата «Пайсис» в экспедиции научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш» в 1984 г.



много хлорофилла, бактерий, а содержание органики в грунте необычайно велико — почти 4%. Но несмотря на обилие пищи, крупных животных на вершине, где содержание O_2 всего 0,08—0,09 мл/л, почти нет. Из подводного аппарата видели лишь единичных макрурусов (*Nezumia liolepis*) и мелких кишечнополостных. Зато мейобентос — крохотные донные животные (простейшие, нематоды и др.), хорошо переносящие недостаток O_2 , чрезвычайно обилён, местами более 200 тыс. экз. на $1 м^2$.

На верхней части склонов (750—770 м) фауна становится богаче, а на уровне 800—810 м (содержание O_2 0,11—0,16 мл/л) достигает максимального обилия. Там живут многочисленные губки, актинии, морские перья, трубчатые многощетинковые черви, десятиногие раки из рода *Munidopsis*, креветки *Heteroscarus nesis* и *Benthescymus altus*, придонные мизиды, морские звезды, офиуры, из рыб — макрурусы и др. Численность только крупных беспозвоночных и рыб достигает 19 экз./ $м^2$, а более мелких — свыше 8,4 тыс. экз./ $м^2$. Мейобентос, напротив, на этих глубинах немногочислен, вероятно, из-за обилия потребителей.

Таким образом, повышение содержания кислорода в среднем на 0,05 мл/л оказывается достаточным, чтобы уже в 20—40 м от вершины жизнь начала расцветать, а в 70—80 м достигала изобилия. Средние значения мало о чем говорят, так как кислород поступает на склоны импульсами — с приливными волнами суточной или полусуточной периодичности. Но, видимо, при содержании O_2 выше 0,13—0,15 мл/л условия существования макрофауны приближаются если не к нормальным, то, во всяком случае, к приемлемым. Глубже 1000 м дефицита кислорода нет, но численность всех донных организмов — от бактерий до рыб — резко снижается: крупных животных — до 0,5 экз./ $м^2$, мейобентоса и бактерий — в несколько раз. Но это обычный для открытого океана эффект уменьшения с глубиной количества пищи для донных обитателей. Кислород тут уже ни при чем.

Горизонты фотографии

Б. И. Шапиро



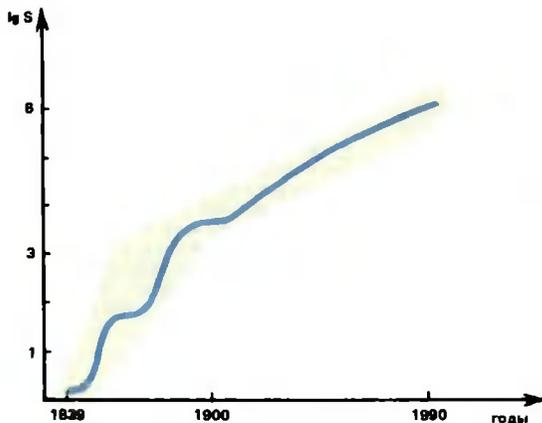
Борис Исаакович Шапиро, доктор химических наук, заведующий лабораторией физико-химических и фотографических исследований Всесоюзного государственного научно-исследовательского и проектного института химико-фотографической промышленности. Занимается исследованием физико-химических процессов в фотографии. Лауреат Государственной премии СССР.

ФОТОГРАФИЯ, по существу, является уникальным вкладом фотохимии в развитие других областей знания, материального производства и, что особенно важно, человеческой культуры. Никого не нужно убеждать сейчас в том, сколь значительно это достижение человеческой мысли и рук. Тем более интересно и методологически полезно попытаться осмыслить место фотографии в системе общих фотохимических представлений и среди известных фотохимических процессов.

Сразу следует отметить, что даже наиболее высокочувствительные черно-белые фотоматериалы все еще значительно уступают по чувствительности человеческому глазу. Достигнутый предел для фотоматериалов составляет 10—20 тыс. ед. ГОСТ, в то время как чувствительность глаза оценивается приблизительно в 1 млн. ед. ГОСТ (1 ед. ГОСТ соответствует 1 лк·с). Мы довольно хорошо видим при свете Луны, однако фотографировать при таком освещении трудно — для этого нужна чувствительность в 100 тыс. ед. ГОСТ. Правда, говоря о чувствительности, не следует упускать из виду, что разрешающая способность у фотоматериалов больше, чем у глаза.

До недавнего времени цветная фотография, имеющая существенное преимущество перед черно-белой по информативности, еще в большей степени уступала по чувствительности человеческому глазу. Однако в начале 80-х годов в цветной фотографии произошел качественный скачок — появились негативные и обращаемые пленки нового поколения, которые по светочувствительности не только приблизились к соответствующим черно-белым фотоматериалам, но и значительно превзошли их. Так, в инструкции к негативной цветной пленке SR-G3200 фирмы «Коники» (Япония) указано, что съемку в условиях ночного освещения городской улицы на этой пленке с чувствительностью 3200 ед. ISO (приблизительно 3000 ед. ГОСТ) можно производить с выдержкой 1/60 с при диафрагме 4,0.

Прогресс в светочувствительности фотоматериалов за время развития фотографии огромен. За первые 100 лет развития фото-



Рост светочувствительности S (в отн. ед.) фотоматериалов за 150 лет существования фотографии.

графии она выросла приблизительно в 10 тыс. раз, а за последние 50 лет увеличилась еще в 100 раз. Портретные съемки, производившиеся в середине XIX в. на коллоидных слоях, продолжались минутами, поэтому «пациента» приходилось фиксировать с помощью штативов. Сейчас чувствительность такова, что можно легко фотографировать спринтера, получая совершенно резкие фотографии.

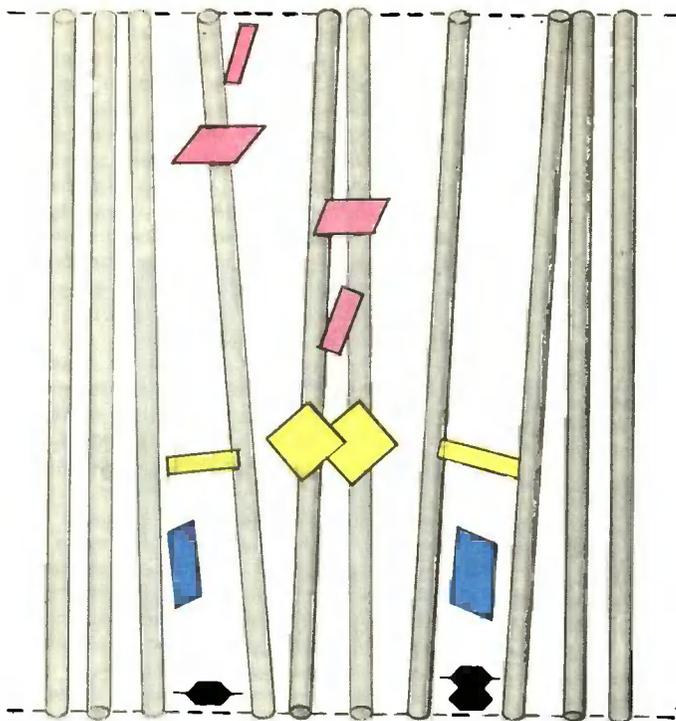
Мы сделаем попытку рассмотреть тенденции развития фотографических процессов и сравнить принципы их организации с природными фотохимическими процессами. Иначе говоря, попробуем разобраться, какое место занимает фотография среди других химических средств преобразования лучистой энергии, и прежде всего среди наиболее совершенных природных, созданных многомиллионной историей эволюции.

В отличие от природных процессов регистрации и преобразования солнечной энергии — фоторецепции (зрения) и фотосинтеза высших растений — фотография эволюционировала за исключительно короткий срок, всего за 150 лет. Причина такого краткого по историческим меркам фотографического «спринта» вполне очевидна — потребность человеческого общества в средствах регистрации информации, стремление не только запечатлеть себя для потомков, но и создать более совершенный портрет своего времени. «Фотографический голод» общества был, и в какой-то мере остается и сегодня, самым действенным побудительным началом развития фотографии.

А реальной предпосылкой для ее открытия и развития стал высокий уровень химических знаний, накопленный в Европе к середине XIX в. Характерно, что формально фотография развивалась независимо от изучения природных фотохимических процессов. Дело в том, что в период ее формирования практически ничего не было известно о фоторецепции, а к тому времени, когда такие знания появились, реально они уже не могли повлиять на фотографию. Тем более интересно сравнить основополагающие принципы этих процессов, выявить черты их сходства и различия.

Прежде всего бросается в глаза принципиальное отличие фотографического процесса на основе галогенидов серебра от фотопроцессов в живой природе. Фотография построена на фотохимии неорганического субстрата — галогенида серебра AgHal , в то время как естественные процессы, начиная с фотохимической стадии и включая последующие темновые реакции, — на органических соединениях. В классическом черно-белом фотографическом процессе светочувствительными элементами являются микрокристаллы AgHal , хаотически распределенные в желатиновом слое. После поглощения микрокристаллом AgHal квантов света в нем образуются каталитические серебряные центры скрытого фотографического изображения — частицы серебра Ag_n^0 . В результате последующего восстановления галогенида серебра на этих центрах в процессе проявления формируется оптическая плотность серебряного изображения. Следует сразу сказать, что совершенствование фотографического процесса стало возможным лишь благодаря применению органических соединений, таких как проявляющие вещества, спектральные сенсibilizаторы, цветообразующие компоненты, стабилизаторы и др. Как будет показано дальше, в этой второй, «органической», жизни фотографических процессов просматривается определенная общность с природными. Более того, фотография как бы выбрала в себя самое лучшее, что было накоплено долгой эволюцией в фоторецепции и фотосинтезе.

Применение на первичной стадии фотографического процесса неорганического субстрата в какой-то степени было определено тем, что создавался высокочувствительный фотоматериал однофазового действия, т. е. для получения одного отпечатка события. Природные же процессы непрерывны, а потому многократны, и природа выбрала для их воплощения органические соединения.



Схематическое изображение фотосинтетического реакционного центра. Клеточная мембрана (изображена пунктиром) пронизана «стержнями» несущего белкового каркаса, на которых фиксируются реакционные центры из димера бактериохлорофилла (желтые квадраты), мономеры бактериохлорофилла (желтые прямоугольники), молекулы бактериофитина (синие параллелепипеды) и четыре гема (красные параллелепипеды). Внизу зеленым цветом показаны молекулы цитохромов.

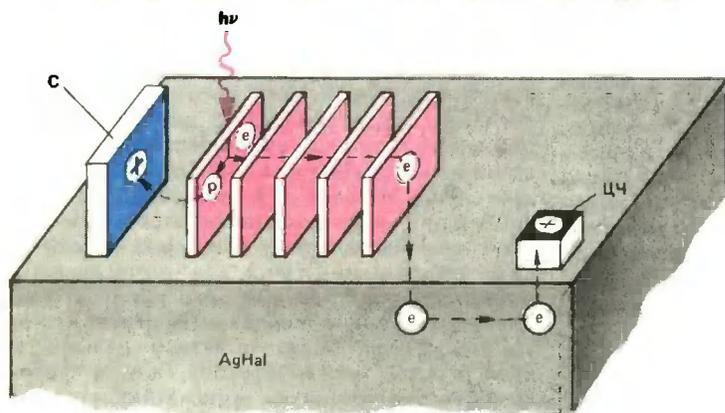
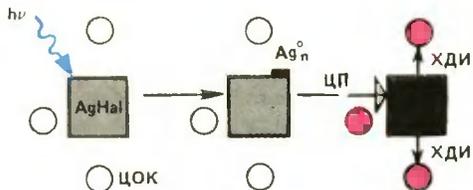


Схема разделения зарядов при спектральной сенсбилизации AgHal. При фотовозбуждении агрегата красителя (показан красным цветом) квантом света $h\nu$ образуются фотозлектрон e и фотодырка p . Электрон захватывается дефектом поверхности — центром чувствительности (ЦЧ), а дырка — суперсенсбилизатором (С).

Рассмотрим некоторые черты сходства между фотографическими и природными процессами. Речь пойдет прежде всего о спектральной сенсбилизации. (Она была открыта в 1873 г., через 34 года после рождения фотографии, Г. В. Фогелем.) Сам по себе галогенид серебра чувствителен в синей области спектра ($\lambda < 520$ нм). Чтобы сделать его чувствительным в зеленой, красной и инфракрасной областях, применяют органические красители — спектральные сенсбилизаторы. Обращает на себя внимание прин-

ципальное сходство в организации процесса преобразования энергии электромагнитного излучения в фотохимических реакциях при спектральной сенсбилизации AgHal и фотосинтезе в высших растениях. Для этого в обоих процессах используются органические красители с хорошо развитой системой сопряжения. При фотосинтезе это природный пигмент хлорофилл (магнийевый комплекс порфирина), который, как было показано еще Э. Беккерелем, является спектральным сенсбилизатором и для AgHal. Впрочем наиболее подходящими для спектральной



Принципиальная схема цветного фотографического процесса. На первой стадии квант света $h\nu$ воздействует на микрокристалл $AgHal$, в результате чего образуется центр скрытого фотографического изображения Ag_n^0 . Далее $AgHal$ под действием цветного проявителя (ЦП) восстанавливается до серебра, а продукт окисления проявителя хинондимин (ХДИ) взаимодействует с цветообразующим компонентом (ЦОК), содержащимся в микрокаплях органического растворителя, образуя краситель изображения (показан красным цветом).

сенсibilизации галогенидов серебра оказались красители другого класса — полиметиновые или цианиновые. Их поглощение более селективно, однако химически и фотохимически они менее стабильны, чем природные пигменты. Вероятно, поэтому природа предпочла их более прочным полипиррольным пигментам для обеспечения многократности фотохимического действия.

Первичный акт сенсibilизации в обоих процессах осуществляется из первого синглетного состояния фотовозбужденной молекулы за времена порядка 10^{-11} с. Участие синглетного, а не более долгоживущего триплетного состояния, с одной стороны, обеспечивает «экономия энергии» в фотохимическом процессе, а с другой — уменьшает вероятность побочных химических реакций, т. е. позволяет достичь большей селективности процесса. Важно и то, что первичный акт представляет собой фотоперенос электронов от фотовозбужденного красителя на химический субстрат, в чем также проявляется общность процессов.

Очень короткое время жизни фотовозбужденного состояния красителя предъявляет жесткие требования к процессу эффективного разделения в пространстве фотогенерированных зарядов — электронов и дырок, что требует определенной пространственной и энергетической организации разделения зарядов. Это достигается, прежде всего, за счет образования агрегатов красителей, содержащих две и больше молекул, в которых происходит первичное разделение электронов и дырок. Однако главная особенность фотопроцесса заключается в четкой организации последующего эффективного разделения зарядов. Впрочем, разделение зарядов — общая проблема химии окислительно-восстановительных реакций.

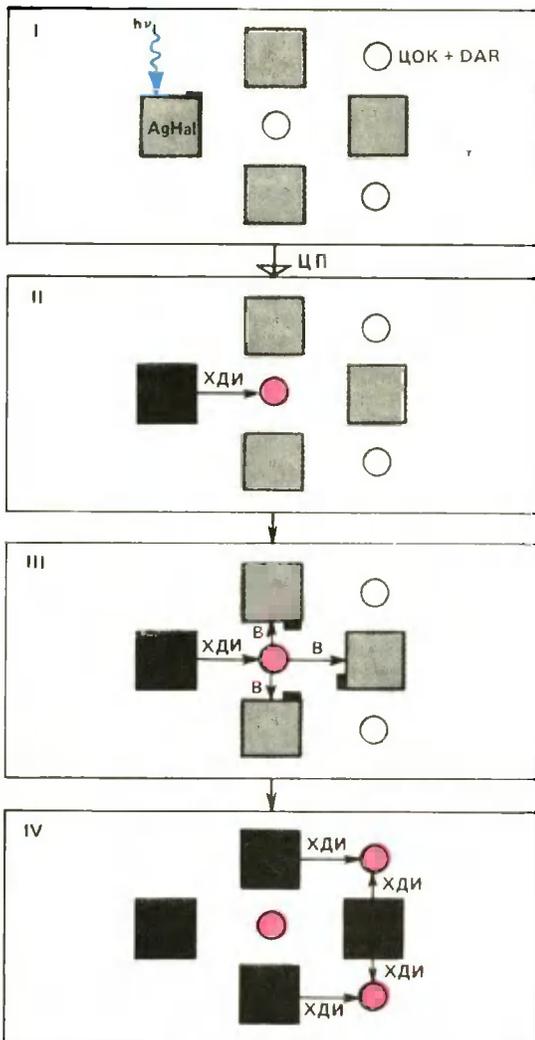


Схема действия DAR-компонента, входящего в каплю органического растворителя вместе с ЦОК. I — стадия засветки микрокристаллов $AgHal$, II — стадия образования при цветном проявлении ХДИ и красителя изображения (показан красным цветом), III — стадия отщепления от DAR-компонента вуалирующего остатка (В), IV — стадия проявления завуалированных микрокристаллов $AgHal$ и образования дополнительного красителя изображения.

При совершенствовании фотосинтеза природа затратила немало усилий на очень сложную конструкцию для реализации этого процесса, но благодаря ей достигается выигрыш как в его эффективности и селективности, так и в защищенности от помех. Трехмерную структуру фотосинтетического реакционного центра определили на основе рентгенографических данных Х. Михель, Й. Дайзенхофер и Р. Хубер, которые за эту работу

были в 1988 г. удостоены Нобелевской премии. Схематически организацию молекул при фотосинтезе можно представить следующим образом: «стержни» белкового каркаса пронизывают клеточную мембрану и несут на себе элементы фотосинтетической цепи. Под действием света электрон от реакционного центра, состоящего из димера бактериохлорофилла, устремляется вниз через мембрану, туннельно перескакивая с одного электронного переносчика на другой. Эти переносчики находятся на фиксированных белковыми молекулами расстояниях порядка 1 нм. Роль переносчиков играют мономеры бактериохлорофилла, бактериофитин (та же молекула, но без иона Mg^{2+}) и хинон (в частности, менахинон). «Дырка», оставшаяся на димере после потери электрона, компенсируется в результате переноса другого электрона сверху, от нависающего над димером цитохрома С, состоящего из 4 гемов (железосодержащих комплексов).

Эффективное разделение зарядов осуществляется и при спектральной сенсibilизации галогенидов серебра благодаря уникальным свойствам $AgHal$. Первичное разделение фотозарядов происходит в агрегате красителя, который условно можно представить состоящим из нескольких плоских молекул красителей, стоящих на ребре перпендикулярно поверхности микрокристалла $AgHal$. Далее фотоэлектрон из агрегата инжектируется в зону проводимости $AgHal$, удаляется по зоне от дырки, а затем захватывается положительно заряженным дефектом поверхности. При нейтрализации захваченного электрона ионами серебра образуется серебряный центр скрытого фотографического изображения. Дырка же в результате туннельных переходов попадает на молекулу суперсенсibilизатора. В современных фотографических материалах эффективность разделения зарядов, как и в фотосинтезе, близка к 100 %.

Развитие фотографических процессов на основе галогенидов серебра — яркий пример усложнения системы. В чем оно заключается? Во-первых, в пространственном разделении фотохимической и последующей химической стадии процесса. В классическом черно-белом процессе стадии воздействия света и последующего образования изображения совмещены в пространстве. В современном же цветном фотографическом процессе эти стадии разделены: свет воздейст-

вует на микрокристаллы $AgHal$, а изображение в виде красителя формируется в другом месте — в микрокапле органического растворителя, содержащей цветообразующий компонент (ЦОК). Это разделение двух стадий в пространстве и во времени позволяет более гибко и разнообразно регулировать процесс образования изображения. Однако главное следствие такой организации фотопроцесса в том, что появляется возможность саморегуляции или автоматической регуляции процесса, поскольку датчик сигнала (микрокристалл $AgHal$) отделен от приемника (капли растворителя с ЦОК) и между ними возможна обратная связь. Заметим, что саморегуляция — основной принцип природных процессов. Обратная связь возникает, когда при образовании красителя изображения в капле от цветообразующего компонента отщепляется фотографически активная группа, влияющая на ход всего процесса проявления. Речь идет о так называемых DIR- и DAR-компонентах, к которым мы вернемся позже.

Что дает обратная связь в фотографических процессах? Посмотрим на это с точки зрения основной проблемы фотографии — проблемы светочувствительности. Здесь коренным вопросом является регулирование проявления, т. е. усиления скрытого изображения. Речь идет о преимущественном выделении полезного сигнала, определяющего чувствительность фотографического материала, от «шума», приводящего к так называемой вуали. Такая дискриминация, в принципе, возможна благодаря различной кинетике двух процессов — проявления центров скрытого изображения и проявления центров вуали. Поэтому необходимо так организовать процесс проявления, чтобы создать «режим наибольшего благоприятствования» для усиления центров скрытого изображения и поставить барьеры на пути проявления вредных центров вуали. То есть необходимо первоначально резко ускорить проявление центров скрытого изображения и в тот момент, когда оно наберет скорость, достаточную для достижения нужных фотографических показателей, включить механизм торможения, препятствующий проявлению центров вуали. Именно в цветном процессе за счет более сложной организации системы возможно такое регулирование.

В настоящее время отдельные стадии этой программы уже осуществлены с помощью DAR- и DIR-компонентов, отщепляющих в реакции с окисленной формой проявляющего вещества — хинондииминном — упоминавшиеся остатки, которые ускоряют или тормозят проявление. Действие DAR-

компонента (аббревиатура от англ. development accelerator releasing — освобождение ускорителя проявления) состоит в следующем. На первой стадии после засветки микрокристалла AgHal образуются серебряные центры проявления, которые на второй стадии служат каталитическими центрами восстановления AgHal под действием цветного проявителя — производного пара-фенилендиамина. Его продукт окисления — хинондиимин — взаимодействует как с основным цветообразующим компонентом, образуя краситель изображения, так и с DAR-компонентом, отщепляя от него вуалирующий остаток (В), вызывающий на третьей стадии образование каталитических серебряных центров на близлежащих незасвеченных кристаллах AgHal. На последней, четвертой стадии в результате проявления этих кристаллов увеличивается количество образующегося в единицу времени хинондиимина и, как следствие, скорость нарастания оптической плотности изображения. После окисления серебра образующееся наряду с цветным «черно-белое» изображение отбеливается, и остается лишь усиленное цветное изображение. Однако, если процесс интенсификации вовремя не остановить, произойдет также усиление и центров вуали. Для предотвращения этого наряду с DAR-компонентом в цветообразующую каплю вводят DIR-компонент (от англ. development inhibitor releasing — освобождение ингибитора проявления). Тогда после выделения вуалента из DAR-компонента и усиления за этот счет цветного проявления от DIR-компонента, обладающего по сравнению с DAR меньшей реакционной способностью, с некоторой задержкой отщепляется ингибитор проявления I, резко тормозящий весь процесс. При этом в силу обратной связи чем интенсивнее проявление, т. е. чем больше образуется хинондиимина, тем сильнее торможение и, таким образом, активнее осуществляется автоматическое регулирование процесса.

Управление фотографиями усилением уже позволило резко увеличить чувствительность цветных негативных пленок (до 1000 и 3200 ед. ISO). Нетрудно заметить, что современная реализация алгоритма фотографиями процесса довольно трудна и весьма несовершенна. Продолжая аналогию между природными и фотографиями процессами, можно шире рассматривать проблему программирования этих процессов. Наиболее реальный путь, выбранный живой природой для регуляции сложных биохимических процессов во времени, — создание химического набора программ в виде генов или макромолекул ДНК. В прин-

ципе, возможно создание таких программ химических реакций и в фотографическом слое. Условно их можно назвать фотогеномами или фотопрограммами. Они должны управлять всей последовательностью и кинетикой процессов. При этом алгоритм химического процесса можно записать определенным сочетанием фотографически-активных соединений. Под действием химических соединений — ключей (К), образующихся в фотографической системе после начала проявления микрокристаллов AgHal, из программатора должны выделяться по определенному закону отдельные вещества. Они или продукты их превращения могут как ускорять проявление и препятствовать образованию вуали, так и тормозить его, а также служить спектральными сенситизаторами (Кр) и т.п. Их выделение в определенные моменты фотографического процесса должно влиять как на направление, так и на скорость процесса обработки информации. Можно полагать, что в будущем химическое программирование позволит создавать на основе одной и той же фотографической эмульсии разнообразные фотографические системы: негативные, обращаемые, черно-белые, цветные, диффузионные и др. Подобно тому как гены определяют «лицо» того или иного организма, фотопрограмматоры будут определять «лицо» фотографического процесса.

Необходимо отметить новое замечательное свойство цветофотографиями процесса, возникающее как следствие его усложнения. Речь о новой границе раздела фаз — водного раствора и капель гидрофобного органического растворителя, в котором растворен цветообразующий компонент. Если использовать довольно грубое сравнение, то можно сказать, что цветофотографиями процесс организован на «клеточном» уровне, так как образование красителя идет в отдельных микрокаплях.

Что дает эта граница? В свое время образование границ между протоплазмой и средой (липидные мембраны) привело к появлению живой клетки. Границы раздела прежде всего увеличивают количество возможных вариантов химических процессов. В связи с этим хотелось бы привести выдержку из работы Й. Берцелиуса 1836 г., в которой содержится замечательное предвидение, проникновение в суть гетерогенных клеточных процессов: «У нас есть основательный повод предполагать, что в растениях и животных между тканями и жидкостями

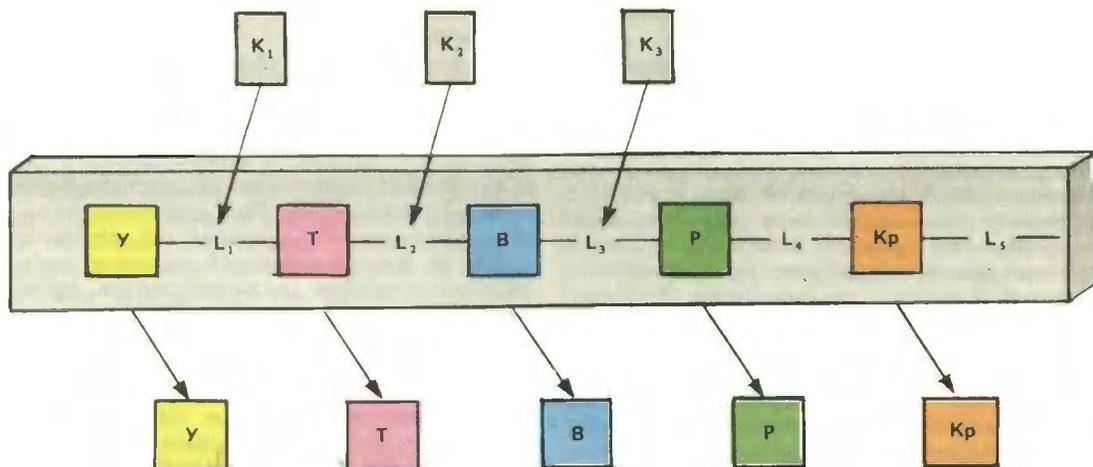


Схема действия химического программатора. Под действием определенных химических соединений K_1 , K_2 , K_3 от молекулы программатора отщепляются фотографически активные соединения — ускорители проявления (У), тормозители (Т), вуаленты (В), растворители $AgHal$ (Р), красители (Кр) и др. Буквами L_1 , L_2 и т. д. обозначены звенья цепи молекулы программатора.

ми протекают тысячи каталитических процессов, вызывая множество разнородных химических соединений, для образования которых из общего сырого материала, из сока растений и крови, мы никогда не могли бы усмотреть приемлемую причину; эту причину мы в будущем, может быть, откроем в каталитической силе организованной ткани, из которой состоят органы живого тела».

И фотосинтез, и фоторецепция протекают в клеточных гетерофазных системах, и природа умело использует преимущество таких систем. Клеточная организация фотографического процесса также открывает новые возможности использовать «каталитическую силу организованной ткани», на которую указал Берцелиус. Если предположить, что от цветообразующего компонента в реакции образования красителя может отщепляться некий катализатор, способный избирательно инициировать окисление проявляющего вещества до хинондиимина на поверхности капли, то можно ожидать значительного усиления оптических плотностей изображения. При этом окислителем может служить уже не галогенид серебра, а другой вводимый в систему электронный акцептор, сам по себе, по кинетическим причинам, не способный окислять проявляющее вещество. Таким образом, речь идет о двухкаскадном каталитическом усилении первичного фотохимического воздействия на си-

стему. Именно двухкаскадная схема каталитического усиления использована в зрительной рецепции, по чувствительности существенно превосходящей фотоматериалы.

В настоящее время в фотографии применяют однокаскадное усиление при проявлении микрокристаллов $AgHal$. Коэффициент усиления на первой каталитической стадии около 10^9 (т. е. на один фотон выделяется $\sim 10^9$ атомов серебра). Если коэффициент усиления на второй каталитической стадии будет порядка 10^3 — 10^4 , то в такое же число раз может быть увеличена светочувствительность фотоматериала. При исходной чувствительности 100 ед. ГОСТ второй каскад усиления способен поднять ее до 100 тыс. или 1 млн. ед. ГОСТ, т. е. до чувствительности глаза. Анализ фотографического процесса с точки зрения соотношения сигнал — шум показал, что для практически приемлемой зернистости изображения (~ 30) такие показатели вполне достижимы. Более того, в литературе прогнозируются, правда, без указания конкретных путей достижения высокой чувствительности, следующие сроки разработки таких материалов — 100 тыс. ед. ISO к 2010 г., 5 млн ед. ISO к 2040 г.

Интересно проследить за тенденцией развития фотографических процессов. При переходе от черно-белой к цветной фотографии она состояла в разделении стадий воздействия света и образования изображения в пространстве. Далее в соответствии с диалектическим законом отрицания отрицания следующая степень развития должна заключаться в их объединении, однако на качественно новой основе. Речь идет о новой

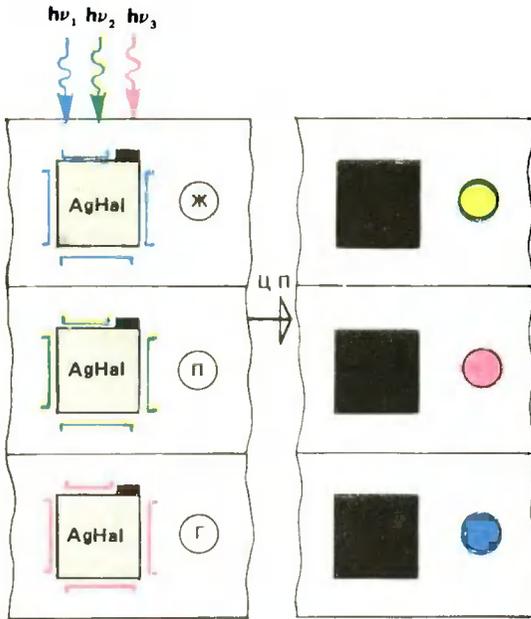
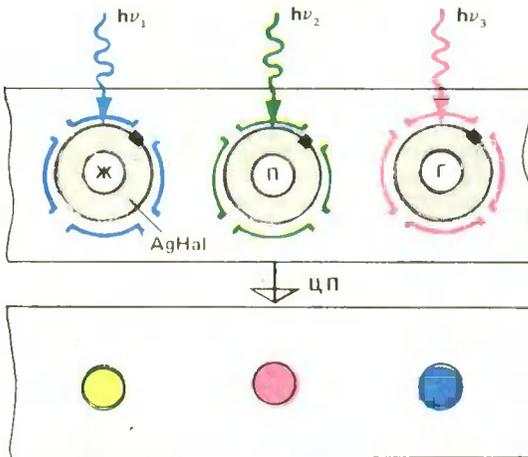


Схема многослойного цветного фотоматериала. В трех основных слоях содержатся микрокристаллы AgHal, спектрально sensibilizированные к синему $h\nu_1$, зеленому $h\nu_2$ и красному $h\nu_3$ свету, и соответственно желтые [ж], пурпурные [п] и голубые [г] цветообразующие компоненты. После засветки и цветного проявления (ЦП) послойно образуются соответствующие красители изображения (с п р а в а).



Перспективный однослойный вариант цветного фотографического материала, в котором цветообразующие компоненты ж, п, г покрыты оболочкой AgHal, sensibilizированной к синему $h\nu_1$, зеленому $h\nu_2$ и красному $h\nu_3$ свету. После воздействия на микрокристаллы AgHal соответствующих квантов света и цветного проявителя (ЦП) образуются желтый, пурпурный и голубой красители изображения (в н и з у).

архитектонике фотографического слоя и, в частности, в создании таких микрокапсульных систем, в которых на каплю органического растворителя, содержащего цветообразующий компонент, или просто даже на этот компонент, наращена оболочка галогенида серебра.

Что может дать такая организация фотопроцесса? Прежде всего, возможность создания цветофотографического процесса не на многослойных фотоматериалах (где каждый из трех цветоделительных слоев поглощает соответственно синий, зеленый и красный свет и образует желтый, пурпурный и голубой красители), а на однослойных. Для этого каждый из цветообразующих компонентов можно, например, ввести в каплю органического растворителя и покрыть оболочкой AgHal, после чего в зависимости от типа компонента галогенид серебра может быть спектрально sensibilizирован красителем к нужной части спектра. После проявления оболочки из AgHal в каплях образуется соответствующий краситель изображения.

Подводя итог, можно сказать, что в развитии фотохимических средств регистрации информации за сравнительно короткий срок мы достигли очень многого. При этом целый ряд принципиальных решений совпал с принципами природных процессов, что представляется вполне закономерным. Естественно, что разработанные человеком способы были проще, чем найденные природой в результате многовековой эволюции, основополагающими принципами которой являются усложнение процессов и дробление их на множество отдельных стадий. Эти принципы пока не в полной мере использованы в фотографии. Тем не менее можно с уверенностью сказать, что классический фотографический процесс на основе галогенидов серебра благодаря своему усложнению в «цветном варианте» уже получил новую жизнь. Нет сомнений, что применение отобранных естественной эволюцией принципов клеточной организации, многокаскадного каталитического усиления и химического программирования придаст новый импульс развитию фотографии в недалеком будущем.

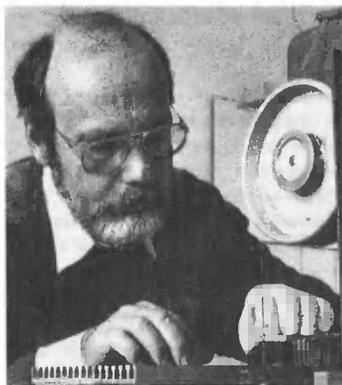
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Джеймс Т. Х. ТЕОРИЯ ФОТОГРАФИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА. 4-е изд./ Пер. с англ. Л., 1980.

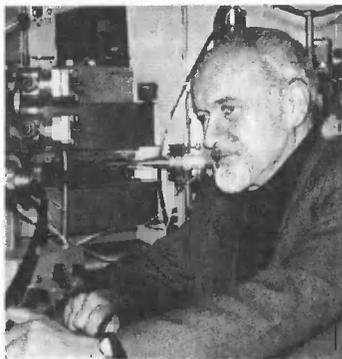
Чибисов К. В., Шеберстов В. И., Слущкин А. А. ФОТОГРАФИЯ В ПРОШЛОМ, НАСТОЯЩЕМ И БУДУЩЕМ. М., 1988.

Экспедиции за метеоритами

Л. Шульц, Ю. А. Шуколюков



Лудольф Шульц, профессор, руководитель группы метеоритных исследований Института химии Общества им. Макса Планка (Майнц, Германия), член Европейского комитета по сбору и изучению антарктических метеоритов. Член Метеоритного общества США. Специалист по изотопной космохимии, в частности, занимается определением возраста метеоритов.



Юрий Александрович Шуколюков, доктор химических наук, председатель Комитета по метеоритам АН СССР, заведующий лабораторией изотопной геохимии, космохимии и геохронологии Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР, профессор кафедры геохимии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Область научных интересов — изотопная геохимия, космохимия, геохронология и метеоритика.

С ОЛНЕЧНАЯ система состоит не только из центрального светила и планет с их лунами: помимо комет и астероидов, из которых примерно 4 тыс. можно наблюдать с помощью астрономических приборов, в ней, словно в гигантской шаровой мельнице, вращается множество обломков этих объектов. Все они движутся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам.

Если такой осколок-метеорит массой несколько тонн и скоростью более 10 км/с сталкивается с Землей, атмосфера не может его полностью затормозить. Сильнейший удар космического пришельца о поверхность планеты приводит к возникновению кратера той или иной величины в соответствии с размерами, скоростью и массой метеорита. К счастью, такие происшествя редки.

Разумеется, на Землю падает множество более мелких метеоритов — массой в килограммы и менее. Пролетая сквозь атмосферу, они обгорают, теряют значительную часть массы и первоначальную скорость и достигают поверхности Земли с обычным ускорением свободного падения.

Падения метеоритов — далеко не частые события. Между 1958 и 1968 гг. ежегодно наблюдалось в среднем по 7 падений, при которых сразу же удавалось найти остатки метеорита. Находок метеоритов с неизвестным временем падения в эти годы было всего в 3 раза больше. Но с 1969 г. число находок неожиданно резко возросло.

НАХОДКИ МЕТЕОРИТОВ В АНТАРКТИДЕ

До этого года на территории Антарктиды было найдено только 4 метеорита, да и то случайно. Но антарктическим летом 1969/70 г. японские гляциологи обнаружили... сразу 9 «неземных камней», почему-то сконцентрированных на поле голубого льда у гор Ямато¹. Лабораторные исследования показали, что это не обломки одного объекта, так как они относятся к метеоритам разных классов. Когда эти результаты были опубли-

¹ Yoshida M., Ando H., Omoto K. et al // Antarctic-Record. 1971. N 39. P. 62—65.

ликованы, стало понятно, что в Антарктиде могут храниться огромные «сокровища» метеоритов! Из Японии, а с 1976 г. и из США в Антарктиду начали регулярно направлять экспедиции для поисков метеоритов.

Успех был беспрецедентный: на ледяных полях Антарктиды собрано почти 13 тыс. метеоритных осколков. Через некоторое время в литературе появились обзоры по антарктическим метеоритам².

Как и где находят метеориты в Антарктиде?

Наряду со случайными находками при геологических полевых работах основное количество метеоритов собрано в ходе целенаправленных систематических поисков. Прежде всего на полях голубого льда. Они проводятся не там, где образуется этот лед (не в зонах аккумуляции), а там, где снег и наружные слои льда сносятся сильнейшим ветром, дующим с полярных плато к окраинам континента (в зонах абляции).

На обычных ледниках лед постоянно подтаивает. Однако на полях голубого льда температура воздуха всегда держится ниже точки замерзания воды. Поэтому лед здесь благодаря сублимации или абразии ледяными и снежными частицами, переносимыми ветром, разрушается с поверхности — происходит удаление наружных слоев льда.

Именно на таких ледяных полях, составляющих небольшую часть поверхности Антарктиды, велика вероятность найти метеорит, особенно крупный. Дело в том, что метеориты при пролете сквозь атмосферу сильно нагреваются и даже оплавляются с поверхности. Поэтому упавший метеорит покрыт черной коркой и хорошо виден на льду.

До последнего времени поиски метеоритов были наиболее успешными на трех полях голубого льда. Найденные там метеориты получили названия от ближайших географических объектов: гор Ямато, холмов Аллана и скал Льюиса. Но антарктические метеориты обнаружены не только здесь. Они заметно концентрируются и в моренах или вблизи них. Конечно, тут искать метеориты гораздо труднее, поскольку они плохо отличаются от обычных пород. Здесь требуется опыт, терпение и хорошие глаза.

Поиски метеоритов в Антарктиде обычно делятся на два этапа. Сначала с самолетов или вертолетов осматривают ледяные поля, чтобы выяснить, есть ли вообще здесь метеориты. Если обнаружено содержащее метеориты ледяное поле, приступают к систематическим поискам, например со снегоходов.

Найденные метеориты собирают с большой тщательностью. Сначала как можно точнее определяют координаты места находки и запаковывают метеорит в тефлоновый мешок, чтобы исключить посторонние загрязнения. Затем, сохраняя температуру, при которой он был найден, метеорит доставляют в лабораторию, где он оттаивает в сухой азотной атмосфере, и составляют первое описание находки.

Вообще метеориты принято называть по географическим объектам вблизи места находок. Но в Антарктиде гораздо больше метеоритов, чем географических обозначений. Поэтому в название здесь вводят числовой код. Таким образом, «имя» метеорита состоит из географического названия, буквы, обозначающей экспедицию по сбору метеоритов (используется не всегда) и какого-то числа. Первые две цифры этого числа — год начала экспедиции, а за ним следует собственный номер пробы.

Например, название Allan Hills A81005 (или сокращенно ALHA81005) означает, что метеорит найден в районе Аллан Хилс экспедицией А, начавшей свою работу в Антарктиде в 1981 г., и получил номер 005.

ПОЧЕМУ В АНТАРКТИДЕ МНОГО МЕТЕОРИТОВ?

Прежде всего укажем две тривиальные причины. Во-первых, на ледяной поверхности метеориты заметны гораздо лучше, чем в любой другой местности, где из-за растительности и на фоне обычных пород удаётся различить лишь самые крупные. Иными словами, в Антарктиде можно обнаружить не только большие, но и маленькие метеориты, гораздо более распространенные (это отражается, в частности, в распределении найденных метеоритов по массе³). В Антарктиде чаще всего находят метеориты массой около 10 г (в других местах — 1—10 кг).

Вторая причина — климат. В антарктическом «холодильнике» средняя температура значительно ниже, чем в других областях Земли, где вода, то оттаивая, то замерзая в микротрещинах и капиллярах, разрушает метеориты. В Антарктиде же этот процесс разрушения выражен явно слабее, чем в местностях с обильными осадками и частыми колебаниями температуры.

Правда, на поверхности льда темные метеориты могли бы нагреваться солнечными лучами до температуры выше точки замерзания воды. Но это происходило бы

² Schultz L. // Naturwiss. 1982. Bd. 69. S. 220—225.

³ Koeberl C. // Die Geowissenschaften. 1988. Bd. 6. S. 106—114.



Поле голубого льда у Аллан Хилс, где найдено множество антарктических метеоритов.

Здесь и далее фото Л. Шульца

лишь в том случае, если бы метеориты не охлаждались сильным ветром. На полях же голубого льда ветры постоянны. Расчеты показывают, что скорость разрушения метеоритов в Антарктиде раз в 50 меньше, чем в областях с интенсивным воздействием жидкой воды.

ЛЕДЯНОЙ КОНВЕЙЕР

Наряду с рассмотренными процессами огромное число находок метеоритов в Антарктиде обусловлено передвижением льдов.

Метеориты, падающие на необозримые пространства антарктических плато, почему-то обнаруживаются преимущественно на полях голубого льда.⁴ Для объяснения этого явления предложен особый механизм — перенос метеоритов «ледяным конвейером». Метеориты, выпавшие на снежную поверхность, в конце концов вмораживаются в лед, вместе с которым перемещаются к краю континента. При встрече с препятствием, например горной цепью, лед тормозится. Сильный ветер, дующий с полярного

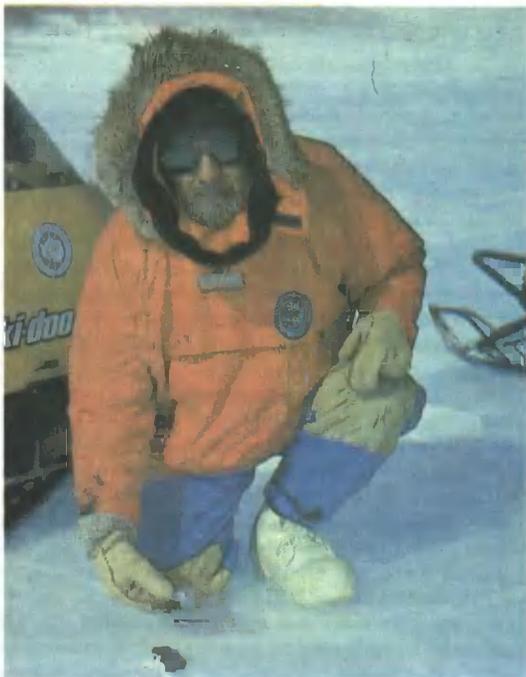
плато на север почти постоянно, во многих местах высвобождает лед от снега. В таких местах лед разрушается благодаря испарению, поэтому метеориты, перемещенные сюда, обычно оказываются на поверхности.

Типичными зонами концентрирования метеоритов оказались ледяные поля западнее Аллан Хилс. Именно здесь удалось проверить вышеописанный механизм. Прежде всего определялась скорость движения и испарения льда, а по земному возрасту метеоритов (время с момента падения) — длительность действия механизма концентрирования.

Для этого в 1978 г. ледяное поле от Аллан Хилс до побережья, на котором ранее обнаружили множество метеоритов, было покрыто триангуляционной сеткой длиной в 15 км. В 1981 г. современными приборами точно измерили расстояние между 24 металлических штангами, закрепленными во льду. Спустя 7 лет измерения повторили. По изменению расстояния между штангами рассчитали скорость движения льда, а по изменению длины торчащих из льда штанг — скорость испарения льда. Вдобавок толщину льда определили радиолокационным методом.

Оказалось, что в местах наибольшей концентрации метеоритов движение льда очень незначительно, а скорость испарения льда велика. Каждый год толщина ледяного поля уменьшается на 4—5 см, и на поверх-

⁴ Huss G. R. Meteoritics. 1990. V. 25. P. 41—56.



Метеорит, найденный на поле голубого льда. Темная кора плавления, образовавшаяся при пролете сквозь атмосферу, позволяет обнаружить даже маленькие осколки метеоритов.

ность выходят все новые и новые метеориты.

Таким образом, описанный механизм концентрирования метеоритов, похоже, действительно работает.

Земной возраст метеоритов определяют по концентрации космогенных радиоактивных изотопов. В межпланетном пространстве в метеороидах (родительских телах метеоритов) под действием космического излучения происходят ядерные реакции с образованием новых космогенных изотопов. Среди них есть и долгоживущие. Но на Земле метеориты экранируются от космического излучения атмосферой, и радиоактивные изотопы распадаются без поступления новых ядер. Сравнивая их концентрацию в только что упавших в других местах и найденных в Антарктиде метеоритах, можно рассчитать земной возраст последних. Обычно для таких определений используют радиоактивные изотопы ^{14}C , ^{26}Al , ^{36}Cl и ^{81}K .

Некоторым метеоритам с Аллан Хилс до миллиона лет, а большинство имеет земной возраст свыше 10^5 лет (у метеоритов других мест земной возраст гораздо меньше).

«ПАРНЫЕ» АНТАРКТИЧЕСКИЕ МЕТЕОРИТЫ

13 тыс. метеоритов, найденных в Антарктиде, не определяют число падений. Часто летящий в атмосфере метеорит разрушается на множество осколков. Покрытые коркой плавления, они рассеиваются на большой площади, имеющей форму эллипса. Один из примеров — метеоритный «железный дождь» 1947 г. в Сихотэ-Алине, после которого собрали почти 7 тыс. осколков общей массой около 14 т.

Можно предположить, что антарктические метеориты также порождены гораздо меньшим числом падений. Но, чтобы уточнить это, нужны дорогостоящие исследования всех обломков метеоритов, найденных в Антарктиде. Учитывая ограниченное число лабораторий, которые занимаются метеоритными исследованиями, этого не сделать в короткое время. Пока можно провести лишь грубую оценку, согласно которой на каждое падение приходится 4—10 метеоритных осколков⁵.

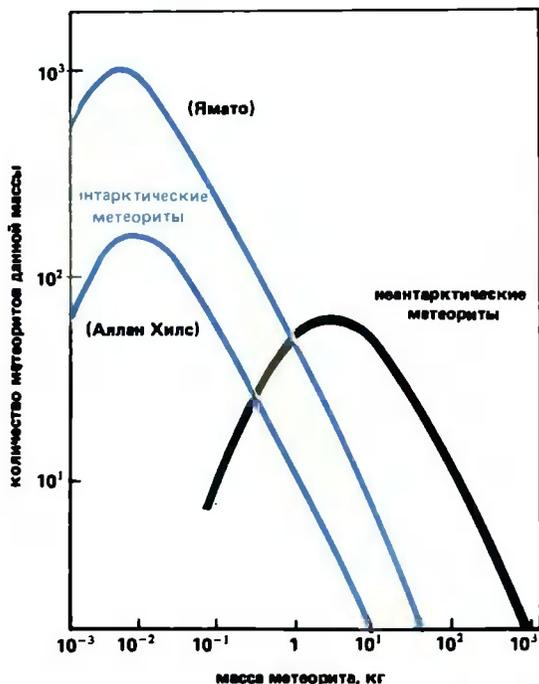
Поскольку в Антарктиде, как уже сказано, найдено около 13 тыс. осколков, число падений здесь составляет 1300—3200. Примерно столько же падений (около 2700) приходится на другие регионы земного шара.

ОСОБЫЕ ТИПЫ МЕТЕОРИТОВ

Хотя антарктические метеориты относительно малы, их масса достаточна для проведения разнообразных исследований. Современные экспериментально-аналитические методы позволяют получить всю важнейшую информацию о метеорите — минеральный, химический и изотопный состав, время кристаллизации минералов, радиационный и земной возрасты, тип метеорита и т. д. — имея в распоряжении менее 1 г. его вещества. Иногда в результате сравнительно простого анализа удается выявить необычный метеорит.

Именно такие аномальные образцы нередко попадают среди антарктических метеоритов. Прежде всего это лунные метеориты, выбитые с ее поверхности при ударе других небесных тел и после «путешествия» в межпланетном пространстве попавшие на Землю. К настоящему времени обнаружено 11 лунных метеоритов массой от 6,1 до 622 г. Некоторые из них представляют собой

⁵ Schultz L., Annexstad J. O. // Smithsonian Contr. Earth Sci. 1984. V. 26. P. 17—22.



Распределение метеоритов по массам. Благодаря особенностям Антарктиды здесь находят также мелкие метеориты, которые в других местах неразличимы среди обломков горных пород или скрыты растительностью.

Модель концентрирования метеоритов в местах, где лед «затормаживается» и подвергается абляции (испарению и выветриванию).

осколки одного метеорита, однако есть данные и о 8 отдельных падениях⁶.

Сходство этих метеоритов с породами, доставленными экспедициями «Аполло» и «Луна», столь разительно, что не остается никаких сомнений в лунном происхождении этих метеоритов. Почему же тем не менее в других районах Земли до сих пор не обнаружены метеориты с Луны?

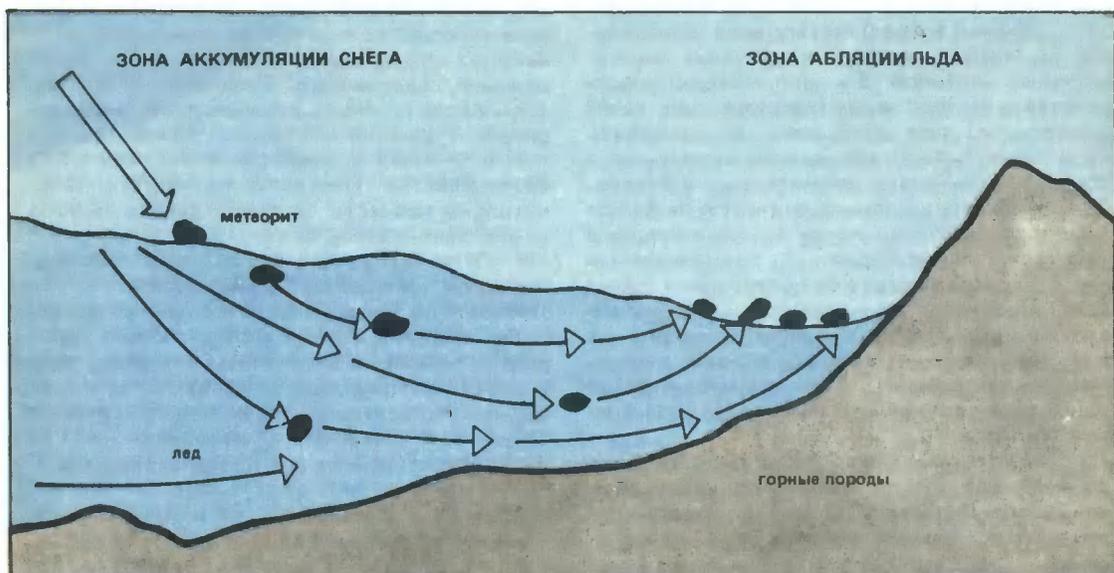
Быть может, главная причина этого — относительно большой земной возраст антарктических метеоритов и, следовательно, более длительное их накопление. Нельзя исключить также, что лунные метеориты довольно широко распространены и просто еще не найдены среди внешне сходных с ними земных пород.

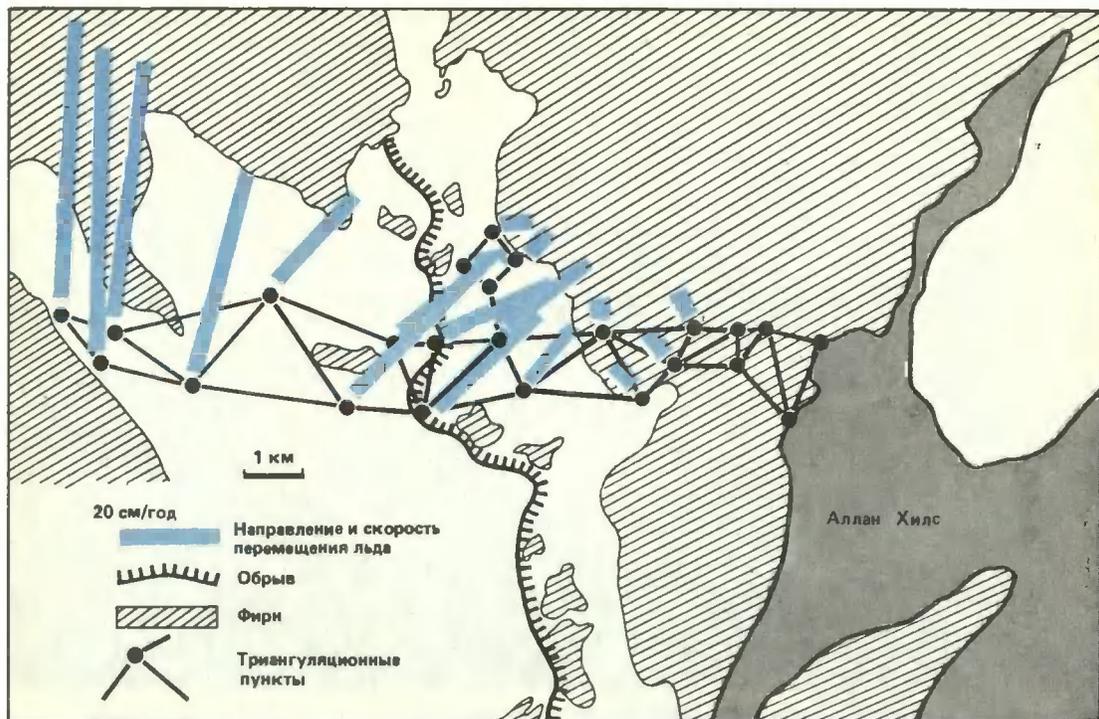
Лунные метеориты позволяют исследовать ранее не изученные области Луны. Дело в том, что по меньшей мере один из них, похоже, выбит с обратной стороны Луны.

В Антарктиде обнаружены и метеориты с Марса. Еще в 1979 г. было высказано предположение, что одна из редких групп каменных метеоритов происходит с этой планеты⁷. К данной группе SNC-метеоритов (названных по начальным буквам трех типичных представителей: Shergotty, Nakhla, Chassigny) принадлежат и два антарктических образца.

⁶ Annexstad J. O., Schultz L. // Meteoritics. 1989. V. 24. P. 248.

⁷ Nishizumi K., Elmore D., Kubik P. W. // Earth and Planet. Sci. Lett. 1989. V. 93. P. 299—313.





Движение льда у Аллан Хилс. Восточнее ледяного обрыва (уступа) при переходе к фирну скорость перемещения льда резко снижается. Именно здесь найдено большинство метеоритов.

До сих пор сильным аргументом против идеи о марсианском происхождении некоторых метеоритов было то, что породы Марса не могли не разрушаться при скорости до 5 км/с — именно такая скорость требуется для преодоления силы притяжения этой планеты. Однако лунные метеориты показывают, что это возможно: со спутника Земли породы также открываются с большой скоростью (2,4 км/с) без видимого разрушения.

Антарктические SNC-метеориты дали дополнительные аргументы в пользу марсианского происхождения этой группы метеоритов. Так, в одном из них удалось обнаружить включения базальтового стекла с пузырьками газа такого же изотопного состава, что и в атмосфере Марса. Получается, что в лабораториях уже проанализирован материал с Марса! Окончательно ответить на этот вопрос удастся лишь после доставки проб с Марса.

Были и другие находки ранее неизвестных типов метеоритов, родительскими телами которых, возможно, являются совершенно не изученные малые планеты Солнечной системы.

ОТЛИЧАЮТСЯ ЛИ АНТАРКТИЧЕСКИЕ МЕТЕОРИТЫ ОТ ПРОЧИХ?

Специалисты живо обсуждают сегодня вопрос о том, различаются ли антарктические и неантарктические метеориты принципиально, и если различаются, вызвано ли это их происхождением от разных внеземных источников вещества или же чисто земными причинами.

Само по себе уже примечательно, что два основных класса каменных антарктических и неантарктических метеоритов — хондриты и ахондриты — совершенно различны по относительной распространенности. Примечательно также, что по концентрации микроэлементов антарктические и неантарктические метеориты, относящиеся к одному и тому же типу (например L-, H-, E-, C-метеориты), явно различаются.

Некоторые из отличий удается объяснить тем, что в Антарктиде выветривание и загрязнение метеоритов происходит иначе, чем в других местах. Например, концентрация йода во многих антарктических образцах в 1000 раз выше, чем в неантарктических тех же типов. Здесь, очевидно, играет роль ветер и переносимые им аэрозоли морского происхождения. Они богаты йодом и обогащают им поверхностный слой антарктических метеоритов.



Один из многочисленных метеоритов, обнаруженных на возвышенных плато в Сахаре.

Тем не менее многие исследователи полагают, что антарктические и неантарктические метеориты могли образоваться из различных родительских тел. Эту идею о принципиально отличных «популяциях» метеоритов, падавших на Землю миллионы лет, можно аргументировать тем, что со временем состав космического материала, попавшего на Землю, мог меняться.

Во всех регионах сегодня метеориты падают на глазах наблюдателей. Находят и метеориты, выпавшие сотни и даже тысячи лет назад. Однако попавшие на Землю еще раньше — сотни тысяч или миллионы лет назад — обнаружить в других местах, кроме Антарктиды, трудно: как уже отмечалось, они скрыты растительностью, погребены в почве, смешаны с обломками земных пород. Так что неантарктические метеориты содержат вещество, выпадающее на Землю, по геологическим меркам, «сегодня».

Большинство же антарктических метеоритов выпало от 100 тыс. до 1 млн. лет назад, когда на Землю, возможно, поступал совсем иной космический материал. В этой связи возникает ряд вопросов. Например, не могли ли антарктические метеориты образоваться из потоков метеоритов, порожденных кометами? Не вызвано ли раз-

личие антарктических и неантарктических метеоритов разным распределением метеоритных тел по размерам в разное время земной истории? Или же природа реализовала какие-то другие возможности?

Множество нерешенных вопросов заставляет думать о необходимости детального сравнительного анализа антарктических и неантарктических метеоритов.

МЕТЕОРИТЫ ПУСТЫНЬ

Одна из причин многочисленных находок метеоритов в Антарктиде в том, что там сухо. Существуют ли на Земле другие области, где можно найти много метеоритов?

«Я увидел менее чем в 20 метрах черный булыжник. С бьющимся сердцем я поднял находку: твердый черный камень с кулак величиной, черный, как металл, и каплеобразный», — так описал А. де Сент-Экзюпери в опубликованной более 50 лет назад книге «Ветер, песок и звезды» находку метеорита... в центре Сахары.

Подобные регионы с очень малым количеством осадков и редкой растительностью недавно предложены как новые области, благоприятные для поисков метеоритов. Если к тому же в такой местности мало обнаженных пород или же они по виду резко отличаются от метеоритов, вероятность обнаружить последние особенно велика. Важно только найти такие места, где

продукты выветривания удаляются ветром, а не засыпают лежащие на поверхности метеориты.

Одна из подобных местностей — Рузвельт каунти — уже открыта в США⁸. Здесь ветер «сдул» почву с территории в 11 км², где обнаружено... 154 метеорита (по меньшей мере 100 из них принадлежат разным падениям).

Огромные пространства пустынь также представляют прекрасные возможности для поисков метеоритов. Недавно найдены первые образцы в Сахаре⁹. Земной возраст большинства из них 8 тыс. лет (в отдельных случаях — до 35 тыс. лет).

На территории СССР, несомненно, немало мест, перспективных для интенсивных поисков метеоритов. Ими могут быть каменные плато Средней Азии, пустыни Казахстана, высохшие соляные озера Прикаспия... Стоит подумать и об организации международных экспедиций — например, в Каракумы, Кызылкумы, Бек-Пак-Дала, на плато Устюрт.

МЕТЕОРИТЫ И РАКЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Американская программа высадки человека на Луну «Аполло» обошлась почти в 25 млрд. долл. Экспедиции автоматических межпланетных станций к Венере, Марсу и Фобосу в общей сложности стоили, вероятно, также многие миллиарды рублей и долларов. Интересные проекты запусков ракет для доставки марсианского грунта, вдогонку за кометами и астероидами с последующей транспортировкой проб на Землю также обойдутся в миллиарды.

Нет смысла спорить о необходимости этих экспериментов. Без данных, которые уже получены и которые предстоит получить, наши представления о Солнечной системе были бы ограничены, схематичны, а то и вовсе неверны. Но правильно ли распределяются средства на изучение Солнечной системы и особенновнезаменного вещества?

Трудно, а то и бессмысленно сопоставлять и тем более противопоставлять ценность данных, полученных с автоматических и управляемых межпланетных станций и при наземном изучении вещества метеоритов. Тем не менее вспомним, какие фундаментальные сведения о ранней и сов-



Метеорит ALHA81005 — один из 11 найденных в Антарктиде и принадлежащих 8 разным лунным метеоритам.



Метеорит EETA79001, относящийся к SNC-метеоритам, имеющим, возможно, марсианское происхождение.

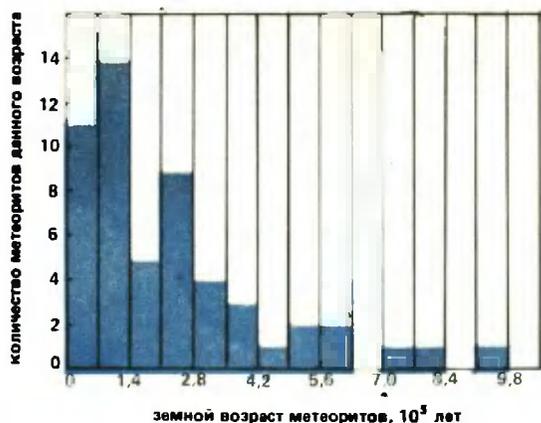
ременной Солнечной системе доставили нам метеориты.

Во многих метеоритах обнаружены мельчайшие частицы древней космической пыли (алмазы, карбид кремния, высокомолекулярные органические соединения), «помнящие» о грандиозных ядерных процессах в различных звездах и даже на разных стадиях их эволюции. Эта «память» — изотопные аномалии элементов.

Оказалось, что вещество Солнечной системы сформировалось из нескольких видов материи, рожденных в разных ядерных процессах и сохранившихся в перемешанном виде в метеоритах. Иными словами, рухнула догма о полной изотопной однородности всех тел Солнечной системы.

⁸ Huss G. I., Wilson I. E. // *Meteoritics*. 1973. V. 8. P. 287—290.

⁹ Jull A. J. T., Wlotzka F., Palme H., Donahue D. J. Distribution on terrestrial age and petrologic type of meteorites from Western Libya. Preprint. 1990.



Распределение земных возрастов (времени пребывания на Земле) 54 метеоритов, найденных у Аллана Хилс. В отличие от неантарктических метеоритов, земной возраст которых из-за выветривания ограничен тысячами лет, земной возраст антарктических достигает 1 млн. лет.

Изотопные исследования метеоритов позволили также воссоздать эволюцию этого вещества. Теперь мы неплохо представляем, сколько времени прошло от момента гигантского термоядерного взрыва сверхновой, послужившего толчком к образованию Солнечной системы, до появления первых высокотемпературных минеральных частиц в протопланетном газопылевом облаке. По изотопному датированию минералов метеоритов точно ($\pm 0,2-0,3\%$) установлены последовательность формирования метеоритов разных классов и возраст их минералов. Удалось даже определить временные границы первых магматических процессов в Солнечной системе, происходивших на малых планетах-астероидах.

Вещество астероидов «поведало» и историю космического излучения: как менялись его интенсивность, ядерные реакции,

вызываемые им. По метеоритам с известными траекториями полета выявлены и пространственные вариации космического излучения в Солнечной системе. Метеориты оказались также хорошими детекторами солнечного ветра — как современного, так и древнего, и теперь мы знаем, как менялся изотопный состав ряда элементов в экзосфере Солнца за 4,5 млрд. лет...

Можно привести еще немало примеров, но и из этих, видимо, ясно, что метеориты — уникальный объект для изучения истории Солнечной системы.

Увы, на изучение метеоритов во всех странах выделяется несоизмеримо меньше средств, чем на космические исследования с помощью ракет. В значительной мере это относится и к СССР, где на анализ метеоритного вещества тратится не более ...0,01—0,05 % средств, отпущенных на космические исследования.

Не стоит ли пересмотреть это соотношение, увеличив ассигнования на изучение метеоритов в 10—15 раз (при этом расходы на запуски снизятся всего на 0,1—0,8 %)?

Для изучения метеоритов необходимы особо чистые условия и реактивы, прецизионные автоматизированные изотопные масс-спектрометры. Однако по своей сложности и стоимости все это не идет ни в какое сравнение с космической техникой. Это же оборудование можно, кстати, использовать для решения чисто земных проблем, например экологических. Обещает же развитие таких исследований очень интересные, принципиально новые результаты: ведь в метеоритах — хранилищах уникального внеземного вещества, бесплатно доставленного самой природой из космоса, — содержится ценнейшая информация. Самые дальние маршруты, необходимые для поисков этого вещества — в Антарктиду и в пустыни Африки. Право же, гораздо ближе и дешевле, чем к Фобосу или к поясу астероидов.

С ПАСИБО редакции, которая сделала благородное дело и оградила имя выдающегося русского ученого Н. В. Тимофеева-Ресовского от нападок «Нашего современника». Опубликованные в «Природе» (1990, № 9) работы Николая Владимировича и статьи о нем, безусловно, помогут восстановлению научной и общечеловеческой истины, которое начал Даниил Гранин своей повестью «Зубр».

В статье В. И. Корогоди-на есть фраза: «Я знал людей, придерживавшихся концепций Лысенко и Лепешинской и возвращавшихся из поездки в Миассово убежденными сторонниками «формальной генетики». Будучи студентом Казанского университета, в 1958 г. я также испытал на себе всю силу гигантского интеллекта и человеческого обаяния Тимофеева-Ресовского. «Формальным генетиком» после того я не стал, но эта встреча (в значительной мере, правда, подготовленная работавшим в Ильменском заповеднике ныне профессором Уральского университета Ю. И. Новоженовым) сделала из меня убежденного борца против лысенковщины, что и определило мою дальнейшую биографию. Из университета я был изгнан с «волчьим билетом» и потом довольно сложным путем оказался уже аспирантом Ленинградского университета.

Думаю, что эпизод встречи с Тимофеевым-Ресовским может предстать интерес для читателей «Природы» и будет еще одним маленьким штрихом к портрету этой уникальной личности. За 30 с лишним лет после знакомства с Зубром я встретил лишь еще одного обладателя того же космического уровня интеллекта и силы духа. Это был Сергей Викторович Мейен.

Проходя практику в Ильменском заповеднике как фитоценолог, в 1958 г. на кордоне Няшево я познакомился с Ю. И. Новоженовым. Мой отрицательный ответ на вопрос Но-

воженова, знаю ли я, кто такой Ресовский, удивил его не менее, чем чистосердечное признание в следовании целомудрию «мичуринского учения».

Тут же рассказали мне все то, о чем потом напишет Д. Гранин в «Зубре». Я узнал, что раз в неделю Николай Владимирович читает лекции для студентов и что они слетаются на них, как мотыльки на свет, со всех кордонов заповедника, хотя основную аудиторию составляют те, кто постоянно живет в Миассове и работает в лаборатории.

В день следующей лекции мы отправились в Миассово почти 20-километровым путем по замечательно красивым тропам вокруг озера. Вел нашу группу А. Н. Тюрюканов, который в те годы был аспирантом МГУ.

Когда мы дошли до Миассова, то увидели, что навстречу идет босиком крупный седой человек с опущенной головой, одетый в сатиновые шаровары и белую безрукавку навыпуск. «Это Тимофеев-Ресовский», — успели шепнуть мне уже знавшие его студенты, и тут же произошла сцена, как нельзя лучше выражавшая необузданный характер и доброту Зубра.

— Откуда пришли?

— Из Няшево.

— Ясно, есть хотите. Лекция на час переносится.

Далее бегом Ресовский отправился к кухонному навесу, заглянул под крышку котла, обругал его содержимое, принес две банки тушенки, потребовав, чтобы их немедленно бросили в варевое.

Накормленные, мы поднялись на второй этаж, где в лаборатории, бегая из угла в угол и выбрасывая плохо загашенные окурки в окно (их там тушил дежурный), Ресовский читал лекцию о зарождении эксперимента и его роли в развитии науки. Он был абсолютно раскован, с неприличиями пугая меня «опасными» выражениями. Помню, лекцию он начал так:

— Леночка (тут он посмотрел на очень милую студентку) велела мне читать ка-

кую-то лекцию, а я уж и не знаю, о чем говорить. Но давайте я вам расскажу о Платоне. Конечно, он не читал трудов Маркса и был треклятым идеалистом-платоником, тем не менее именно Платон первым продемонстрировал роль эксперимента.

Далее Николай Владимирович повел речь о роли эксперимента, отвлекаясь и рассказывая о картинах Леонардо да Винчи (это был его идеал) и постоянно обращаясь к сидевшей тут же жене Елене Александровне с вопросом, правильно ли он запомнил место, где висит картина в каком-то музее, и т. д.

После лекции состоялась традиционное для общества в Миассове чаепитие с умеренным количеством вина и пернем старинных романсов. А потом смотрели небо, здесь на роль первой скрипки намеревался претендовать постоянный обитатель Миассова в летние месяцы, замечательный математик, член-корреспондент АН СССР А. А. Ляпунов. Ляпунов попытался читать лекцию по астрономии, но его мягкий голос тут же был подавлен могучим баритоном Ресовского, который вытеснил конкурента и стал буквально кричать о звездах сам. (Вообще, когда я слушал этого человека — потом я неоднократно бывал на его лекциях в Ленинграде и Москве, — всякий раз поражался широте его эрудиции. Казалось, Тимофеев-Ресовский знает все.)

Ляпунов, привыкший к такого рода выходкам своего эксцентричного друга, тихо отошел в сторону и удовлетворился одной слушательницей студенткой...

Глубокой ночью мы возвращались в Няшево. Я понимал, что «мичуринский период» моей биографии остался в прошлом.

Б. М. Миркин,
доктор биологических наук
профессор Башкирского
университета
Уфа

Лесной отшельник

В. В. Ивановский,
кандидат биологических наук
Витебск

КОМУ не знаком белый аист — птица, по поверью, приносящая счастье? И сейчас гнездо на водонапорной башне или сломанной бурей вершине дерева — неотъемлемый атрибут хуторов, деревень и сел в Прибалтике, Белоруссии и Украинском Полесье. Но далеко не все знают, что там же есть его близкий родственник — черный аист (*Ciconia nigra*). Даже не каждому орнитологу приходилось видеть гнездо этой очень скрытной лесной птицы, хотя гнездовой ареал вида в нашей стране обширен — от Эстонии и Белоруссии до Южного Приморья (чаще всего — в заболоченных и влажных лесах), а вне лесной зоны — горы Кавказа, Предкавказья и Средней Азии (здесь он держится у выходов скал или в ущельях, а гнезда строит в нишах отвесных каменных стен). Судя по палеонтологическим данным, происхождение черного аиста связано с лесостепями, откуда он со временем

попал в лесную зону и широко расселился в ней.

Само название аиста говорит за себя: почти все его оперение черное с фиолетовым отливом, только задняя часть груди, брюхо да подхвостье чисто белые, а ноги и клюв карминно-красного цвета. Величиной он с белого собрата — размах крыльев около 1,5 м, масса примерно 3 кг.

За 15 лет в поисках гнезд черного аиста и их обитателей я отмерил многие сотни километров по лесам и болотам Северной Белоруссии и не был обойден удачей — обнаружил более 90 гнезд. Каждое было с дотошностью описано, в полевой дневник занесены мельчайшие подробности аистиной жизни. Редко приходилось видеть птицу

Главная родительская забота — прокормить потомство.

Фото В. И. Безрукова



в полете, когда с вытянутыми в одну линию ногами и шейой она то делает несколько мощных взмахов, то недолго скользит. В жаркие летние часы случилось заметить парящего аиста, чем-то напоминающего планер: без единого взмаха поднимается он по широкой восходящей спирали все выше и выше, пока не превратится в еле видимую точку. Чаще же вспугнешь птицу где-нибудь среди леса — с мелиоративного канала, бобровой запруды, ручья или болотца, где он, важно вышагивая, отыскивает добычу. Но каждый раз такая встреча неожиданна и для аиста, увлеченного охотой, да и для меня тоже — нелегко заметить эту черную птицу в полумраке леса.

Время, связанное с продолжением рода, пожалуй, самое интересное в жизни птиц. В нашу страну черный аист прилетает, чтобы вывести птенцов, которые, поднявшись на крыло и окрепнув для дальней дороги, вместе с родителями отправляются осенью в теплые края. Черный аист — искусный строитель, его гнездо — очень аккуратная постройка овальной формы и довольно внушительных размеров — 1—1,5 м диаметром. Строят его оба родителя из сухих сучьев

и небольших веток, нередко «цементируя» их грязью или кусками торфа. Лоток обычно выстилается чем-нибудь мягким, белорусские аисты используют для этого мох. При строительстве самец чаще всего носит ветки, а самка выполняет более тонкую работу — укладывает их в нужном порядке.

Подготовка жилища для потомства не обходится без брачных игр: одновременно запрокинув головы, птицы дуэтом щелкают клювами, совсем как белые аисты. И те и другие почти безголосы, у черного аиста нет голосовых мышц нижней гортани, а звуковая мембрана имеется только у птенцов. Мне ни разу не довелось услышать ни единого звука, кроме щелканья, но С. Г. Приклонский и В. М. Галушин уверяют, что взрослые птицы могут изредка издавать очень простые односложные звуки. Птенцы же, пока звуковая мембрана у них еще не редуцирована, довольно «говорливы», то и дело из гнезда слышится что-то среднее между гоготом, хрипением и шипением.

В построенном единожды гнезде пара иногда выводит птенцов несколько лет подряд, ремонтируя и надстраивая его, только у четырех пар я обнаружил по два гнезда —

С земли гнездо не кажется массивным.

Фото автора.



В полудраме на мягкой подстилке из мха.

Фото А. Шалны





Кадры «обеденного» действия. Для родителей и птенцов кормление — это определенный порядок определенных действий.

Фото И. И. Бышнева и В. И. Безрукова

Отец принес корм, но не торопится отдать его птенцам — сначала нужно приласкать их и избавить от паразитов.

Чтобы поскорее покормили, нужно торшешенько попросить.

Родитель уже готов отгрызнуть пойманную живность, которую с пражним нетерпением ожидает потомство.

Птенцы набросятся на еду, как только она попадет из отцовского клюва в лоток.

Все проглочено в мгновение ока.

За новой порцией лягушек и рыбки мелочи.



при хорошем старом аисты построили еще одно. Многолетний ремонт зачастую плохо кончается: под тяжестью гнезда, достигшего 100 килограммовой массы, ветки обламываются, и оно рушится наземь. Два гнезда, что я нашел на земле, видимо, не были построены в столь необычном месте, а упали с деревьев. Если с гнездом рухнули птенцы и остались живы, родители продолжают их кормить, будто ничего не случилось, а иногда в нем же выводят потомство и в следующем году.

Наконец ремонт или строительство окончены, и около середины апреля в гнезде уже полная кладка: 2—6 (чаще 4) белых яиц размером в среднем $65 \times 48,8$ мм. Удивительно, как силен у птиц инстинкт продолжения рода: ни буря, ни ливень не могут согнать их с гнезда, буквально болтающегося от ветра на высоте 10—12, а то и 26 м.

В конце мая, примерно через 35 дней насиживания, начинают вылупляться птенцы. Как правило, их меньше, чем яиц в кладке, не только потому, что в ней были неоплодотворенные яйца — в неблагоприятные сухие годы, когда может не хватить корма, родители выбрасывают «лишние» яйца из гнезда, а изредка даже «лишних», самых слабых птенцов. Аистята покрыты коротким, но плотным белым пухом, голыми остаются только лапы, кольцо вокруг глаз да подклювный мешок. Пуховички совершенно беззащитны, еще не встают на пальцы, а лишь переползают по гнезду на «пятках», тихо попискивая. Первое время один из родителей постоянно находится в гнезде, пока другой добывает корм. Когда птенцы подрастут, за кормом улетают уже оба родителя, ибо одному прокормить семью невозможно. Чаще всего они приносят лягушек, реже





небольших рыбешек, иногда даже жуков-плавунцов.

Кормление — это своеобразный ритуал. Завидев подлетающего с кормом родителя, птенцы рассаживаются по краям гнезда, повернувшись головой в середину, опускаются на «пятки» (так делают и уже полностью оперившиеся слетки) и начинают негромко гоготать. Взрослая птица, опустившись в гнездо, выплевывает пищевой ком, а птенцы жадно хватают и заглатывают пищу, иногда вырывая ее у соседа. Мне случалось видеть, как в выводке из двух птенцов один, чего-то испугавшись, отпрыгнул добычу (это обычная реакция на испуг), а другой, очевидно, очень голодный, тут же проглотил ее. Покончив с трапезой, птенцы поднимаются с «пяток», чистят клюв и оперенье, тербят друг другу перышки на голове или тренируют крылья. А потом впадают в полудрему до следующего кормления.

Птенцы быстро растут и в конце июля — начале августа покидают гнездо, но долго еще возвращаются снова — ведь здесь родители продолжают подкармливать их. Слетки из одного гнезда бродят вместе неподалеку от него. Их, размерами и оперением уже похожих на взрослых, легко отличить: ноги и клюв у молодняка не карминно-красные, а грязно-зеленоватые.

Даже после вылета птенцов гнездо черного аиста не спутается с гнездом другой птицы. Буквально все под ним залито белым пометом, в воздухе стоит очень стойкий специфический запах. На удобренной почве пышно разрастается разнотравье, под гнездом можно найти скорлупу, оброненных птенцами целых рыбешек, крупные темно-коричневые линные перья с характерным изгибом.

Черный аист не отличается хорошей маневренностью, чтобы добывать пищу на мелководье, она ему и не нужна, да и в других жизненных ситуациях тоже. Может, она пригодилась бы при посадке на гнездо, которое он вынужден скрывать в нижней части кроны деревьев, но аист решает эту проблему по-другому. Подлетает, планируя, гасит и так небольшую скорость несколькими взмахами и садится. Ни ствол, ни крупные ветви ему не мешают, он выбирает для гнезда мощные боковые сучья в 1—2 м от ствола, реже развилку главного ствола и очень редко строит гнездо в тесном соседстве с ним. Совершенно необычное гнездо построила одна пара черных аистов — располагалось оно на ветвях ели и охватывало ствол кольцом. Птицы садятся на гнездо и слетают с него непременно против ветра, а так как он часто меняет направление,



Очень жерко.

Фото И. И. Семашко

аисты выбирают такое место на дереве, чтобы к нему вело несколько «коридоров». В Белоруссии черный аист гнездится на многих видах деревьев: на сосне (21 гнездо из 93 обследованных), черной ольхе (16), осине (15), березе (15), ели (11), дубе (9), ясене (3); два я нашел на земле и одно на копне сена. Иногда неподалеку от богатых кормом мест удобных для гнездования деревьев не хватает, и тогда возможны конфликты между соседями. Такую сцену однажды мне пришлось наблюдать. В двух гнездах, разделенных всего 150 метрами, сидело по птице, а две другие вели воздушный бой. Похоже, одна пара принуждена была переселиться — через месяц после боя одно гнездо оказалось пустым, но выводок из двух недавно вылупившихся пуховичков обнаружился в 1,5 км — в старом гнезде канюка на ели. Видимо, потерпев поражение, пара покинула свое гнездо, но не стала строить новое, а воспользовалась чужим.

Изучать жизнь птиц невозможно без кольцевания, это единственный надежный способ узнать пути миграции и проследить за

их судьбой. Я окольцевал 97 подросших птенцов и должен сказать, что это не самое безобидное занятие. Естественно испуг птенца, когда пытаешься взять его в руки; тут он обороняется как может: пускает в ход острый клюв, издает своеобразные звуки, нечто среднее между шипением и хрипом, отрывает пищу (именно по отрывкам мне удалось определить рацион).

Популяция белорусских черных аистов, как и тех, что гнездятся в других местах Европейской части СССР, зимует в Африке. Кстати, гибнут они в основном во время миграции. Из Белоруссии аисты трогаются в сентябре и широким фронтом летят в южном и юго-западном направлениях. Постепенно поток мигрирующих птиц концентрируется вдоль западного побережья Черного моря и достигает максимальной плотности над проливом Босфор. В отдельные октябрьские дни здесь пролетают тысячные смешанные стаи белых и черных аистов, разных видов журавлей и орлов, а также других хищных птиц. Сюда съезжаются сотни профессиональных орнитологов, тысячи любителей и просто туристов, чтобы увидеть это впечатляющее зрелище. Такие ежегодные наблю-



Готовы впервые покинуть родное гнездо.

Фото автора

дения позволяют следить за изменением численности аистов — черных и белых, которых пролетает в несколько десятков раз больше, чем черных.

В отдельные погожие дни над Босфором парит так много крупных птиц, что случайные столкновения неизбежны, но аисты и орлы воспринимают их, видимо, как попытку нападения. И тогда разгорается настоящая воздушная битва. Орлы пускают в ход лапы, вооруженные острыми когтями, а аисты — подобные копьям клювы. Сцепившись в воздухе, противники нередко падают на землю. Сражения иногда длятся несколько часов подряд. И еще не было случая, чтобы совместное войско белых и черных аистов проиграло их.

Черный аист, в отличие от белого, не пользуется защитой и покровительством человека, живет вдалеке от него. Но жители сельских районов обычно знают этого отшельника и относятся к нему благожелательно. Мне известно только о двух убийствах черных аистов. В одном случае браконьер поднялся к гнезду и в упор расстрелял



Первые шаги по земле.

Фото В. И. Безрукова

пуховых птенцов, в другом — была убита взрослая птица (мне передали снятое с нее кольцо, которым я же и окольцевал ее несколько лет назад). Не раз я видел черных аистов вблизи населенных пунктов, где они бродили вместе с белыми сородичами в поисках пищи или парили в небе. Создается впечатление, что лесной отшельник начинает понемногу приспосабливаться к более близкому соседству с человеком.

По данным «Красной книги СССР», в нашей стране гнездятся примерно 5 тыс. пар черного аиста. В отдельных регионах численность его снижается, но в Белоруссии, Прибалтике и Украинском Полесье гнездовые группировки стабильны. По моим многолетним наблюдениям, количество гнездящихся пар в Витебской области остается примерно на одном уровне — 250—300 пар. Но в дальнейшем даже и на этих территориях численность скорее всего снизится, если проекты осушения болот и спрямления лесных рек будут осуществлены. Природе снова придется расплачиваться за дела рук человеческих.

Землетрясение «Синяя балка»

А. А. Никонов,

доктор геолого-минералогических наук
Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР

Э. А. Вангейгейм,

доктор геолого-минералогических наук
Геологический институт АН СССР
Москва

НАЗВАНИЕ «Синяя балка» на Таманском п-ове до сих пор кроме местных жителей было знакомо, пожалуй, только палеонтологам страны. Ведь именно отсюда происходит фауна млекопитающих, образующих известный таманский фаунистический комплекс. Надеемся, что теперь о Синей балке узнают и сейсмологи.

Вся Керченско-Таманская область до недавнего времени не привлекала особого внимания сейсмологов. Действительно, здесь было известно лишь несколько слабых землетрясений, зафиксированных удаленными сейсмическими станциями. Поэтому ее относили к 6-балльной сейсмической зоне¹. К неинструментальным (историческим и археологическим) данным сейсмологи относились весьма скептически и по сути во внимание их не принимали.

Ситуация резко изменилась в 1988 г., когда на севере Керченского п-ова было практически завершено строительство Крымской АЭС и возник вопрос об уточнении сейсмической опасности участка. К этому времени появились новые данные, развеявшие опасные заблуждения о безопасности выбранной для АЭС площадки, хотя сейсмографы по-прежнему регистрировали только слабые и редкие землетрясения в южной части Азовского моря. Дополнительные материалы относились к разрушительным сейсмическим событиям, определяемым по геологическим и археологическим признакам. Здесь речь

пойдет всего об одном, но уникальном свидетельстве, если можно так назвать «кладбище» крупных млекопитающих.

Авторы, палеонтолог и палеосейсмолог, попытались на этом примере показать, как сейсмические процессы могут способствовать палеонтологическим находкам, а последние, в свою очередь, помочь в оценке сейсмических проявлений. Такой синтетический подход закономерен в эпоху взаимопроникновения наук и расширения комплексных исследований.

Упоминание о сильном землетрясении содержится в книге знатока античности академика В. В. Латышева, собравшего и переведшего на русский язык все написанное греческими и римскими историками и писателями о Скифии (ныне Крым и юг Украины) и Кавказе. В этом огромном классическом труде для нас важен следующий отрывок: «Феопомл Синопский говорит, что в Киммерийском Босфоре при внезапном землетрясении расцелся один холм и выбросил кости огромных размеров; сложенные вместе в скелет они оказались в 24 локтя (10,56 м) длиной; окрестные варвары бросили эти кости в Меотическое озеро (болото)»².

Поскольку «Киммерийский Босфор» — это район между Керченским и Таманским п-овами, а Меотическое болото — Азовское море, то скорее всего «окрестные варвары» обнаружили кости на северных берегах Керченского или Таманского

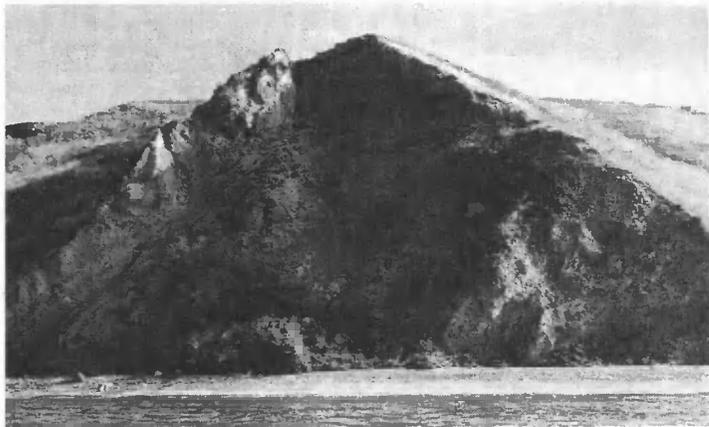
п-ова. Археологические исследования последних лет показали, что варвары, в отличие от греков, предпочитавших Керченский п-ов, селились в основном на севере Таманского. Прибрежная полоса южной части Азовского моря в целом равнинная. Однако крутой береговой уступ обоих полуостровов во многих местах изобилует грядами и холмами, созданными оползнями. Поэтому выражение «расцелся один холм» для геоморфологов означает, по-видимому, что возникла открытая полость (ложбина) в тыловой части оползневого тела. Образование таких расцелин на оползневых участках побережья — явление типичное при значительных землетрясениях. Заметим, что при Крымском землетрясении 1927 г. в обвалившемся обрыве берега восточнее Феодосии был обнаружен хорошо сохранившийся скелет мамонта³.

Имеется и еще одно, гораздо более близкое по времени описание, относящееся к нашей теме. Оно принадлежит префекту г. Каффы (ныне Феодосия) и окружающих областей «Татарии» с 1624 по 1634 г. Д. д'Асколи. Под его управлением находилась и территория нынешнего Таманского п-ова с главным городом Мадрика (Матрега, Тамтарха, Тмутаракань). Вот что он сообщает в своем «Описании Черного моря»: «Два гбда тому назад, в 1632 г., в этом городе [Мадрика] по случаю дождей произошел обвал; под землей найдено несколько исполинских тел. Плечевая кость от локтя до плеча

¹ Карта сейсмического районирования СССР. М., 1978.

² Л а т ы ш е в В. В. Сказания греческих и римских писателей о Скифии и Кавказе. СПб., 1906. Т. 1. С. 511.

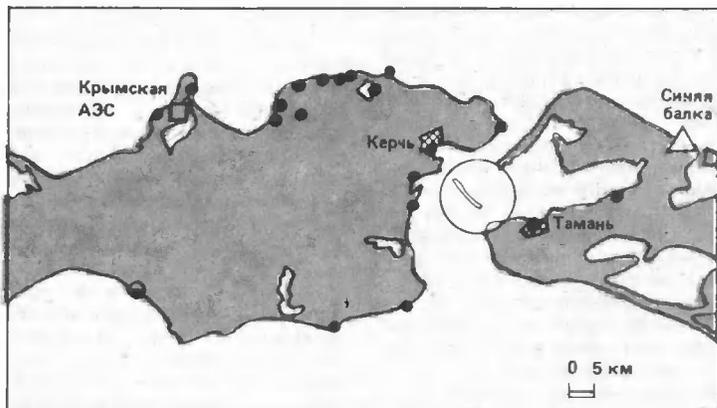
³ Правда. 1927. 22 сентября.



Обнажение Синья балка со стороны моря в 1988 г.

Фото М. А. Певзнера

Сейсмические проявления и фаунистические находки в Керченско-Таманской области.



Эпицентр землетрясения 63 г. до н.э.



Античные поселения со следами разрушительного землетрясения I в. до н.э.



Местонахождение фауны таманского комплекса.



Место обнажения костей мамонта при землетрясении 1927 г.

длиной в 4 пальмы (?), которую нельзя было обхватить двумя большими руками, висевшая 18 ок [180 кг]. Я сам с большим трудом поверил бы, если бы не видел ее собственными глазами⁴.

Судя по размерам и описанию, кости принадлежали исполинскому млекопитающему, скорее всего слону. Но где же именно они обнаружены?

Мадрика располагалась примерно в 30 км от северного берега Таманского п-ова. Казалось бы, речь идет совсем не о том месте, которое упомянуто у Феоппа Синопского. К тому же берег залива, где находится Тамань, целиком сложен молодыми четвертичными и главным образом культурными отложениями, в которых фауна не обнаружена. Но внимательное чтение текста д'Асколи убеждает, что Таманью или Мадрикой он называл и город, и всю область, управляемую турецким пашой и расположенную

на острове (между двумя расходящимися тогда крупными рукавами дельты Кубани). Кстати, на средневековых картах именно этот район (ныне п-ов Фанталовский), а не отдельный пункт носит название Матрега (Матраха).

И, наконец, автор описания свидетельствует, что видел только одну кость (а найдено несколько исполинских тел). И ничто не мешает нам предположить, что именно эту кость в качестве диковинки привезли в город с места находки на северном берегу Тамани.

Летом 1912 г. И. М. Губкин, в то время адъюнкт-геолог, а впоследствии академик, проводил исследования Таманского п-ова для составления детальной геологической карты. На южном берегу Азовского моря, в овраге Богатырь, в 2,5 верстах к северу от станицы Ахтанизовской, он нашел кости слона и эламотерия. Современный адрес места находки: в 300 м к северу от пос. За Родину Темрюкского р-на.

Губкин так описывает местонахождение: «В этом месте берег достигает высоты 15—19 саж. над уровнем моря... Геологический состав нижней его половины вследствие развития здесь оползней оказался недоступным непосредственному наблюдению... Верхняя часть берега представляет высокий, почти отвесный обрыв, основание которого сложено темно-серыми песчанстыми глинами... Глины перекрыты серыми и буровато-серыми кварцево-глинистыми песками мощностью от 1 до 3 саж. В кровлю этих песков клином врезается щебневидная брекчия или конгломерат, составленный из остроугольных кусков темно-серых плотных мергелей... Среди конгломерата в верхней части обнажения было замечено скопление больших костей, между которыми уже издали можно было признать кости конечностей»⁵. Кости передали А. А. Борисяку, выдающемуся палеонтологу, также будущему академику.

Как утверждает Борисяк, находка Губкиным верхней че-

⁴ Записки Одесского общества истории и древностей. Т. XXIV. Одесса, 1902. С. 104.

⁵ Губкин И. М. // Изв. Акад. наук. 1914. Сер. IV. № 9. С. 587—588.



Северный берег Таманского п-ова в районе Синей балки. Хорошо виден оползневой рельеф с плоской грязевой сопкой в центре.

Фото А. А. Никонова

люсти эласмотерия «побудила Геологический музей Академии наук предпринять в указанной местности раскопки. Собранный в процессе раскопок огромный остеологический материал в большей своей части относится к своеобразному виду рода *Elephas* (промежуточной форме между *El. primigenius* и *El. meridionalis*); второе место по количеству занимают остатки эласмотерия»⁶.

Таким образом, здесь, как и в античном источнике, говорится об остатках очень крупных животных.

Готовя экспозицию третичных и четвертичных фаун к выставке для XVII Геологического конгресса в 1937 г. в Москве, В. И. Громов пересмотрел коллекцию, собранную на Таманском п-ове, и выделил неизвестный до тех пор таманский фаунистический комплекс. В дальнейшем местонахождение на Таманском п-ове привлекло внимание многих палеонтологов и геологов. Здесь в 50-х годах проводил работы Н. К. Верещагин, в 1953, 1957 и 1961 гг. — И. А. Дуброво, в 1987—1989 гг. — В. И. Жегало. Местонахождение получило название «Синяя балка» — по урочищу, расположенному в 500—600 м западнее. Никто из этих исследователей, су-

дя по всему, с античными и средневековыми сообщениями о находках знаком не был.

В последние годы геологическая ситуация в районе Синей балки была уточнена. Нижнюю часть берегового обрыва (во времена исследований Губкина скрытую оползнями) слагают зеленовато-серые и коричневые глины и светло-серые глинистые пески, круто наклоненные на северо-восток под углом 60—70°. В 200 м к западу от местонахождения обнаружены отложения с многочисленными раковинами моллюсков, прорезанные древней расщелиной шириной около 20 м, которая заполнена щелевидной брекчией или конгломератом с многочисленными частями скелетов и отдельными костями животных, преимущественно слонов (более 100 особей).

Расщелина образовалась 2—3 млн. лет назад, когда уровень моря, вероятнее всего, был близок к современному, а отложения, в которые попали кости, сформировались 1,1—0,8 млн. лет назад (возраст таманского фаунистического комплекса). При последующем подъеме уровня моря — бакинской трансгрессии — древняя расщелина была засыпана морскими осадками и образовалась 40-метровая морская терраса. Она-то и выходит к современному берегу в районе Синей балки и интенсивно разрушается оползнями. Итак, Феопоп Синопский, Д. д'Асколи и И. М. Губкин описали одно и то же место. Мы можем считать его пунктом проявления сильного землетрясения. Но когда оно произошло?

Годы жизни Феопопа Синопского достоверно не известны. Его сочинение «О землетрясениях» с приведенным отрывком до нас не дошло и известно только по цитате в произведении «Об удивительных явлениях» другого автора — Флегонта Траллийского, жившего в первой половине II в. н. э.

Так что землетрясение произошло не позже II в. н. э. Но и не раньше VI в. до н. э., поскольку город Синоп основан в последней трети VII в. до н. э. Однако скорее всего речь идет о IV—II вв. до н. э., когда к Боспору была присоединена Тамань и укрепились ее торговые связи с Синопом. Нельзя исключить и того, что Феопоп Синопский поведал об известном по письменным источникам катастрофическом землетрясении на Боспоре в 63 г. до н. э.⁷

Недавно по археологическим признакам одним из авторов выявлено еще одно, более раннее и не менее разрушительное, землетрясение в этой же области — в IV—III вв. до н. э. Сильные землетрясения в южной части Азовского моря (и во всей Керченско-Таманской области) редки (раз в несколько столетий), и кости могли оказаться на поверхности при оползне во время одного из них.

Хотя сегодня мы не можем точно сказать, когда обнаружилось уникальное кладбище Таманской фауны у Синей балки, сам этот факт определенно связан с землетрясением значительной интенсивности. На карте сейсмической опасности Керченско-Таманской области теперь появится пункт «Синяя балка». Наряду с другими данными, например обнаруженным у южного берега Азовского моря глубинным разломом с признаками тектонической активности, археологическими и историческими доказательствами разрушения землетрясениями многих античных городов Керченского и Таманского п-овов, это свидетельствует о немалой сейсмической опасности в районе Крымской АЭС, поэтому решение о ее закрытии вполне справедливо.

⁷ Блаватский В. Д. Землетрясение 63 г. до н. э. на Керченском п-ове // Природа. 1977. № 8. С. 56—57.

⁶ Борисьяк А. А. // Изв. Акад. наук. 1914. Сер. VI. № 8. С. 555.

Решение демографической проблемы, или Бег на месте

Э. Б. Алаев

Вот уже два десятилетия человечество обеспокоено так называемыми глобальными проблемами, затрагивающими все или почти все страны мира. Эти проблемы нельзя не решать, ибо от их состояния зависит само существование земной цивилизации, а решить их можно лишь всем народам сообща.

Официально Организация Объединенных Наций признает как глобальные следующие проблемы: предотвращение ядерного конфликта и разоружение; демографическую, продовольственную, ресурсную, энергетическую, экологическую; подъем экономики отсталых стран; ликвидацию опасных болезней; освоение Мирового океана и космоса; борьбу с преступностью и терроризмом, а также с наркоманией и наркобизнесом (две последние отнесены к классу глобальных в 1990 г.).

По предварительным расчетам, сумма, необходимая даже не для полного решения глобальных проблем, а только преодоления критических ситуаций, приближается к 10^3 млрд. долл. в год [для сравнения: годовой прирост дохода мирового хозяйства примерно 400 млрд. долл.]. Отсюда следует малоутешительный вывод: глобальные проблемы уже не решить все сразу, одновременно.

Однако вселяет надежды то, что довольно быстро человечество создало организационную и научную инфраструктуру для решения глобальных проблем — среди них нет ни одной, которая не имела бы соответствующего международного органа. Есть примеры положительного решения локальных и региональных проблем, обнадеживает новый виток научно-технического прогресса, ориентированного в первую очередь на преодоление глобальных опасностей.

Среди глобальных проблем, которые, судя по опросу за 1990 г., волнуют наших читателей, мы постараемся выбрать близкие к профилю нашего журнала. В этом номере можно прочесть о глобальной демографической проблеме, в следующем — об одном из аспектов экологической проблемы — промышленном загрязнении Земли.



Энрид Борисович Алаев, доктор экономических наук, заведующий отделом географии мирового хозяйства и глобальных проблем Института географии АН СССР. Специалист в области экономической и социальной географии, территориального планирования. В последние годы занимается географическими аспектами глобальных проблем.

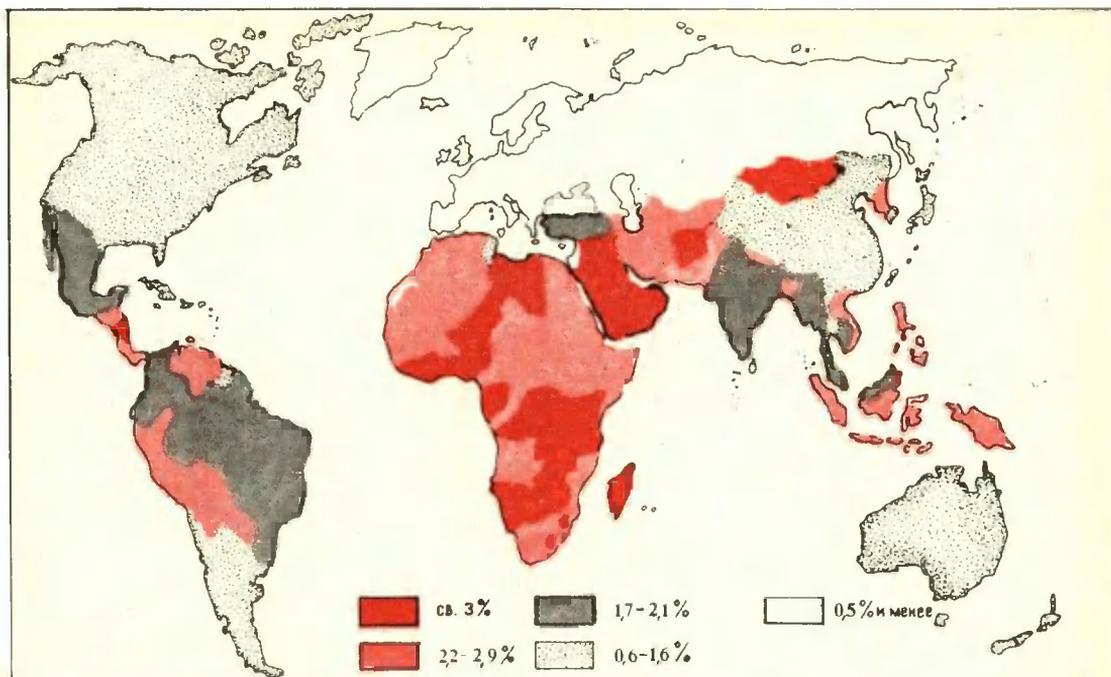
В СЕРЕДИНЕ 1990 г. численность землян составила 5,3 млрд. чел. и продолжает стремительно увеличиваться. Очевидно, что конечные размеры планеты ($510,3$ млн. км²) и тем более той ее части, где человек пока может жить (около 100 млн. км²), заставляют задумываться о конечном пределе численности человечества. Но это только одна сторона демографической проблемы.

Другая — слишком быстрый рост народонаселения Земли во второй половине XX в.

За последнее тысячелетие население Земли увеличилось в 18 раз, причем для первого удвоения потребовалось почти 600, для второго 230, для третьего — около 100, для последнего — немногим более 40 лет. Другой хронологический ряд: на Земле проживал 1 млрд. чел. примерно в 1820 г., 2 млрд. — через 107 лет (в 1927 г.), 3 млрд. — 32 года спустя (в 1959 г.), 4 млрд. — через 14 лет (в 1974 г.)¹, на достижение 5-миллиардного рубежа ушло всего 13 лет (1987 г.).

Когда говорят, что население Земли растет «слишком быстро», имеют в виду, что этот рост не подкрепляется соответствующим ростом жизненных ресурсов, количества жилья, медицинского обслужи-

¹ Брук С. И. Население мира. Этнодемографический справочник. М., 1986.



Годовые темпы прироста населения на начало 1990 г.

вания и т. п., но самое главное — ресурсов продовольствия.

Многие ученые, занимающиеся демографической и продовольственной проблемами, в своей попытке «оптимизировать» ход реального процесса, ссылаются на то, что в целом по миру рост ресурсов опережает рост населения. Однако то ли в силу того, что ресурсная база жизнеобеспечения отставала раньше, то ли из-за чрезвычайно неравномерного ее распределения появляется и другая, удручающая статистика. Доля голодающих в развивающихся странах за 1970—1985 гг. сократилась с 27 до 21,5 %, но общая их численность увеличилась с 460 до 512 млн. и угрожает вырасти до 532 млн. к концу века. Число учащихся в начальной школе за тот же период выросло с 395 до 665 млн., а в средней — с 79 до 175 млн. Но общее число детей школьного возраста, оставшихся вне школы, увеличилось с 284 до 293 млн. и может достичь 315 млн. к 2000 г.²

Ныне за 1 с на планете появляются три новых жителя (90 млн. чел. в год). Для удовлетворения их потребностей нужны две трети ежегодного прироста совокупного

общественного продукта, хотя и при этом современный уровень душевого потребления большей части населения Земли остается чрезвычайно низким и около 1 млрд. людей недоедают или голодают; в то же время 90 % прироста населения приходится на развивающиеся страны, экономический, социальный и технологический потенциал которых не способен остановить нарастающую диспропорцию.

Причины «демографического взрыва» объясняет теория так называемого «демографического перехода» — от традиционного типа воспроизводства населения к современному, т. е. от типа «высокая рождаемость — высокая смертность» к типу «низкая рождаемость — низкая смертность», через этап, когда снижение смертности (благодаря успехам здравоохранения, культуры потребления) не сопровождается снижением рождаемости, и численность населения растет. Развитые страны Европы пережили этот этап в XIX в., когда за 100 лет численность их населения удвоилась. В развивающихся странах, переживающих «демографический взрыв» с середины XX в., его объясняют дополнительным обстоятельством — достижением независимости бывшими колониями.

Таким образом, сущность демографической глобальной проблемы ныне заключается в том, что нарастает диспропорция в росте численности населения и жизнен-

² Sadik N. The State of World Population. 1990. UNFPA, N.Y., 1990.

ных ресурсов, проявляющаяся в самых отсталых странах «третьего мира».

Географическая ограниченность проблемы рамками «третьего мира» несколько не умаляет ее глобальности. С одной стороны, без технической, материальной и интеллектуальной помощи со стороны развитых стран ее решить практически невозможно. С другой — попытка выйти из кризиса принуждает страны, затронутые «демографическим взрывом», увеличивать нагрузку на природу: сводить леса под пашни и истощать почвы, в результате чего расширяются эрозия, опустынивание и т. п. А ведь в этих регионах находятся жизненно важные для всей планеты природные комплексы и зоны — тропические леса, саванны, наиболее богатый генофонд фауны и флоры. Так демографическая диспропорция усиливает сложность и других проблем — продовольственной, ресурсной, экологической.

У демографической проблемы есть и другой, прямо противоположный аспект, подчеркивающий многообразие нашего целостного мира. На «другом полюсе» во многих развитых странах прирост населения сокращается, а то и вовсе становится отрицательным, т. е. возникает обратный процесс — депопуляция. В 1980—1988 гг. численность жителей сокращалась в Австрии, Венгрии, Дании, ФРГ. По прогнозу Бюро переписи населения США, в последующие 50 лет численность жителей страны еще увеличится с 246 млн. до 302 млн., а затем к 2080 г. уменьшится до 292 млн.

В большинстве союзных республик СССР, кроме республик Средней Азии и Азербайджана, наблюдается аналогичная картина. Этот процесс также порождает свои проблемы — сокращение прироста рабочей силы и необходимость рекрутирования иностранных рабочих (как у нас сказали бы, «лимитчиков»), старение населения и увеличение доли иждивенцев пенсионного возраста (а это вызывает рост доли «демографической компенсации» в приросте национального дохода и снижает темп роста общего благосостояния), неполное использование ранее созданных основных фондов и пр. Но все эти негативные последствия депопуляции легче преодолеть, чем те, которые порождает растущая перенаселенность. Поэтому и внимания больше уделяется «демографическому взрыву», а не депопуляции. Хотя ряд западных экспертов называет депопуляцию «бомбой замедленного действия», все-таки ее опасности видятся лишь в отдаленной перспективе, а «демографический взрыв» на другом полюсе уже произошел. В дальнейшем мы

будем говорить в основном о проблеме перенаселения.

Ассоциация ООН по планированию семьи (ЮНФПА)³ выделяет «треугольник» взаимосвязанных узловых проблем современного человечества: рост населения — загрязнение окружающей среды — социально-экономическое развитие. В этой макросистеме ключевое положение занимает блок проблем народонаселения. Именно он «дирижирует» развитием всех других элементов системы.

ПРОГНОЗЫ РОСТА НАСЕЛЕНИЯ

Демографическая проблема имеет много параметров, но основной из них — численность населения. Почти во всех показателях ресурсной обеспеченности мы пользуемся дробью, где в числителе указывается объем ресурсов, а в знаменателе — число жителей. Поэтому и определяющим параметром в прогнозировании является динамика абсолютной численности населения.

Глобальные прогнозы появились в 1940-х годах (национальные значительно раньше — в СССР первый демографический прогноз сделан в 1921 г.). Однако все они, сделанные в 50-х, 60-х, 70-х и даже 80-х годах, оказались ошибочными, занижавшими реальный рост населения. Подобные расчеты были основаны на концепции неизбежной стабилизации численности земель в будущем.

Необходимость ограничения роста численности населения Земли предопределена ограниченностью, как уже отмечалось, самого главного жизненного ресурса — территории, а также энергетическими, продовольственными и другими ресурсами планеты, специфическими психофизиологическими ограничениями — так называемым «феноменом скученности». Одними из первых стали ощущать «предельность» густонаселенные островные государства.

Авторы различных прогнозов расходятся лишь в сроках достижения стабилизации и в уровнях предельной численности. В основном сроки колеблются от середины XXI в. до 2110 г., а численность — от 10 до 18 млрд. чел. (попадаются и фантастические значения — 70 и даже 140 млрд.).

Наибольшее количество информации вобрал в себя прогноз ЮНФПА 1984 г., основанный на данных I Международного форума по народонаселению (Бухарест, 1974 г.). По этому прогнозу, численность

³ United Nations Family Planning Association.

должна стабилизироваться ближе к концу следующего столетия на уровне 10,2 млрд. чел. (средняя траектория расчетной кривой) или 14,2 млрд. (верхняя). Но статистика последующих лет показала, что в 15 странах (13 африканских) рождаемость не только не упала, но даже возросла, а в 23 других уменьшилась весьма незначительно. За 1970—1985 гг. доля неграмотных сократилась с 32 до 28 %, но общее их число выросло с 742 млн. до 889 млн. чел. Немало подобных фактов и в области санитарного обслуживания, доступности культуры, занятости. Судя по относительным показателям, улучшение «качества» населения имеет место. Но количество бьет качество... «Бег на месте» — так этот парадокс назван в официальных документах ООН.

Даже в странах с развитой и эффективной демографической политикой наблюдались расхождения с прогнозом. В апреле 1989 г. население Китая перевалило за отметку 1,1 млрд. чел., к концу 1990 г. достигнет 1,127 млрд. (на 14 млн. больше прогнозируемого).

Видимо, в расчетах недостаточно была учтена инерционность демографического роста, отставание ожидаемых результатов

по крайней мере на одно поколение. Так, несмотря на принимаемые меры, естественный прирост населения Африканского континента возрастет с 2,95 % в настоящее время до 3,13 % к 2000 г. из-за того, что рождаемость в будущем будет определяться теми группами (коhortами) населения, которые к тому времени вступят в брачный возраст, т. е. родившимися в 80-х годах.

Последний прогноз ООН, составленный в 1989 г. на период до 2025 г., опубликован в прошлом году, и сводные данные его приводятся в табл. 1.

Как видно из нее, все регионы мира имеют близкий (не очень высокий) показатель смертности, что говорит об известном выравнивании уровней здравоохранения; но сохраняются значительные различия между развитыми и развивающимися регионами по показателю рождаемости и, соответственно, по естественному приросту. Высокая детская смертность в развивающихся странах обуславливает меньшую продолжительность жизни (мир в целом — 63 года, развитые страны — 74, развивающиеся — 61 год) и косвенно говорит о низком качественном уровне народонаселения с точки зрения здоровья.

Таблица 1
Демографическая статистика и прогноз численности населения на 1990—2025 гг.*

Страны и континенты	Население, тыс.		Рождаемость	Смертность	Детская смертность	Естественный прирост, %
	Середина 1990 г.	2025 г.				
Мир	5 292 177	8 466 516	26	9	64	1,7
В том числе развитые страны	1 205 192	1 352 086	13	9	12	0,5
развивающиеся страны	4 086 985	7 114 429	29	9	71	2,1
Континенты						
Австралия и Океания	26 476	38 964	19	7	23	1,3
Азия	3 108 465	4 889 451	26	8	64	1,8
Северная Америка (США и Канада)	275 880	332 997	13	8	7	0,7
Латинская Америка	448 096	760 338	26	7	49	1,9
Африка	647 518	1 580 984	43	13	96	3,0
Европа	497 740	512 290	12	10	10	0,2
Крупнейшие страны						
Китай	1 135 495	1 492 550	19	6	26	1,3
Индия	853 372	1 445 570	31	10	87	2,1
СССР	287 990	351 450	16	9	20	0,7
США	249 235	300 796	14	8	7	0,7
Индонезия	180 513	263 250	25	10	74	2,9
Бразилия	150 367	245 808	26	7	57	1,9
Япония	123 456	128 595	12	7	5	0,5
Пакистан	122 666	267 088	41	10	98	2,9
Бангладеш	115 593	234 986	40	13	107	2,7
Нигерия	113 016	301 312	48	14	96	3,5

* Все данные из официального доклада ЮНФПА на сессии ООН в 1990 г.

В целом и этот прогноз не отстает от концепции стабилизации численности населения планеты — выхода кривой роста «на плато», который произойдет ближе к концу следующего столетия и на уровне, представляющемся (по нынешним меркам) допустимым, — немного превышающим 10 млрд. чел. Достоверность прогноза будет зависеть от мер, которые будут приняты в последнее десятилетие XX в.

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ

Проблемы народонаселения, в том числе их демографические аспекты, сложны и специфичны в странах любых социально-экономических типов и всех регионов мира. Именно поэтому в геоглобалистике необходим дифференцированный анализ демографических проблем и ситуаций по типам стран. Такой анализ важен в масштабах как континентов, так и отдельных стран, районов.

В силу причин географического и исторического характера страны и районы различаются по многим параметрам, в том числе по размерам и географическому положению, уровню экономического и социального развития, тенденциям воспроизводства населения (во многом зависящим от религиозных установок и традиций), уровню грамотности и культурного развития, положению женщины, возрастной структуре населения (доле трудоспособного населения, детей и пенсионеров) — т. е. по всем тем факторам, от которых зависит демографическое развитие. К этому надо добавить, что почти не существует «чистых» регионов, однородных по каким-либо параметрам, — исторические миграции порядком перемешали «этнографическую палитру», а современные — запутывают картину еще больше. Наблюдаемый в последние десятилетия так называемый «этнический ренессанс» — усиление стремления к национальному самоопределению, особенно среди малых этносов, — также оказывает воздействие на демографическое поведение.

Взять, например, возрастную структуру населения. К концу 80-х годов доля жителей до 15 лет составляла в США 22 %, СССР — 25 %, ФРГ — 16 %, а в Бразилии — 36 % (лиц старше 65 лет соответственно 12, 9, 15 и 4 %). По причине особенно высокой доли этой категории (две пятых населения моложе 15 лет) большинство развивающихся стран и впредь сохранит высокие темпы роста населения. Это создает чреватую серьезными последствиями «демографическую тень прошлого в будущем».

Она повлияет на мировую и региональную демографическую ситуацию по крайней мере на протяжении всего XXI в. При этом влияние будет оказываться на все человечество, а его проявление и пути решения во многом определяются особенностями каждой страны и региона — экономическими, социально-культурными, религиозными, политическими и нравственными.

Уровень экономического развития, пожалуй, является определяющим в демографической обстановке, поскольку от него зависит и социально-культурный уровень, и гибкость демографической политики. В табл. 2 приведены показатели для 15 стран (чтобы сопоставление было наглядным, взяты государства с численностью населения, близкой к 10 млн.). По прогнозам, к 2025 г. во всех развивающихся странах из этой группы (кроме Камбоджи) численность населения превзойдет 20 млн., в развитых же останется на прежнем уровне, а в некоторых даже сократится. Иными словами, демографическая политика в последних странах высокоуправляемая, и качество народонаселения (состояние здоровья, доля трудоспособного населения, общая и профессиональная грамотность, социальная и территориальная подвижность населения и т. д.) улучшается.

По своему влиянию на рождаемость религия, как правило, уступает другим факторам, но когда они выражены слабо, влияние религиозных традиций резко возрастает.

Большинство религий — если не все — дают изначальную установку на многодетность. Эта традиция уходит в доисторические времена, когда высокая плодovitость была призвана компенсировать высокую смертность, в том числе детскую.

Наиболее «спокойно» к этой проблеме относится буддизм с его проповедью отречения «от земных соблазнов» и поощрением безбрачия; в то же время его осуждение противозачаточных средств косвенно содействует высокой рождаемости. Индуизм поощряет высокую плодovitость, особенно же усердствует в этом ислам, официально разрешающий полигинию. В христианстве высокая плодovitость была в большей степени свойственна католикам, в меньшей — протестантам (в настоящее время среди христианских народов, в основном завершивших демографический переход, демографическое поведение определяется другими факторами).

В истории известно немало случаев, когда демографическая политика была средством борьбы различных религиозных или

Таблица 2
Демографические и экономические показатели стран с населением, близким к 10 млн. чел. [на 1990 г.]

Страны и континенты	Естеств. прирост населения, % (1990—1995 гг.)	Детская смертность на 1 тыс. новорожд.)	Грамотн. женщины, %	Число рождений на 1 женщину	Средняя продолж. жизни, год	ВВП на душу населения, долл. США (1987 г.)
Развивающиеся страны						
Африка						
Буркина-Фасо	2,8	126	6	6,4	49	190
Замбия	3,7	71	67	7	55	250
Зимбабве	3,1	64	67	5,3	60	580
Азия						
Йемен	3,2	102	7	6,8	53	590
Камбоджа	2,2	115	65	4,4	50	—
Непал	2,3	118	12	5,5	53	160
Латинская Америка						
Боливия	2,8	93	65	5,8	55	580
Гватемала	2,9	48	47	5,4	64	950
Эквадор	2,7	57	80	4,3	66	1040
Развитые страны						
Австрия	0	9	100	1,5	75	11 980
Бельгия	0,1	8	100	1,6	75	11 480
Швеция	0	5	100	1,7	77	15 550
Болгария	0,1	14	100	1,8	73	—
Венгрия	0,1	16	100	1,8	71	—
Чехословакия	0,3	13	100	2	72	—

этнических общностей за свое самоопределение. Например, в XVI в., когда Нидерланды выделились в самостоятельное государство, католическая часть населения была притесняемым религиозным меньшинством, заметно уступавшим по численности протестантам. Однако в XIX и особенно в XX в. соотношение стало меняться — среди католиков велась кампания за высокую рождаемость, и перед второй мировой войной они стали крупнейшей религиозной общиной.

Пропорции между жителями различных общин в одном регионе могут меняться и в результате миграций.

К пространственным проявлениям демографической проблемы перенаселения относится феномен скученности — постоянное переполнение людьми отдельных ареалов. Этим понятием принято обозначать и субъективное восприятие людьми плотности населения. При скученности резко ограничены возможности передвижений, многих видов деятельности, появляется своеобразный поведенческий стресс — усиливается социальная изоляция, бессознательно ограничивается емкость поступающей информации, теряется чувство личности, наблюдаются другие психофизические отклонения. Кроме того, скученность ведет к резкому ухудшению среды обитания, высокой воспри-

имчивости к эпидемическим заболеваниям, и, как результат, такие ареалы отличаются социальной нестабильностью. Этот феномен особенно характерен для густонаселенных районов и агломераций в развивающихся странах. Появился даже термин «калькуттизация» для обозначения процесса крайней деградации среды обитания и увеличения социальных стрессов в густонаселенных ареалах.

Полярность демографических процессов характерна и для их пространственных проявлений. Так, наряду со скученностью наблюдается и депопуляция, обезлюдение местности, особенно сельской. Это явление особенно характерно для многих регионов РСФСР.

В целом географический разброс демографических проблем в Советском Союзе просто колоссален и не уступает глобальному. Помимо упомянутой депопуляции в сельской местности, сопровождающейся старением сельского населения, выделяются как районы интенсивного роста населения (по темпам прироста населения республики Средней Азии и Азербайджан — в основном с исламскими традициями — не уступают развивающимся странам), так и стагнирующие регионы (РСФСР, республики Прибалтики, Украина и Белоруссия). Если в первых невозможно

трудоустроить молодежь, то во вторых ощущается нехватка рабочих рук. Стремление Прибалтийских республик к отделению от СССР — во многом результат реакции коренного населения на завуалированную политику «русификации», стихийно проводившуюся союзными ведомствами путем волевого размещения предприятий.

Остается весьма актуальным и вопрос выживания малочисленных народностей Севера и Востока РСФСР...

Налицо отсутствие научно обоснованной демографической политики в нашей стране, если признать, что демографическая политика «есть совокупность мероприятий, регулирующих демографические процессы в интересах общества».

Взять, к примеру, перенаселенность удобных для жизни территорий в Средней Азии — регионе, условно именовавшемся в нашей литературе «трудоизбыточным». О нарастающем росте численности населения здесь было известно давно. Нарастала доля не занятых в общественном производстве, складывались очаги социальной и межнациональной напряженности. Предсказываемого демографами в 80-х годах возможного в перспективе снижения рождаемости в республиках Средней Азии⁴ не произошло и заложенные в течение десятилетий предпосылки напряженности проявились в межнациональных конфликтах задолго до достижения этой радужной перспективы.

Нельзя не признать, что свою лепту в современную картину демографической напряженности практически во всех концах страны внесли и географы, исключившие национально-этническое районирование из сферы своих интересов.

Впрочем, то же самое сделали демографы с национально-этническим аспектом. Советская региональная экономика, «явочным порядком» отобравшая у экономической географии вопросы размещения производительных сил, также допустила крупные просчеты, создавшие предпосылки для социальных и межнациональных конфликтов.

Рост населения Среднеазиатских республик в последние годы при ухудшающихся условиях среды обитания привел к резкому снижению качества народонаселения. Так, детская смертность в Туркмении составила 55 на 1000 родившихся — на уровне слаборазвитых стран.

Из всего сказанного следуют два вывода. Глобальная демографическая проблема имеет значительную пространственную дифференциацию и требует дифференцированных подходов для ее решения. Глобальная демографическая проблема, как и любая глобальная проблема, начинается в собственном национальном доме, «у своих ворот», и ее решение на глобальном уровне невозможно без продуманной и эффективной демографической политики в каждом государстве.

МОЖНО ЛИ СТАБИЛИЗИРОВАТЬ ЧИСЛЕННОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ?

Упомянутая Ассоциация по планированию семьи, главный орган в системе ООН по проведению программ стабилизации численности населения планеты, была создана в 1969 г. Соответствующие отделы имеются во всех региональных экономических комиссиях ООН (кроме Европейской), в ряде других специализированных организаций ООН (МОТ, ФАО, ВОЗ). Демографической проблемой занимаются и многие международные неправительственные организации — Комитет по сотрудничеству в национальных исследованиях по демографии, Международный совет управления программами по народонаселению, Международный союз научных исследований по народонаселению, Комитет по демографическому кризису, Всемирный фонд по населению и др. Словом, международных организаций, связанных с решением демографической проблемы, более чем достаточно. И хотя все они довольно молоды, вряд ли можно объяснить небольшие успехи в решении демографической проблемы запаздыванием создания такого рода учреждений и невниманием к ней науки.

Дело в том, что единственная радикальная мера стабилизации численности населения — сокращение рождаемости — входит в противоречие не только с большинством религиозных верований и традиций народов; «вторжение» властей любого рода в интимную жизнь семьи с установками по ее планированию часто рассматривается как ущемление прав личности. Многодетность имеет глубокие корни (и экономические, и социальные), и переход к малодетной семье требует соответствующего уровня экономического и социального развития общества.

Другой деликатный аспект проблемы заключается в том, что на всякого, кто выступает за сокращение темпов прироста населения Земли, в развивающихся странах

⁴ Демографическая политика. М., 1974. С. 9—10.

⁵ Боярский А. Я., Валентей Д. И., Кваша А. Я. Основы демографии. М., 1980. С. 217.

в особенности, навешивается ярлык неомальтузианца. Мы не собираемся реанимировать концепцию народонаселения Т. Мальтуса, но его эссе «Опыт о законе народонаселения (1798) можно расценивать как «первый сигнал» о демографической проблеме за 200 лет до того, как она возникла. Кстати, одиозное положение его концепции о желательности войн, эпидемий, стихийных бедствий как средств сдерживания численности «беднейших слоев» не было в ней главным — наиболее легким и действенным средством против перенаселения он считал моральное ограничение «инстинкта размножения».

Одна из причин того, что призыв к сокращению рождаемости остается призывом — правительственная политика некоторых стран «третьего мира». Так, в числе государств, правительства которых считают темпы роста населения удовлетворительными, 25 стран имеют темп ежегодного прироста свыше 21 %, т. е. выше, чем в среднем по «третьему миру»; 13 стран, правительства которых считают рост населения недостаточным, также имеют показатель ежегодного прироста выше среднего.

В 14 странах, правительства которых отвергают программы планирования семьи (Боливия, Бутан, Габон, Джибути, Ирак, Кампучия, Катар, Кения, Кувейт, Лаос, Ливан, Объединенные Арабские Эмираты, Оман, Экваториальная Гвинея), в 1990 г. было сосредоточено 1,9 % населения «третьего мира»; по прогнозу же, на них придется 4 % всего прироста в этой группе стран, а их доля увеличится до 2,8 %.

ПРОГРАММА НА XXI ВЕК

Комплексная программа, которая должна определить демографическую политику в планетарном масштабе на XXI в., была принята на III Международной конференции по проблемам народонаселения в Амстердаме в 1989 г. В ней приняли участие 79 государств (60 стран «третьего мира») и 58 международных и региональных организаций.

В Амстердамской декларации к мерам снижения темпов роста численности населения в развивающихся странах, отнесены следующие: снижение числа рождений на одну женщину, предотвращение ранних браков и подростковой беременности, расширение применения противозачаточных средств (увеличение доли семей, использующих их, до 56 % к 2000 г.). При этом численность населения планеты к концу столетия не должна превысить 6,251 млн. чел. (по предыдущему прогнозу — на 129 млн. чел. меньше).

От прежних программ Амстердамскую отличает курс на повышение качества народонаселения с каждым новым поколением. Она предусматривает уменьшить за десятилетие уровень детской смертности с 70 до 50 на 1 тыс. новорожденных; увеличить продолжительность жизни в странах, где этот показатель низкий, по меньшей мере до 62 лет; усилить роль и социальный статус женщин, поскольку именно бесправие, неграмотность, увеличивает рождаемость. Поэтому планируется дать всем девочкам (впрочем, как и мальчикам) начальное школьное образование и повысить долю грамотных среди женщин в странах «третьего мира» до 70 % (сейчас этот показатель меняется там в пределах 15—50 %). Ожидается сокращение вдвое смертности женщин от родов и нелегальных абортов.

По подсчетам экспертов ЮНФПА, на реализацию этой программы понадобится до 2000 г. примерно 90 млрд. долл. Однако затраты окупятся с лихвой. Ведь рост благосостояния общества определяется приростом национального дохода, колеблющимся по странам от 3 до 6 %. Часть его поглощается приростом населения — это так называемая «демографическая составляющая» национального дохода, призванная поддерживать благосостояние на прежнем уровне, и только оставшаяся часть используется для повышения этого уровня. Чем выше темпы прироста населения, тем больше демографическая составляющая и меньше остается на улучшение жизни.

Исходя из валовых национальных доходов развивающихся стран, демографическая составляющая в них на одного жителя — примерно 1 тыс. долл.

Если к 2000 г. снизить темп демографического роста в «третьем мире» с 1,7 до 1,6 %, это даст экономии на демографической составляющей в 288 млрд. долл. (если же до 1,5 % — 480 млрд. долл.).

Эффективность демографической политики (как и экологической) ощущается косвенно, по снижению потребности в дополнительных затратах, и проявляется не сразу — примерно через поколение.

Конечно, остается вопрос, где взять 90 млрд. долл. Это должны решить все государства. Однако если не реализовать программу через десятилетие, ситуация может измениться настолько, что потребуется в несколько раз больше. Эти соображения позволяют надеяться, что программа будет принята и поддержана не только всеми правительствами, партиями, религиозными общинами, но и всеми сознательными жителями планеты.

Крупнейший геофизик XX века

В. Н. Жарков,

доктор физико-математических наук,

А. В. Козенко,

кандидат физико-математических наук

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР Москва

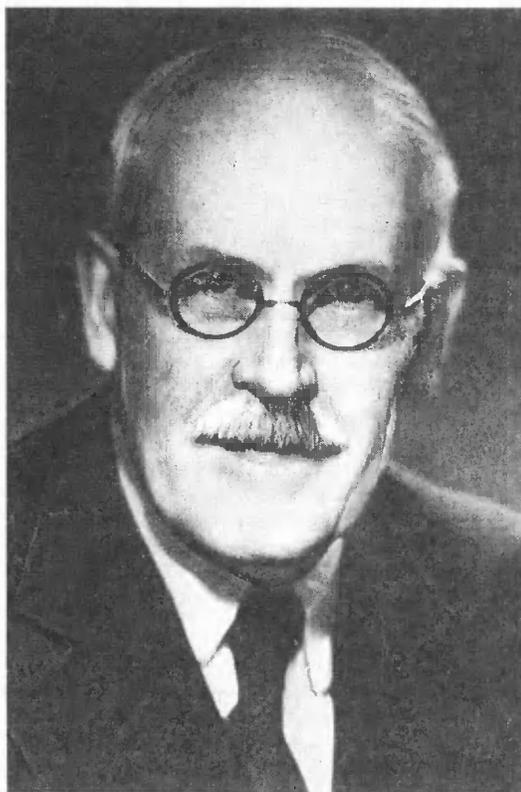
«Если для работы в области геофизики требуется математика, то в этом виновата Земля, а не геофизики».

Г. Джеффрис. «Земля»

ПИСАТЬ о сэре Гарольде Джеффрисе¹ (Harold Jeffreys), которому в апреле этого года исполнилось бы 100 лет, и легко, и трудно. Легко, потому что он был выдающимся ученым, принадлежащим к замечательной школе английских физиков-теоретиков, и великим тружеником. За свою долгую жизнь в науке (последняя работа была опубликована им в 95 лет!) он сделал так много, особенно в геофизике, астрономии и прикладной математике, что даже перечисление его трудов невозможно в журнальной публикации, так как заняло бы слишком много места. Трудно, потому что с именем Джеффриса не связаны какие-то сенсационные гипотезы, как, например, гипотеза дрейфа континентов, ассоциирующаяся в массовом сознании с именем немецкого метеоролога и геофизика А. Вегенера.

К тому же мы имеем дело с редкой для нашего жесткого века благополучной биографией, которой трудно увлечь читателя, привыкшего за последние годы к драматическим коллизиям в судьбах ученых. Однако именно размеренная и благоустроенная жизнь, спокойная работа теоретика в английских университетах, видимо, позволили Джеффрису так долго сохранять уникальную работоспособность и в одиночку внести в геофизику вклад, пожалуй, превышающий вклад любого крупного геофизического института.

Джеффрис был первым универсалом в этой науке, и его работы в середине XX в. определяли лицо геофизики. Неудивительно, что деятельность Джеффриса оказала замет-



Сэр Гарольд Джеффрис. [22.IV 1891 — 18.III 1989].

ное влияние на ее развитие и в нашей стране. Переведенная на русский язык его монография «Земля», в которой он впервые в мировой литературе создал сейсмическую модель планеты, несколько десятилетий

¹ В русских изданиях встречаются и иные написания его имени (Харольд) и фамилии (Джеффрис).



После окончания Армстронг-колледжа.

оставалась настольной книгой геофизиков всего мира, постоянным пособием было и его руководство по математической физике, написанное вместе с женой Бертой Свирлс, также изданное на русском языке. Между тем пока о самом Джеффрисе по-русски можно прочесть лишь несколько строк в Большой Советской Энциклопедии.

НАЧАЛО ПУТИ

Г. Джеффрис родился 22 апреля 1891 г. на северо-востоке Англии, в небольшом шахтерском поселке Фэтфулд на р. Уэр в графстве Дарэм. Его отец Роберт Холл Джеффрис был директором церковной сельской школы, где и начал учиться Гарольд, мать Элизабет Мэри Шерн до замужества также учительствовала. Небогатой семье пришлось жить в холодном и сыром школьном здании, но в 1905 г. Джеффрисы переехали в соседний поселок Бертли, где условия были более сносными, что, судя по воспоминаниям ученого, и спасло ему жизнь².

Местность, где прошло детство Гарольда, несмотря на груды шлаков, по словам известного географа Э. Реклю, сохраняла в конце прошлого века славу английской Аркадии. Река Уэр протекала через красивейшие озера и ущелья, по ее берегам замки и парки чередовались с шахтами и фабриками.

Интерес к природе и естественным наукам появился у Гарольда в девятилетнем возрасте. В Бертли он серьезно увлекся ботаникой, которая навсегда осталась его хобби (несколько ботанических статей он опубликовал уже в зрелом возрасте).

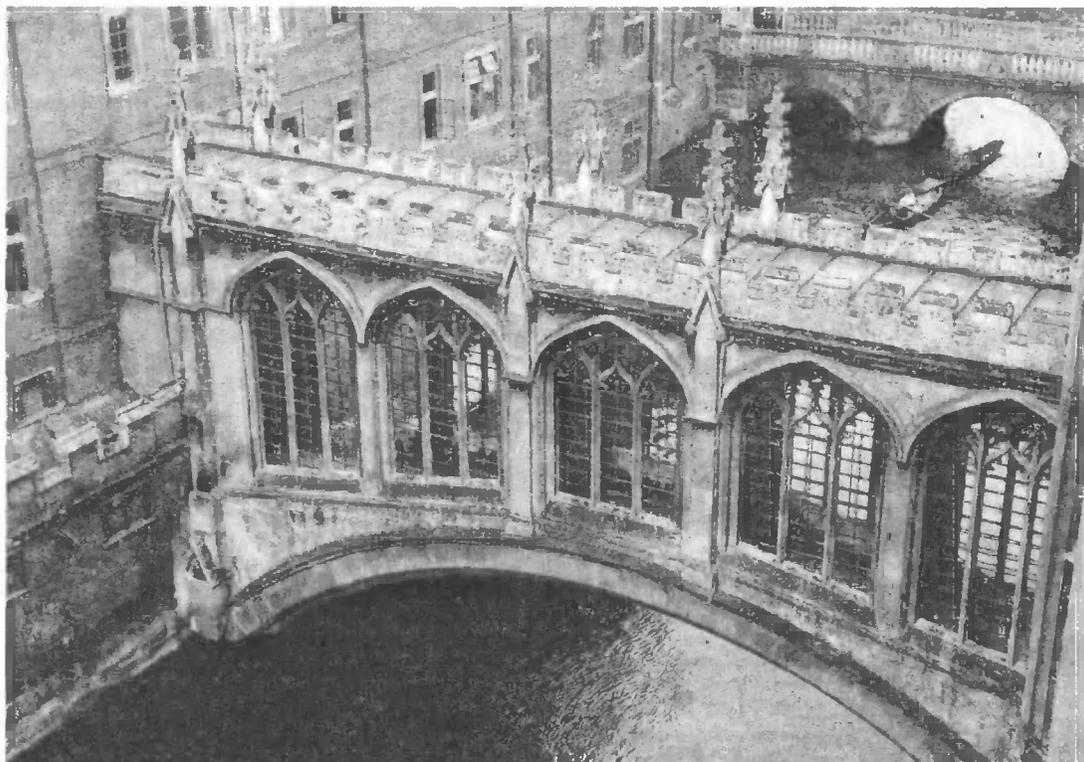
Успешно шли и школьные занятия. В 1903 г. он занял первое место в конкурсе на малую школьную стипендию (60 фунтов стерлингов в год) Совета графства Дарэм и, получив ее, поступил в Резерфорд-колледж в Ньюкасле, а затем в 1907 г. перешел в Армстронг-колледж, который в то время был филиалом Дарэмского университета. На протяжении трех лет он углубленно изучал геологию, математику и химию. Окрестности Ньюкасла очень подходили для геологических экскурсий — за день можно было «побывать» в нескольких геологических периодах.

Во время обучения в Армстронг-колледже (с 1907 по 1910 г.) Джеффрис провел два исследования в области фотографии, которые были опубликованы в «Британском журнале фотографии» в 1910—1911 гг. Это были первые публикации начинающего исследователя. Увлечение фотографией сохранилось на всю жизнь, и Джеффрис стал превосходным фотохудожником, сделавшим множество снимков, свидетельствующих о его утонченном вкусе.

Серьезные занятия геологией у Гарольда совмещаются со все большим увлечением математикой, и, заметив это, профессор математики К. М. Джессон советует ему продолжить образование в Кембридже. Здесь, в Сент-Джонс-колледже, Джеффрис не только успешно учится, но и пишет сочинение о преемсии и нутации, формулирует теорию сжатия Луны, блестяще сдает «Трипос» — экзамены для студентов-математиков, учрежденные в начале XVIII в. В результате он получает целых три престижные премии для студентов.

А в ноябре 1914 г. Джеффрис избран членом Сент-Джонс-колледжа, что давало

² При работе над статьей использована рукопись Джеффриса «Воспоминания» из архива его жены. Пользуясь случаем, авторы выражают признательность леди Джеффрис за предоставленные ею материалы и фотографии.



Сент-Джонс-колледж. Мост вздохов. Фотография выполнена Г. Джеффрисом в 1916 г.

ему пожизненное право участвовать в управлении этим учебным заведением. В 1917—1922 гг. он работает в метеорологическом ведомстве, где выполняет ряд важных работ по динамической метеорологии: изучает зависимость между ветрами разного типа с учетом турбулентности, проводит классификацию ветров, развивает теорию муссонов и бризов, показывает, что циклоны — это часть общей циркуляции атмосферы, а не возмущения, наложенные на нее.

Вот как сам Джеффрис вспоминает это время: «Я ранее изучал немного метеорологию, но не имел благоприятной возможности для серьезных занятий ею. Я думаю, что основной вклад в науку, принадлежащий мне,— это обобщение тейлоровской теории приливного трения в мелководных морях, которая, по-видимому, объясняет (более или менее) наблюдаемое вековое ускорение Луны.

В то время в Империял-колледже, недалеко от Метеорологического ведомства, работал Артур Холмс³, с которым я был

близко знаком. Он с увлечением занимался пересмотром возраста Земли. До тех пор пока это было возможно, математики принимали кельвиновский возраст Земли — 15 млн. лет, оцениваемый по времени ее остывания за счет механизма теплопроводности, а геологи, комбинируя главным образом толщину осадков и скорость денудации, получали что-то около 200 млн. лет.

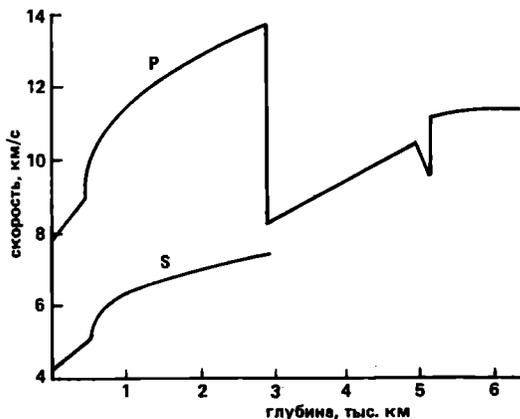
Холмс был пионером использования метода радиогенного датирования, который значительно увеличил возраст Земли. Так, недавно найденные архейские породы имеют возраст 1500 млн. лет⁴, а некоторые метеориты даже около 4500 млн. лет; хотя имеющиеся пока разногласия и вызывают сомнения⁵.

С этого времени Джеффрис вновь обращается к геологии. Холмс стимулирует его первые работы о процессах горообразования (орогенеза), познакомив с

³ Холмс Артур (1890—1965), английский геолог и петрограф, физик по образованию, один из пионеров радиогеологии, разработал первую геохронологическую шкалу фанерозоя.

⁴ По современным данным, возраст архейских пород около 4 млрд. лет.

⁵ Джеффрис Г. Воспоминания.



Классическая сейсмическая модель Земли, созданная Джеффрисом. При переходе от земной коры (граниты, базальты) к мантии скорости сейсмических волн резко возрастают, а затем увеличиваются постепенно за счет сжатия нижележащих слоев давлением вышележащих. Падение скорости P-волн и отсутствие S-волн при переходе из мантии в ядро связано с тем, что внешнее ядро жидкое. Во внешнем ядре скорости P-волн растут плавно, что также обусловлено ростом давления. При переходе к внутреннему ядру скорость растет из-за перехода вещества из расплавленного состояния в твердое, кристаллическое. Скорость во внутреннем ядре почти не меняется.

идеями Э. Зюсса⁶. По его контракционной гипотезе, при остывании и затвердевании Земли более легкий материал поднимается к поверхности, образуя изверженные гранитоидные породы, лежащие на более плотных основных — базальтах, габбро, перидотитах. Горные же хребты возникают в результате сжатия — подобно складкам на высыхающем сморщенном яблоке. Эти представления кажутся Джеффрису привлекательными на протяжении всей его научной деятельности.

Методично разрабатывая одну проблему за другой, Джеффрис постепенно сосредоточивается на проблемах геофизики и ее математическом аппарате, но, пожалуй, наиболее яркие его работы относятся к сейсмологии, в частности к созданию классической сейсмической модели Земли, которой в начале 20-х годов в современном понимании не существовало.

КЛАССИЧЕСКАЯ СЕЙСМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗЕМЛИ

Сейсмическая модель Земли — распределение скоростей сейсмических волн с

глубиной — позволяет рассчитать плотность, давление, ускорение силы тяжести и другие величины в недрах Земли, выразив их через плотность и давление. Кроме того, построив сейсмическую модель Земли, можно выявить кору, мантию и ядро, а также установить их тонкую структуру. Следующий принципиальный шаг — использование этой модели для получения представлений о внутреннем строении планет земной группы, т. е. переход к сравнительной планетологии.

Крупнейшее достижение Джеффриса в том, что он сформулировал и выполнил описанную выше программу, т. е. поставил и решил основную задачу геофизики своего времени.

Здесь, по-видимому, необходимо сделать небольшое отступление общего плана.

В качестве экспериментальных данных сейсмологи используют сейсмограммы — записи механических колебаний от землетрясений или искусственных взрывов. Сейсмические волны делят на объемные, пронизывающие планету и как бы ее просвечивающие, и поверхностные. Выделяют два типа объемных волн: продольные (упругие волны сжатия) и поперечные (упругие волны сдвига). Скорость продольных в 1,7 раза больше скорости поперечных, поэтому они регистрируются на сейсмограммах раньше и называются первичными (P-волнами) в отличие от вторичных (S-волн).

Когда в 80-х годах прошлого века были записаны первые сейсмограммы сильнейших землетрясений, ученые не могли даже объяснить большую длительность колебаний. Одной из причин этого явления можно было считать дисперсию — зависимость скорости распространения волны от ее частоты. Однако, кроме того, наблюдались колебания уже после регистрации P- и S-волн, но до прихода поверхностных.

В 1931 г. Джеффрис сделал вывод, что единственное предположение, которое выдерживает критику, состоит в том, что эти колебания вызваны отражениями первоначального импульса внутри приповерхностных слоев. Об этом выводе пришлось вспомнить при интерпретации длительности первых лунных сейсмограмм в начале 70-х годов.

В 1906 г., изучая сейсмограммы сильнейшего Сан-Францисского землетрясения, американский геофизик Р. Д. Олдгем получил первое свидетельство существования центрального ядра Земли, а через 8 лет немецкий сейсмолог Б. Гутенберг оценил глубину его границы в 2900 км. Немного ранее, в 1909 г., А. Мохорович-

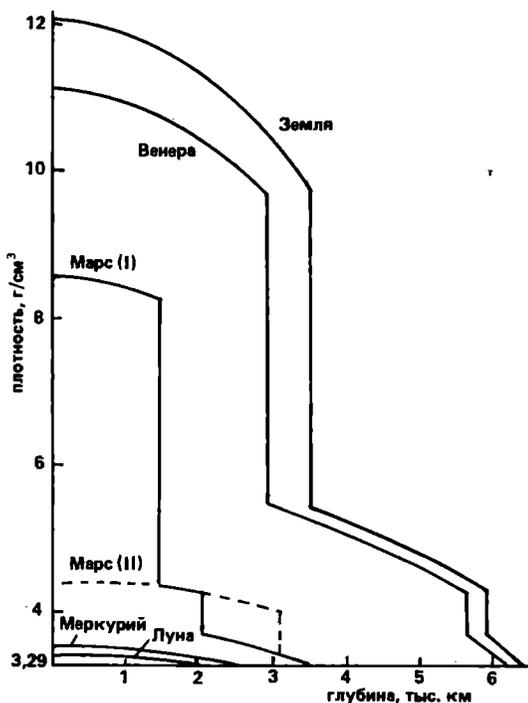
⁶ Зюсс Эдуард (1831—1914), австрийский геолог, автор труда «Лик Земли», в котором обобщены многочисленные региональные исследования строения и развития земной коры на основе контракционной гипотезы.

чич, работавший в Загребе, обнаружил резкую границу на глубине 50 км, отделяющую породы земной коры от нижележащей оболочки, названной мантией. Впоследствии оказалось, что эта граница располагается в зависимости от региона на разных глубинах.

Итак, в 1914 г. общая структура нашей планеты была открыта. Именно в это время начал свои исследования в геофизике Джефрис. Для его подхода характерны не только глубокая механико-математическая разработка проблемы, но и всестороннее привлечение геологического материала.

Так, в статье Джефриса и его коллеги Д. Вринч, посвященной исследованию сейсмограмм от мощного взрыва в Опау (близ Мангейма) 21 сентября 1921 г., впервые в сейсмологической литературе использованы идеи Зюсса о сложном строении земной коры. В ней серьезно корректированы времена пробега сейсмических волн, полученные в 1907 г. К. Цёппритцем и уже уточненные Х. Тернером, А. и С. Мохоровичичами и Б. Гутенбергом. В последующих работах на основе глубокого математического анализа распространения и отражения волн различных типов в сплошной среде Джефрис решает вопросы отождествления новых фаз сейсмических волн при интерпретации сейсмограмм, что включает эти работы в золотой фонд классической сейсмологии. В 1926 г., объединив данные сейсмологии и динамической астрономии, он установил, что ядро Земли жидкое. Но, пожалуй, основным достижением Джефриса стали разработанные им совместно с помогавшим ему с 1929 г. К. Е. Булленом и опубликованные в 1935 г. таблицы времен пробега сейсмических волн. Во второй половине 30-х годов они продолжили эту работу и вычислили времена пробега сложных волн (один или несколько раз отражавшихся от границы ядра) для поверхностных и глубоких очагов землетрясений. Тогда же Джефрис разработал удобный метод учета влияния несферичности Земли, обуславливающей несферичность внутренних слоев равной плотности (т. е. предположительно слоев равной скорости сейсмических волн). Все это в конечном итоге привело к построению в 1940 г. новых таблиц Джефриса—Буллена, применявшихся как стандартные достаточно долгое время.

Во второй половине 30-х годов было открыто еще одно внутреннее ядро Земли. Честь этого открытия бесспорно принадлежит И. Леманн, в ту пору заведующей отделом сейсмологии Датского королевского



Распределение плотности с глубиной у планет земной группы. Модели Джефриса. (Для Марса приведены две модели: I — с железным ядром и II — без ядра.)

геодезического института. Наблюдая прошедшие через ядро Земли волны от землетрясения в Тихом океане в течение ряда лет, она, чтобы подобрать адекватную модель для них, ввела в двухслойную модель Земли (мантия, ядро) небольшое центральное ядро. Методом последовательных приближений она показала, что можно найти приемлемые значения скоростей сейсмических волн и радиуса внутреннего ядра, при которых данные наблюдений совпадают с результатами расчетов. Другими словами, можно построить трехслойную модель Земли, которая объясняет особенности сейсмограмм. Таким образом, была решена прямая задача. Однако для получения более убедительных доказательств существования внутреннего ядра необходимо было решить обратную. Это и сделал Джефрис, детально рассчитавший (с использованием множества наблюдаемых времен пробега) радиус внутреннего ядра и распределение в нем скорости Р-волн. Значение этого радиуса оказалось равным 1200—1250 км.

Теоретические аргументы Джефриса в 1939 г. позволили отказаться от прежней



Сэр Гарольд Джефрис, леди Джефрис, А. П. Лазарев, М. С. Зверев и Г. Б. Яновская в Пулкове. 1958 г.

гипотезы о дифракции сейсмических волн. Им было показано, что в зону тени (от ядра) проникают не испытавшие дифракцию короткопериодные волны, а преломленные, прошедшие сквозь внутреннее ядро.

После уяснения структуры недр благодаря решению обратных задач стало возможным рассчитать усредненное распределение скоростей сейсмических волн внутри Земли, т. е. построить ее сейсмическую модель, что и сделали в конце 30-х годов Джефрис и Буллен. Аналогичную работу под руководством Б. Гутенберга проделали в то же время в Калифорнийском технологическом институте. Вот как оценил эту грандиозную работу известный американский сейсмолог Б. Болт: «Сходимость результатов была впечатляющей. Лучшая похвала заключается в том, что даже через 46 лет их результаты не были намного улучшены»⁷.

ГЕОФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

Много работ Джефриса посвящено проблемам на стыке геофизики и астрономии. В статье «Взаимосвязь астрономии и геофизики» он так пишет об этом: «Меня часто спрашивают (абсолютно доброжелательно), как могло случиться, что геофизик занял должность Плюмианского профессора астрономии, наследуя сэру Артуру Эддингтону. Это был действительно беспрецедентный случай. Предшественник Эддингтона сэр Джордж Дарвин был одним из величайших геофизиков, и главным образом его работы вначале привлекли меня к геофизике. Из четырех основных томов собрания его работ первый полностью посвящен теории приливов; другие же почти поровну поделены между астрономией и геофизикой. Связь между этими двумя предметами давно осознано Королевское астрономическое общество Великобритании. Земля — это та планета, о которой мы знаем больше всего»⁸.

Примером направления, лежащего на стыке геофизики и астрономии, является

⁸ Annual Review of Earth and Planetary Sciences. 1975. V. 1. P. 1—13.

⁷ Болт Б. В глубинах Земли. М., 1984. С. 189.

гравиметрия. Джефрис много работал в этой области, в частности, над определением параметров гравитационного поля, фигуры Земли и планет, природы изостазии, занимался интерпретацией результатов измерений силы тяжести в связи с вопросами гравитационной разведки.

Джефрис активно разрабатывал теорию приливов. В 1928 г. он обнаружил влияние зональных приливных деформаций на колебания наибольшего момента инерции Земли. Это обуславливало изменения скорости ее вращения. Его теоретические предсказания в дальнейшем получили блестящее экспериментальное подтверждение.

Еще в 1926 г. Джефрис впервые рассмотрел земные приливы в двухслойной модели Земли (однородные ядро и оболочка, причем жесткость ядра принималась равной нулю). Однако в такой упрощенной модели период движения полюса Земли оказался нереальным. Дальнейшее совершенствование теории требовало усложнения реологических моделей, связывающих между собой напряжения и деформации в среде (в простейшем случае это знакомый всем по школьной программе закон Гука). В более сложных моделях появляется время, от которого зависят напряжения и деформации среды. Пытаясь найти адекватное реологическое описание земных недр, Джефрис предлагает свою модель, объединяя реологические законы Максвелла и Кельвина, модифицирует закон Ломnitzца.

Значителен вклад Джефриса и в теорию движения Луны, динамическую проблему системы Земля—Луна. Из-за неупругости реальной Земли существует связь между замедлением ее вращения и вековым ускорением Луны. Прежде всего замедление обусловлено совокупным действием внутреннего трения при земных приливах и приливным трением океанических вод, особенно разрушением приливных волн в мелких морях. По оценкам Джефриса, вклад одного лишь Берингова пролива составляет две трети замедления. Последующие расчеты показали, что суммарное влияние всех океанов на этот эффект получается того же порядка, что и у Джефриса.

В настоящее время наступает эпоха «великого объединения» физики Земли, сравнительной планетологии и космогонии. Действительно, геофизика дает ответ на многие вопросы происхождения и эволюции различных тел Солнечной системы. Знаменательно, что, опережая такое объединение, Джефрис мыслил и работал в рамках такого подхода.

Отмечая в своих работах важность исследования других планет для изучения самой Земли, с одной стороны, и получения знаний о нашей планете как фундамента для познания других, он стоит у истоков сравнительной планетологии. В 1937 г. в работе «Распределение плотности во внутренних планетах» он сделал попытку использовать полученные данные для проверки ряда геофизических гипотез об изменении структуры вещества в недрах Земли, предлагавшихся в то время. Кроме того, на основе таблиц распределения плотности в Земле, ему удалось построить первую модель внутреннего строения Венеры. При этом считалось, что у Венеры, как и у Земли, ядро и мантия различаются по составу. В работе также предложены модели Марса и Меркурия.

Пионерскими были работы Джефриса в области построения моделей планет-гигантов. До его работы 1923 г. «Строение четырех внешних планет» полагали, что они находятся в горячем газообразном состоянии. Джефрис сделал попытку определить поверхностные температуры планет и пришел к выводу, что к этим телам скорее всего применимы обычные уравнения состояния жидкостей и твердых тел.

В 1934 г. Р. Вильдт на основе результатов Джефриса сделал вывод о водородном составе внешних слоев этих планет. Создание водородной концепции строения Юпитера и Сатурна, начатое Джефрисом, было завершено в 1951 г. в трудах В. Г. Фесенкова и А. Г. Масевич в СССР, У. Г. Рамзая в Англии и У. Де-Маркуса в США. Теория внутреннего строения планет-гигантов приняла современный вид в работах В. Н. Жаркова и В. П. Трубицына.

Интерес Джефриса к планетной космогонии показывает, что он прекрасно понимал невозможность построения реальных эволюционных моделей Земли и планет без решения проблемы их начального состояния. С другой стороны, исследования по сравнительной планетологии в конечном итоге направлены на решение этой фундаментальной проблемы естествознания. Поэтому на протяжении всей своей жизни Джефрис неоднократно обращался к проблемам происхождения Солнечной системы.

В своих первых космогонических исследованиях 1917—1918 гг. Джефрис пытается построить теорию образования планетной системы в рамках господствовавшей тогда концепции Д. Джинса⁹. В работах

⁹ Подробнее см.: Козенко А. В. Джеймс Хонвуд Джинс. М., 1985.

конца 1940-х — начала 50-х годов Джеффрис дает аналитический обзор состояния вопроса о происхождении Солнечной системы. В нем он наряду с «приливными» и «катастрофическими» гипотезами рассматривает и появившиеся в годы войны гипотезы К. фон Вайцзеккера в Германии и О. Ю. Шмидта в Советском Союзе, сыгравших определяющую роль в развитии современной космогонии. Им также ставится вопрос о связи космогонического сценария со строением и начальным состоянием планет. Джеффрис считал его горячим, к эффективно-горячему начальному состоянию планет и сейчас склоняется большинство исследователей.

Сэр Гарольд Джеффрис скончался 18 марта 1989 г., не дожив всего двух лет до своего столетнего юбилея. В многочисленных некрологах отмечался его громадный вклад в различные отрасли науки, который в нашей публикации освещен лишь фрагментарно. Добавим только, что Джеффрис создал метод нахождения приближенных решений линейного однородного дифференциального уравнения второго порядка. Этот метод имеет принципиальное значение для современной физики, так как используется для решения однородного уравнения Шредингера. Только одно это достижение уже позволяет вписать имя Джеффриса в историю науки. Не менее важно сделанное им теоретическое обоснование операционного метода Хевисайда.

Следует отметить и работы Джеффриса по классической и квантовой механике, теории относительности и теории вероятностей. Занимался он также проблемами научного творчества и психологии.

По своим философским и теологическим взглядам Джеффрис был ближе всего к агностицизму. Но в жизни Джеффриса религиозные или общественные проблемы никогда не занимали значительного места. Леди Джеффрис рассказывала одному из авторов (А. К.), что вся жизнь сэра Гарольда была посвящена работе. Его коллеги или немногочисленные друзья, приходя в особняк Джеффрисов, чаще всего заставляли его лежащим на полу и делающим записи, крутящим ручку старого арифмометра или просто погруженным в размышления.

Может быть, поэтому многие считали Джеффриса некоммуникабельным. Но те, кто знал его хорошо, утверждают, что он был очень доброжелателен. Красноречива, на наш взгляд, и такая деталь: имея хороший тенор, он солировал в хоре. Очень любил путешествовать. Часто бывал за границей, в том числе в 1958 г. и в нашей стране.

Джеффрис создал уникальную геофизическую школу. Среди его учеников — известные члены Королевского общества — С. Голдстейн, Л. Розенхед, К. Е. Буллен, Г. Бонди, Р. Стонли и ряд других.

С 1963 г. в Королевском астрономическом обществе проводятся Джеффрисовские лекции. Первую прочитал сам Джеффрис, а в дальнейшем этой чести удостоивались Э. Буллард, Г. Альфвен, Ф. Пресс, Д. Мак-Кензи, М. Вульфсон, Г. Вассербург, А. Дзевонски и многие другие известные ученые.

У Джеффриса было много научных наград, почетных степеней и званий. Его избрали членом академий наук большинства стран мира и множества национальных и международных научных обществ. На протяжении десятилетий он оставался живым классиком, патриархом современной теоретической геофизики.

Век двадцать первый

Ф. Дайсон

В 1985 г. профессор Принстонского института перспективных исследований Фримен Дайсон прочел цикл лекций в университете в Абердине (Шотландия) под общим названием «Хвала разнообразию», которое, по мнению автора, давало ему право затронуть в них самый широкий круг вопросов, касающихся разнообразия как в материальном мире, так и в духовной деятельности человека. Поставив себе задачей рассмотрение «безграничной щедрости жизни и, как следствие, безграничности человеческой судьбы», Дайсон в качестве рабочей гипотезы для объяснения загадки нашего существования выдвинул предположение, что «наша Вселенная — наиболее интересная из всех существующих вселенных и наше предназначение как человеческих существ состоит в том, чтобы осуществить это на деле». Лекции были переработаны и вышли отдельной книгой в 1988 г. под заголовком «Безграничность по всем направлениям». Мы публикуем одну из этих лекций с небольшими сокращениями.

По сути, новая работа Дайсона является логическим продолжением его книги «Нарушая покой Вселенной», отрывки из которой «Природа» публиковала в 1984 г.² Начиная с 60-х годов интересы ученого, хорошо известного уже классическими работами в теоретической физике, сместились в область проблем, связанных с «проектированием» будущего, попытками представить и обосновать пути развития научно-технического прогресса и его влияния на жизнь человека. Это тем более интересно, что сейчас, на подходе к рубежу столетий, существует повышенный интерес к будущему нашей перенаселенной планеты, обремененной множеством глобальных проблем.

ТЕХНОЛОГИЯ — это божий дар. После дара жизни, быть может, это самый значительный дар, полученный человечеством от Бога. Технология — мать цивилизации, искусств и наук. Ядерное оружие — тоже детище технологии, которое она произвела на свет точно так же, как и другие, менее грубые инструменты силы. Технология развивается и все более освобождает человечество от ограничений прошлого. Наиболее революционная ее черта — мобильность. Это вполне очевидно. Технология легко преодолевает расовые и языковые барьеры. И эта мобильность все возрастает. Овладение технологией производства микросхем и программного обеспечения компьютеров происходит намного быстрее, чем некогда технологией добычи угля и производства железа. В свое время индустриальным странам понадобился для этого тяжкий труд трех поколений. Новые индустриальные страны Юго-Восточной Азии — Южная Корея,

Сингапур и Тайвань — в течение одного поколения овладели новыми технологиями и совершили прыжок от бедности к процветанию. Вот почему я называю новую технологию технологией надежды. Она дает возможность совершить быстрый переход от бедности к процветанию, причем не за счет изнурительного физического труда, а благодаря умственным усилиям. Существенный компонент новой технологии — информация. Информация легко передается. В отличие от угля и железа, она доступна везде, где есть мыслящие люди, желающие ею воспользоваться. Не только в Восточной Азии, но и повсюду на планете технология и информация, от которой она зависит, могут стать эффективным средством более справедливого распределения между разными нациями богатств, которыми владеет все человечество. Без перспективы экономической справедливости невозможны реалистические надежды на прочный мир. Если смотреть на вещи широко, технология представляется нам божьим даром, который может способствовать жить в мире с соседями на этой перенаселенной планете.

¹ Dyson F. Infinite in All Directions—N. Y., 1988.

² Дайсон Ф. Нарушая покой Вселенной // Природа. 1984. № 3. С. 123—128; № 4. С. 123—128.

В свете этого более всего мне не нравятся низменные попытки приостановить экспорт технологии и препятствовать распространению информации. В них проявляется способ мышления, несовместимый с уважением к человеческому достоинству. Идея о том, что Соединенные Штаты должны пытаться держать Советский Союз в состоянии технологической отсталости, исключает возможность всеобъемлющего соглашения по контролю над вооружением; Советский Союз ни на каких условиях не пойдет на переговоры, исключающие равенство. Не менее иллюзорно представление, что Соединенные Штаты могут играть роль няни для всего остального мира и направлять поток технологических гостинцев таким образом, чтобы вознаграждать друзей и наказывать врагов. Технология в равной степени божественный дар для всех наций. Остальной мир быстро узнаёт все, что мы попытались бы скрыть. И мы быстро потеряем доброе расположение человечества, которое мы в прошлом заслужили более щедрой позицией. Если нам предстоит вести мир к многообещающему будущему, мы должны понять, что технология — это тоже часть окружающей среды, которой в равной мере, подобно воздуху и воде, должно пользоваться все человечество. Стремиться монополизировать технологию так же глупо, как пытаться монополизировать воздух.

Технология — это сила, освобождающая человека и потому она важнее оружия. Вот почему ученые способны авторитетно обсуждать проблемы международной политики, выходящие за пределы их компетенции как создателей Бомбы. Сорок лет назад они неожиданно приобрели влияние в политической жизни, потому что они одни знали, как делать Бомбу. Сегодня мы уже на более серьезных основаниях можем претендовать на политическое влияние потому, что приобрели практический опыт истинно международных мероприятий. У нас есть друзья и коллеги и в Советском Союзе и в Китайской Народной Республике. Мы знаем, как на практике сотрудничать с советскими учеными, знаем бюрократические препятствия, которые при этом необходимо преодолевать, а также возможности и трудности личных контактов. Мы знаем, каких усилий стоят эксплуатация астрономической обсерватории в Чили, запуск рентгеновского спутника с территории Танзании и организация мероприятий по искоренению вируса оспы из его последней цитадели в Эфиопии. В отличие от наших политических лидеров, мы из личного опыта знаем всю эту деятельность, которая не просто многонациональна, но по

самой своей сути интернациональна. Будучи учеными, мы изо дня в день работаем в международном сообществе. Именно поэтому мы не боимся технических трудностей в вопросах контроля над вооружением. Именно поэтому нас пугает узость мышления и невежество наших политических лидеров. Но по этим же причинам мы не боимся подать голос и попытаемся научить человечество всему полезному, что мы извлекли из нашей профессиональной деятельности.

Обычно требуется от 50 до 100 лет, чтобы фундаментальные научные открытия обернулись широкомасштабными технологическими применениями, которые могут серьезно изменить жизнь человека. Часто можно слышать, что технологические революции в наше время совершаются быстрее, чем в прошлом. Но видимое ускорение технологических преобразований скорее всего иллюзия, обусловленная временной перспективой. Все, что происходит в настоящее время, видится нам в больших подробностях, нежели события столетней давности, а в отсутствие деталей кажется, что в прошлом технологические изменения происходили медленнее. В действительности же промежутки времени между выводом уравнений Максвелла и широкомасштабной электрификацией городов был не больше, чем между открытием Томсоном электрона и распространением по всему миру телевидения или же между открытием Пастером микробов и широким применением антибиотиков. Несмотря на высокий темп нашей жизни, нужно два-три поколения, чтобы новая научная идея привела к революционным изменениям в социальной сфере.

Если интервал между открытием и его широкомасштабным применением действительно порядка 70 лет, значит мы уже должны вполне определенно представлять себе те технологические преобразования, которые могут произойти к середине XXI столетия. Примерно до 2050 г. в основе широкомасштабных технологий будут лежать открытия, которые уже сделаны. И только после 2050 г. можно рассчитывать на технологии, базирующиеся на принципах, неизвестных современной науке.

Здесь я хочу изложить предположения относительно важнейшей технологий последующих 70 лет. Вглядываясь в достижения современной науки, я вижу три основные области знания, которые на практике еще далеко не исчерпаны. Первая — это молекулярная биология, наука о наследственности и физиология клетки на молекулярном уровне; вторая — нейрофизиология; наука о сложных информационных сетях.

и процессах в мозге; третья — космофизика, исследования Солнечной системы и ближнего космоса. Каждая из этих областей науки может дать начало глубоким технологическим преобразованиям. Названия соответствующих технологий — геновая инженерия, искусственный интеллект и освоение космического пространства. Этот список далеко не полон. Вне сомнений, будут и другие инновации такой же значимости. Но что бы еще ни произошло, эти три технологические революции будут менять условия жизни человека в течение наступающего столетия. Несколько слов о каждой из них.

Геновая инженерия уже серьезно заявила о себе в фармацевтической индустрии. Бактерия может быть заражена чуждыми генами и клонирована для синтеза белков, кодируемых этими генами. Но речь пока не идет о больших объемах производства. Сегодня геновая инженерия экономически выгодна лишь для производства достаточно дорогих лекарств. Она еще не может конкурировать с промышленностью по производству обычных химических веществ. Нынешние рамки геновой инженерии определяются ее производительностью. Бактерия, созданная методами геновой инженерии, может произвести за день такое же количество продукта, какое стандартный окислительный реактор выдает в таком же сосуде за секунду.

Но почему же процессы, дающие продукцию методами геновой инженерии, должны протекать в ограниченных объемах, в строго контролируемых условиях? Одна из причин — защита окружающей среды. Принятые в большинстве стран правила запрещают выпускать на волю генетически полученные создания. И вполне резонно соблюдать осторожность, вводя послабления в такие правила. Страшные рассказы о монстрах, созданных методами геновой инженерии и заселяющих Землю, часто преувеличены, но такую опасность нельзя рассматривать как исключительно воображаемую. Произведенные на свет создания должны быть всесторонне исследованы и поняты, прежде чем они будут выпущены из-под контроля. Тем не менее со временем мы наверняка научимся без серьезной опасности перенести технологию геновой инженерии из замкнутых сосудов в открытое пространство. В конце концов фермеры тысячелетиями выращивали на полях пшеницу, так что она тоже во многом продукт человеческой деятельности, столь же искусственный, как и созданная методами геновой инженерии кишечная палочка *Escherichia coli*. Фермеры давным-давно обнаружили, что пшеницу вы-

годнее выращивать в открытом грунте, чем в оранжереях. Геновая инженерия тоже станет экономически рентабельной для ширококомасштабного биохимического производства, когда ее методы можно будет применять на открытом воздухе. Тогда химическая индустрия больше не будет резко отличаться от сельскохозяйственного производства. Будущий «урожай» будет конструироваться по заказу — либо для использования в пищу, либо для химического производства.

Любая технологическая революция сопровождается незапланированными отрицательными эффектами. Геновая инженерия не будет исключением. Одним из таких нежелательных следствий может быть индустриализация традиционного сельскохозяйственного производства. И, как результат, масштабные изменения существующей структуры земледелия в пользу посевов товарных культур, что уже наблюдается в развивающихся странах. Исчезновение фермерства ведет к спаду сельского населения и росту городов, к уменьшению генетического разнообразия урожайных видов и разрушению традиционного сельского ландшафта. Дж. Холдейн еще в 1924 г. предвидел такое развитие событий. Мы приведем отрывок из его книги «Daedalus». Это цитата из курсовой работы воображаемого студента XXI в., в которой суммируются последствия геновой инженерии XX в.:

«Фактически это произошло в 1940 г., когда Сельковский создал пурпурную морскую водоросль *Porphyrococcus fixator*, оказавшую столь громадное влияние на всю мировую историю... *Porphyrococcus* растет практически всюду, где есть вода и следы калийных удобрений и фосфатов в почве, и необычайно эффективно связывает азот, получая его из воздуха. В результате за четыре дня достигается такой же эффект, который давал бы урожай вики за год... Необычайно резкое падение цен на продовольствие и разорение чисто аграрных государств стало, безусловно, одной из главных причин катастрофических событий 1943 и 1944 гг. Избыток продовольствия особенно остро проявился, когда в 1942 г. Q-подвид *Porphyrococcus* вырвался в море и стал необычайно быстро размножаться. Когда некоторые планктонные организмы стали производить легко усваиваемые ферменты, в морях резко выросли популяции рыб, в результате чего рыба стала универсальной пищей, что мы и наблюдаем в настоящее время... Именно вследствие нашествия *Porphyrococcus* море приобрело тот интенсивный пурпурный оттенок, который столь естествен для нас, но причиняет страдания неко-

торым наиболее эстетически развитым прадедушкам и прабабушкам — свидетелям этих изменений. Нет нужды подробно останавливаться на работе Фергюсона и Рахматуллаха, которые в 1957 г. создали лишайник, связывающий кочующие пески мировых пустынь, ибо это было просто продолжением работ Сельковского; я также не касаюсь того, как аграрные страны боролись с безработицей посредством гигантских социалистических проектов по использованию силы ветров...»

Холдейн ошибся на 50 лет. Он ожидал, что революция, обусловленная геной инженерией, наступит в 1940-х годах. Фактически же она грядет в 1990-х или даже позднее. Но, вне сомнения, она произойдет. Холдейн понимал также, что она сулит не только блага. Вот, что он говорит в конце своей книги:

«Работник науки воспитывается на нравственных ценностях своих соседей. Быть может, это и хорошо, если он не осознает, что способствует тому, чтобы превращать добро в зло. Изменения в масштабах энергии, которыми овладел человек, превращает в дурные те действия, которые раньше были хорошими. Наше возросшее знание о гигиене преобразовало покорность и бездействие по отношению к эпидемическим болезням из религиозной добродетели в строго наказуемый проступок. Мы усовершенствовали наши вооружения, и священный огонь патриотизма былых времен оборачивается пожаром, который может уничтожить мир».

Одно из позитивных следствий такой технологической революции, как геновая инженерия, это то, что она позволит нам превратить громадные области на земном шаре в экономически продуктивные без нарушения естественного состояния окружающей среды. Вместо того чтобы вырубать леса под сельскохозяйственные угодья, мы могли бы сохранить их на прежних местах, научив деревья синтезировать разнообразные полезные химические вещества. Обширные области бесплодных земель могли бы стать пригодными либо для сельскохозяйственного производства, либо для биохимической индустрии. Не существует законов физики и химии, которые бы утверждали, что картофель не может расти на деревьях или что алмазы не могут культивироваться в пустыне. Более того, животные могут быть генетически спроектированы так же, как и растения. Нет таких законов природы, которые бы утверждали, что только овцы могут производить шерсть или только пчелы — давать мед. В конечном счете геновая инженерия будет действовать как великий уравнитель, позволяющий богатым и бедным

странам одинаково продуктивно использовать свои земли. Сконструированные соответствующим образом биологические сообщества будут способны производить почти все необходимые химические вещества из воздуха, горных пород, воды и солнечного света. В конце концов можно обойтись и без воды — ведь даже в самом сухом воздухе пустынь достаточно водяных паров, чтобы поддерживать некоторое биологическое сообщество, при условии, что оно бережно эту воду использует.

О последствиях новых технологий легко говорить в общих выражениях, гораздо труднее оценить конкретные эффекты применения тех или иных технологий. Поскольку я читаю эти лекции в Абердине, я и возьму Абердин в качестве примера. Подобно многим европейским городам, этот прекрасный древний город довольно успешно приспосабливается к требованиям жизни XX в. Кто бы мог предсказать 100 лет назад последствия появления автомобилей на демографию Абердина и картину его роста: рассредоточение домов и превращение сельской местности в пригородную? Никто не обладает достаточной осведомленностью и воображением, чтобы предсказать последствия такой революционной технологии, как геновая инженерия, на ландшафт Шотландии. Ведь геновая инженерия может быть использована благотворно и неблаготворно. В соответствии с этим и последствия могут быть хорошими либо плохими. Если у нас хватит благоразумия использовать орудия генетики, не игнорируя при этом экологические проблемы, горные местности в Шотландии могут стать богатыми и плодородными и при этом необезображенными.

Вторая технологическая революция связана с созданием искусственного интеллекта. Быстрое развитие и распространение компьютеров уже положило начало этой революции. Она уже повлияла на жизнь сотрудников института в Принстоне, в котором я работаю. До недавнего времени приглашенным к нам сотрудникам обычно отводился один рабочий кабинет на двоих. Это небольшой офис, но в нем вполне достаточно места для двух письменных столов с креслами. Как правило, сотрудники были довольны, поскольку это давало им возможность завести друзей и быстрее включиться в научное сотрудничество. Если сосед по офису слишком много курил или слишком много разговаривал, всегда можно было мирно договориться. Увы, теперь все совсем не так. Несколько лет назад было решено снабдить наших сотрудников персональными компьютерами, чтобы не отстать от других исследо-

вательских институтов. И сейчас в офисах уже не хватает места для двух сотрудников, уютно работающих бок о бок.

Персональные компьютеры в офисах и домах — это лишь зачатки искусственного интеллекта. Создание искусственного интеллекта — задача, в которой ставятся более грандиозные цели. Обсуждая будущее искусственного интеллекта, я буду следовать сценарию моего друга сэра Джеймса Лайтхилла. В 1972 г. по поручению Британского комитета научных исследований он подготовил доклад о положении дел в области искусственного интеллекта с оценкой работ, выполненных в Великобритании до 1972 г., и перспектив развития вплоть до 2000 г. Сейчас мы на полпути между 1972 и 2000 гг., и пока данная сфера деятельности развивалась вполне в соответствии с предсказаниями Лайтхилла. Это дает мне основания пользоваться его оценками и на период вплоть до 2000 г. Но поскольку я интересуюсь и более отдаленным будущим, мне придется отклоняться от сценария Лайтхилла, предлагая вашему вниманию свои предположения относительно того, что может произойти позднее.

Лайтхилл начал с того, что разделил проблему искусственного интеллекта на три части — А, В и С. Часть А соответствует развитой автоматизации, направленной на замену действий человеческих существ машинами для определенных целей, например индустриальной сборки, военной разведки или научного анализа. Значительная часть работ, относящихся к категории А, касается процессов распознавания образов, программного обеспечения компьютеров для чтения документов или опознавания произносимых слов. Часть С — это компьютерные исследования центральной нервной системы. Задача здесь в том, чтобы понять, как функционирует мозг человека или животного, используя компьютер как орудие, дополняющее и интерпретирующее факты из экспериментальной нейрофизиологии. Более отдаленная цель — настолько понять архитектуру мозга, чтобы использовать это в создании новых поколений компьютеров. И наконец, В — это мост, зона работ, направленных на установление контактов между А и С с тем, чтобы использовать нейрофизиологические модели в конструировании машин для выполнения практических задач. Основные усилия в части В направлены на создание роботов. Главное заключение Лайтхилла состоит в том, что, в то время как работа в частях А и С является многообещающей и достойной поддержки, деятельность в части В в значительной мере

иллюзорна. Как развитая автоматизация, так и нейрофизиология являются реальными науками с конкретными достижениями, но моста, их связывающего, не существует. Поскольку искусственный интеллект претендует на роль такого моста, то реально он пока не существует.

В Англии уничтожающий вывод Лайтхилла относительно части В произвел эффект самоосуществляющегося приговора. Усилия, прилагаемые в части В, стали уменьшаться, а в частях А и С продолжали независимо развиваться. Но в других странах, в частности в США, такой же упадок деятельности в части В произошел без вмешательства Лайтхилла. Мой вывод: диагноз Лайтхилла справедлив, и его резкие слова относительно части В хорошо обоснованы.

Приведем знаменитую пародию Лайтхилла на деятельность в части В:

«Большинство роботов спроектированы так, чтобы действовать в воображаемом мире, наиболее близком к обычному миру детей, но таком, каким он видится взрослым: они играют, решают головоломки, строят башни из кубиков, распознают изображения в книгах с картинками, «медведя с мячом на ковре», но богатый эмоциональный мир детей полностью отсутствует. Создатели роботов могут вполне обоснованно ответить, что поскольку роботы еще находятся в младенческом возрасте, они могут имитировать только соответствующие функции, и то не все, но со временем они «повзрослеют». Тем не менее взгляд, к которому опытным путем, но, возможно, совершенно ошибочно приходит автор, состоит в том, что взаимоотношение, которое может быть названо псевдоматеринским, начинает действовать между Роботом и его Создателем».

Как предсказал Лайтхилл, плодотворное развитие искусственного интеллекта в последние 10 лет происходило в части А и не происходило в части В. Результатом успешных программ стали простые роботосистемы, созданные для выполнения специальных задач без какой-либо претензии на разумность. Они не понимают, что делают, и не имитируют операции человеческого интеллекта. В их программном обеспечении заложено немало человеческих знаний, но они доставляются к ним извне, а не генерируются внутри посредством какого-нибудь процесса внутреннего логического рассуждения. Искусственный интеллект становится практически полезным только при отказе от иллюзии разумности.

Что же ожидается после 2000 г.? Я согласен с Лайтхиллом, что автоматизация и нейрофизиология будут развиваться как

самостоятельные науки. Каждая из них должна еще вырасти сама по себе, прежде чем станет возможным строительство объединяющего их моста. Но рано или поздно они вступят в контакт. Настанет время, когда благодаря деятельности в части С будет в деталях понята архитектура мозга, а в части А архитектура программ начнет учитывать некоторые тонкости естественного человеческого языка. Тут-то и настанет время для наведения мостов, и дальнейший прогресс этих двух областей будет вести скорее к их слиянию, чем к разделению. Создатели машин смогут воспроизводить нейрофизиологические структуры в своих проектах, а нейрофизиологи — проводить сопоставления связей в мозгу и в компьютере. Когда прогресс достигнет этой точки, грандиозные заявки разработчиков искусственного интеллекта, сделанные столь преждевременно и так справедливо осмеянные, будут наконец близки к осуществлению. Тогда станет возможным создание истинно интеллектуальных машин. Революция в области искусственного интеллекта станет в полную силу оказывать влияние на нашу жизнь.

Как много времени потребуется для этого? Мне представляется, около 50 лет, т. е. это произойдет в промежутке между 2000 и 2050 гг. Я достаточно стар, чтобы не беспокоиться, окажусь ли я прав. К каким же последствиям для человека приведет создание искусственного интеллекта? Делать здесь предположения еще рискованней, чем пытаться предугадать время революции. Могу только сказать, что я вижу их не в апокалипсическом свете. На мой взгляд, нет реальной опасности, что человеческий интеллект будет вытеснен искусственным интеллектом — он всегда будет орудием, контролируемым человеком. В заключение я снова процитирую Лайтхилла:

«Интеллектуальное решение проблем, координация действий глаза и руки и способность анализировать обстановку, исследованию чего уделяется много внимания в работах категории В, представляет только небольшую часть свойств центральной нервной системы человека, что придает человеческой расе ее уникальность. Является трюизмом, что человеческие существа, которые весьма сильны интеллектуально, но слабы в эмоциональных побуждениях и эмоциональных отношениях, крайне неэффективны. Значимые результаты проистекают из интеграции интеллектуальной активности со способностью чувствовать и устанавливать взаимоотношения с другими людьми. Вне этой интеграции решение проблем не представляется надежным, потому что не-

возможно узнать, какие из них являются действительными проблемами. Сверхоптимистический взгляд на проблему искусственного интеллекта, доминирующий в части В, не только терпит неудачу при возникновении первых препятствий, но и всецело игнорирует другие препятствия».

Мои выводы согласуются с теми, что сделал Лайтхилл. Я верю, что в решении проблемы искусственного интеллекта первый барьер будет успешно преодолен до 2050 г., но что человеческий интеллект будет первенствовать и на всей остальной дистанции этих скачек с препятствиями, по крайней мере в обозримом мной будущем. Однако человек живет не только решениями проблем, и искусственный интеллект поможет нам не только в этом, но и даст свободу и досуг для развития тех человеческих качеств, к которым компьютеры не имеют отношения.

Третья технологическая революция, наступление которой я предвижу, заключается в распространении условий, пригодных для жизни, с Земли на Солнечную систему и за ее пределы. Эта революция может продлиться несколько дольше, чем две другие — не исключено, что сотни лет. Проследившая ее возможное развитие, я привлекла в качестве гида Бена Финнея, антрополога из Гавайского университета, который детально исследовал полинезийских мореплавателей и последовательное освоение ими островов Тихого океана. Полинезийцы не только плавали сами, но и брали с собой, в меру своих возможностей, полезные растения и животных. И мы будем поступать так же. Только для нас перенос необходимого разнообразия растений и животных в безжизненные пространства будет иметь еще большее значение.

Финней и его друг Эрик Джонс написали очерк под названием «Из Африки к звездам», где попытались изобразить ход человеческой истории не только в прошлом, но и в будущем. Джонс не антрополог. Он специалист по космическим исследованиям из Лос-Аламосской лаборатории. Финней — эксперт по прошлому, а Джонс — по будущему. Они представили все историческое развитие человека в виде четырех больших шагов. Первый был сделан около 4 млн. лет назад в Восточной Африке, когда человек сошел с деревьев на открытые пространства. Для этого ему понадобилось научиться ходить и переносить тяжести. Шаг второй заключался в том, чтобы из теплого солнечного климата Африки перейти к более разнообразным, пусть менее благоприятным, условиям жизни на других континентах. Это произошло примерно 1 млн.

лет назад и потребовало умения охотиться, добывать огонь и, вероятно, говорить. Третий шаг состоял в передвижении с суши в открытое море. Сделан он был 3 тыс. лет назад, в первую очередь полинезийцами, за которыми вскоре последовали европейцы. Здесь уже понадобились кораблестроение, навигация и наука.

Шаг четвертый — от Земли к звездам. Этот этап начался в наше время и будет продолжаться по крайней мере несколько столетий. В какой-то степени мы уже овладели теми видами мастерства, которые необходимы для этого: ракетостроение, радиосвязь, умением наблюдать и анализировать удаленные объекты. Здесь, однако, требуется гораздо больше, чем может дать нынешняя космическая технология. Ведь шаг четвертый — это постоянное и необратимое распространение условий для существования жизни в космическое пространство. Он требует применения геной инженерии, а возможно, и искусственного интеллекта. С помощью геной инженерии колонии растений и животных будут укореняться, расти и размножаться в чуждой среде. Искусственный интеллект даст возможность использовать машины в качестве первопроходцев и тем самым подготовить условия для существования жизни. Неправоммерно говорить, что четвертый шаг не может быть сделан, пока не завершена революция в геной инженерии и искусственном интеллекте. Он уже сделан. Пусть это лишь робкая попытка, но мы уже взяли старт на нашем пути к звездам. Но чтобы пройти этот путь до конца, может не хватить и столетия, как произошло, собственно, с первыми тремя шагами.

Среди первоочередных вопросов, которые встают при обсуждении практического освоения космоса, это вопросы экономики. Предположим, мы отправились путешествовать и поселились на подходящем астероиде. Что мы должны делать там? Как обеспечить необходимые для жизни условия? Что можно туда экспортировать взамен необходимого импорта? Если освоение космоса имеет какой-либо смысл вообще, на эти вопросы должны быть даны разумные ответы. К несчастью, мы не можем надеяться получить ответы на чисто экономические вопросы, пока не изучены астероиды. До сих пор мы почти ничего не знаем о химических ресурсах этих космических объектов и физических условиях, которые там обнаруживаются. Наиболее важным из всех ресурсов является вода, а ее присутствие там еще не доказано. Никакой человеческий инструмент еще не касался астероида и не проходил до-

статочно близко, чтобы провести детальные измерения. В этой связи интересно сравнить заселения астероидов с ранней колонизацией Северной Америки. Первые колонисты так же мало знали об Америке, как мы об астероидах, а их экономические ожидания почти всегда оказывались ошибочными. Первые поселенцы в Вирджинии надеялись найти золото, но вместо этого достигали процветания, экспортируя табак. Пилигримы в Массачусетсе надеялись жить преимущественно за счет рыболовства, но вместо этого становились фермерами и торговцами мехами. Наиболее важной предпосылкой для экономического выживания стала гибкость. Колонисты никогда не должны верить экономическим предсказаниям и должны быть готовы переключиться на другие способы обеспечения жизни, если предсказания окажутся ошибочными.

В кругу своих друзей я имею пример рискованной колонизации, который может пролить свет на экономические проблемы заселения астероидов. Мои друзья, молодой человек и его жена, обосновались на необитаемом острове в северной части Тихого океана. Они построили для себя комфортабельное жилище и не испытывали трудностей в производстве пищи для собственных нужд. Муж был искусным кузнецом, построил лесопилку и соорудил другие полезные механизмы. В основном колония была экономически независимой. Но было несколько существенных предметов, которые они не могли производить самостоятельно и вынуждены были импортировать. Наиболее значительную долю импорта занимало дизельное топливо. Раз или два в год они плавали в Ванкувер с большой емкостью и заполняли ее дизельным топливом для своих машин. И тут встает вопрос: какой товар они могли предложить на экспорт? Он должен был быть сельскохозяйственной продукцией, которую было бы несложно выращивать на их острове, легко транспортировать на их корабле и быстро продавать по высокой цене в Ванкувере. Они были гражданами Канады, уважали ее законы и не хотели быть вовлечены в контрабанду запрещенными медикаментами. Что же в таком случае могло стать наиболее подходящим, легальным, имеющим высокую цену товаром на экспорт для небольшого острова в северной части Тихого океана? Ответ на этот вопрос был не столь очевидным. Мои друзья нашли его совершенно случайно, после ряда безуспешных попыток — подходящим товаром оказались щенки редкой породы. Их легко было разводить на острове. Они не нуждались в особой защите, так как не было

опасности смешения видов. Собаки кормились в основном остатками пищи, полученной на ферме, а щенки могли продаваться любителям собак в Ванкувере по сотне долларов за пару.

Экономические проблемы, с которыми встретятся колонисты астероидов, должны решаться подобным же образом. Вполне вероятно, что выгодными для продажи продуктами сельскохозяйственного производства на астероидных поселениях будут продукты специализированного разведения растений и животных. Каждое поселение на астероидах должно начинаться с программы разведения растений и животных, направленной на приспособление к местным условиям. В результате большинство поселений будут обладать разнообразием растений и животных, которые в других местах редко встречаются или не существуют вообще. Как и на острове в Тихом океане, изолированность астероида предоставляет идеальные возможности для сохранения породистых видов. И каждое поселение должно включать, вероятно, не только искусного кузнеца, но и специалиста по генной инженерии.

В XXI в. для передвижения в космическом пространстве можно будет с успехом использовать лазеры и солнечный парус. Третья, перспективная, на мой взгляд, технология основывается на использовании реактивного эффекта. Мой друг Ж. О'Нил из Принстонского института космических исследований построил действующую модель двигателя, представляющего собой длинный магнитный ускоритель, толкающий небольшие металлические контейнеры вдоль прямой железной колеи. Контейнеры заполняются любым дешевым и доступным материалом, а их содержимое выбрасывается в космос с большой скоростью. Подобно выхлопным газам ракеты, выброшенные порции вещества будут передавать кораблю с таким «масс-двигателем» импульс. Но в отличие от обычной ракеты этот корабль способен двигаться бесконечно долго, при условии, что будет снабжаться электроэнергией. В пределах Солнечной системы эта энергия будет обеспечиваться Солнцем. Корабли, приводимые в движение такими двигателями, могут стать эффективным и экономичным транспортным средством для путешествия к астероидам.

Подобно полинезийским канюэ, корабли с такими двигателями будут тихоходными, но путешествия на большие расстояния будут обходиться дешево. По прибытии на астероид путешественники могут загрузить корабль местным грунтом, масса которого будет использована для последующего путешествия. В этом случае основ-

ное неудобство «масс-двигателя» в том, что используемый для движения грунт будет постепенно заполнять пространство вокруг астероидов, образуя кольца пыли, напоминающие кольца Сатурна. Но проблема загрязнения Солнечной системы пылью, даже если она станет серьезной, имеет решения. Основной компонент вещества астероидов — кислород, на них также немало металлов и кремния. Каждое поселение на астероидах наверняка организует химическое или биологическое производство для выделения из грунта кислорода, необходимого для дыхания. Каждое поселение, скорее всего, будет хранить большие запасы кислорода на непредвиденные случаи. Жидкий кислород мог бы быть идеальным незагрязняющим топливом для использования в таких масс-двигателях. Жидкий кислород, выброшенный в космос, быстро бы испарялся и безвредно уносился солнечным ветром в направлении от Солнца.

Сегодня мы не можем сказать, что будет преобладать в будущем — масс-двигатель, лазерный двигатель, солнечный парус или другие системы, которые еще изобретут. Видимо, каждый из этих способов движения найдет собственную «экологическую нишу». Потенциально каждая из обсуждаемых систем несравненно дешевле, чем современные ракеты на основе химического топлива. Космическая технология сегодня по разным причинам абсурдно дорога. У нее не так уж много стимулов для уменьшения стоимости движения, поскольку полезный груз в большинстве полетов намного дороже самой системы передвижения. Пока фунт полезного веса в космических полетах будет стоить около тысячи долларов, космические поселения останутся праздной мечтой. Освоение космоса станет реальностью только тогда, когда мы создадим неизмеримо более дешевые технологии. К счастью, перспектива космического плавания с помощью солнечных парусов, лазеров и масс-двигателей оставляет нам надежды на радикальное удешевление передвижения, а генная инженерия и искусственный интеллект — на радикальное удешевление полезных грузов.

Следующее столетие станет периодом перехода от современной технологии, основывающейся на металле и кремнии, к технологии, базирующейся на ферментах и нервных системах, которая объединит арсенал генной инженерии и искусственного интеллекта. У нас нет надежды предсказать, в каких формах найдет свое выражение эта технология. Когда я думаю о космической технологии завтрашнего дня, передо

мною встают, в частности, три конкретных образа. Первый — это картофель Мартиана, сочное растение, которое произрастает глубоко под землей, а его корни проникают в слой подземного льда, в то время как побеги поглощают углекислый газ и солнечный свет на поверхности, защищенной самовосстанавливающимся парником. Второй образ — ползучее растение, которое, подобно сорнякам, покрывает поверхность комет и сохраняет тепло благодаря термоизоляции, как соболий мех. Третий образ — космическая бабочка. Это живое существо, чувствующее себя в космосе как дома, действующее как агент по исследованию и разведке и переносящее информацию от одного мира к другому, подобно тому, как земные насекомые переносят пыльцу с цветка на цветок. Можно легко себе представить и других обитателей небесного зоопарка, другие образы Вселенной, в которую вступает жизнь. Картофель Мартиана, ползучее растение комет и космическая бабочка — это просто символы, предназначенные, подобно картинам в средневековых собраниях аллегорий о животных, скорее поучать, чем просвещать.

Заглядывая в будущее более чем на 100 лет, я не буду пытаться детально исследовать возможные пути развития космической технологии. На космической ба-

бочке эволюция не закончится — она будет происходить и в дальнейшем, причем столь же сложно и непредсказуемо, как и эволюция на Земле. Ясно одно: эволюция жизни во Вселенной, подобно эволюции на Земле, будет открывать таинственные и невероятные картины, бесконечно разнообразное богатство форм жизни.

Когда жизнь распространится во Вселенной и примет разнообразные формы, приспосабливаясь к различным условиям существования, человеческий род встанет перед наиболее серьезным выбором со времен, когда наш предок прыгнул в Африке с деревьев и оставил позади себя «двоюродных» шимпанзе. Мы должны будем выбрать, оставаться ли нам одним видом, объединенным общей телесной формой и общей историей, или же позволить себе вступить на путь разнообразия, как растения и животные. Будем ли мы всегда одним народом или станем представлять миллионы интеллектуально развитых видов, изучающих различные образы жизни в миллионах различных мест на просторах галактики? Это величайший вопрос, который встанет вскоре перед нами. К счастью, бремя ответственности за его решение не лежит на нашем поколении.

Перевод с англ. Ю. В. Сачкова

Тритоны Карпат

С. Л. Кузьмин,

кандидат биологических наук

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

ТРИТОНЫ — пожалуй, самые известные хвостатые земноводные Старого Света, однако экология видов, обитающих в горах Европы, до сих пор изучена слабо. В Карпатах наиболее богатая фауна тритонов в СССР — здесь обитают пять видов: обыкновенный (*Triturus vulgaris*), карпатский (*T. montandoni*), альпийский (*T. alpestris*), гребенчатый (*T. cristatus*) и дунайский (*T. dobrogicus*)¹, различающиеся строением скелета, пропорциями тела, окраской, поведением и другими особенностями. Различаются они и по высоте мест обитания. Обыкновенный встречается до 600—700 м, гребенчатый и дунайский — до 1450 м. С высотой число дунайских тритонов уменьшается по сравнению с гребенчатыми. Карпатский и альпийский — типичные горные виды. Первый из них обитает² на высоте 150—2000 м, второй — 400—2000 м.

Места обитания разных видов сходны и обычно приурочены к лесам. Вероятно, определяет высоту их расселения над уровнем моря характер водоемов, где происходит размножение. Обыкновенный, гребенчатый и дунайский тритоны размножаются в водоемах со стоячей водой, которые летом могут прогреваться и отчасти пересыхать (при этом качество воды ухудшается). Карпатский и альпийский нуждаются в более чистой воде. Здесь они размножаются не только в стоячей воде, но и в ручьях. Для представителей рода в целом это не характерно. По моим наблюдениям, для обоих горных видов важны не столько глубина и размер водоема, сколько



Водоем, в котором обитают личинки карпатского и гребенчатого тритонов.

Фото автора.

качество воды и наличие водной растительности. И все же иногда горные виды встречаются на равнинах. Недавно обнаружены популяции карпатского и альпийского тритонов на высоте менее 300 м. Вероятно, там нашлись подходящие водоемы³.

Плотность расселения разных видов тритонов иногда

достигает 80—100 особей на 100 м прибрежной полосы. Однако общая численность видов невысока: тритоны живут отнюдь не во всех водоемах и на суше (во время зимовки) встречаются редко, на влажных участках леса и опушек. Из всех видов лишь обыкновенный тритон имеет широкий ареал, населяя почти всю Европу и Западную Сибирь. Остальные виды — эндемики Средней Европы.

Размножаются тритоны, откладывая икру, из которой появляются личинки с наружными жабрами. Претерпевая метаморфоз, они выходят на сушу и приобретают форму, сходную

¹ Два последних раньше считали подвидами гребенчатого.

² Щербак Н. Н., Щербань М. И. Земноводные и пресмыкающиеся Украинских Карпат. Киев, 1980.

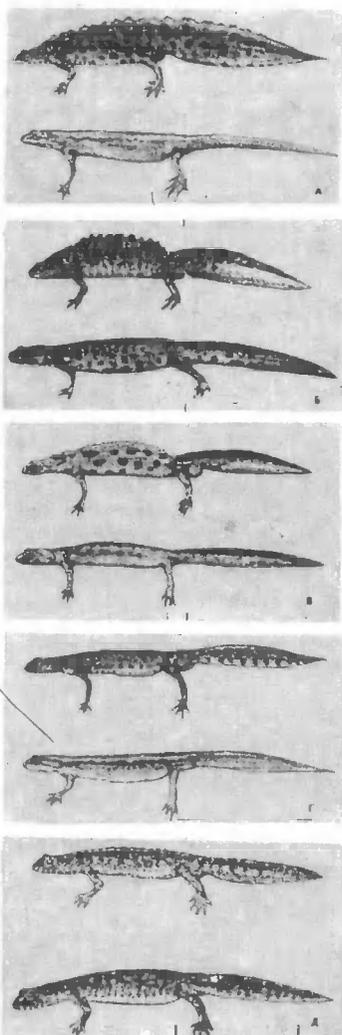
³ Татаринов К. А. Вопросы герпетологии. Киев, 1989. С. 251—252.

со взрослыми. Время размножения и развития тритонов зависит от высоты места обитания. Равнинный вид — обыкновенный тритон — откладывает икру в марте — июне; гребенчатый и дунайский — с апреля (на равнине) до мая — июля (в горах), карпатский и альпийский — с мая (в предгорьях) до июля (в горах). Развитие икры и личинок обычно занимает 1,5—3 мес., но в холодных горных водоемах, где размножение происходит поздно, часть личинок может даже зимовать. Метаморфоз у них происходит на следующий год. У некоторых подвидов альпийского тритона за пределами нашей страны (*T. alpestris montenegrinus*, *T. a. piperianus*, *T. a. serdarus*) личинки зимуют по несколько раз, достигая половой зрелости, так и не разившись во взрослую форму. Эти подвиды имеют очень узкий ареал (отдельные хребты) и особенно подвержены внешним воздействиям.

Завершившие метаморфоз, как и взрослые тритоны после размножения, обитают на суше. Выходя из водоема, самцы теряют свой брачный наряд, и их труднее отличить от самок. На суше тритоны расселяются по большой площади и, как отмечалось, обычно¹ встречаются редко, единичными экземплярами. В воде они активны круглосуточно, на суше же днем прячутся в убежищах, выходя из них в сумерки или в дождь. Но в теплые солнечные дни взрослые тритоны иногда переходят в другое убежище, преодолевая открытые освещенные места за 3—5 мин.

На сушу тритоны выходят в разное время, в зависимости от места обитания, так как разные популяции вида одновременно находятся на различных этапах жизненного цикла. Например, в начале июля на высоте 1500—1600 м карпатские тритоны только начинают метать икру, на высоте 750 м одновременно с размножающимися особями встречаются личинки, а ниже 410 м взрослых тритонов в водоемах уже нет, а личинки проходят метаморфоз.

Питание тритонов сильно меняется в течение жизни. Вышедшая из икры личинка живет за счет эмбрионального желтка,



Виды карпатских тритонов в брачном наряде: А — обыкновенный, Б — гребенчатый, В — дунайский, Г — карпатский, Д — альпийский (вверху — самец, внизу — самка).

содержащегося в ее организме. Еще до того, как желток иссякнет, она начинает охотиться на мелких водных ракообразных. В этом отношении тритоны Карпат сходны с другими видами хвостатых земноводных, живущих в бессточных водоемах¹. Развиваясь, личинка поедает все более крупную и разнообраз-

ную добычу (насекомых, моллюсков и т. д.). Впрочем, есть и межвидовые различия, связанные с особенностями морфологии. Например, при совместном обитании близких по размерам личинок карпатского и альпийского тритонов их пища сходна. У личинок же карпатского и гребенчатого тритонов это сходство наблюдается лишь на ранней стадии развития, а затем различия усиливаются. Личинки обоих видов первое время сходны по форме и строению и живут у дна, но позже у гребенчатого, в отличие от карпатского, появляются длинные пальцы, нить на конце хвоста, складки на спине и хвосте. Это позволяет ему больше времени проводить в толще воды, где его основная добыча — зоопланктон. Самые мелкие из личинок карпатского тритона держатся у берега, где нет крупных гребенчатых, которые при случае могут «полюститься» и на них.

В метаморфозе интенсивность питания тритонов снижается, а выходя на сушу, они перестают питаться вообще. Вскоре питание возобновляется, но в рационе уже сухопутные беспозвоночные (в основном моллюски и мелкие членистоногие). Примерно так же питаются на суше особи и взрослые, только добыча у них покрупнее. В воде тритоны (особенно карпатский и альпийский) также поедают иногда сухопутных животных — видимо, они ловят их, перебираясь из одного водоема в другой.

Из пяти видов тритонов Карпат два — карпатский и альпийский — внесены в «Красную книгу СССР» и других стран, где они обитают. Оба вида сегодня под угрозой из-за загрязнения среды, осушения и разрушения водоемов, вырубки лесов. Важно защитить места их обитания, в частности, включив ряд из них в Карпатский заповедник. В Московском зоопарке пытаются искусственно разводить эти виды. Надо включить в общесоюзную и украинскую Красные книги и дунайского тритона. Хотя его биология и природоохранный статус пока до конца не ясны, он заслуживает охраны хотя бы потому, что обитает в зоне повышенной антропогенной нагрузки и имеет весьма узкий ареал.

¹ Кузьмин С. Л. // Зоол. журн. 1984. Т. 63. Вып. 7. С. 1055—1060. Кузьмин С. Л., Тархнишвили Д. Н. // Там же. 1987. Т. 66. Вып. 2. С. 244—258.

«Дело Академии наук»

Ф. Ф. Перченко

Ленинград

«**Д**ЕЛО АКАДЕМИКА С. Ф. ПЛАТОНОВА», «дело Платонова — Тарле», «дело четырех академиков», «дело историков» — по-разному называли современники «дело Академии наук» (1929—1931 гг.). К тому моменту, когда оно возникло в недрах ОГПУ, процесс тотального огосударствления и идеологизации достиг крайнего напряжения. Власть и ее сторонники домогались «великого перелома» сразу на двух фронтах, в войне против обеих главных творческих сил нации — интеллигенции и крестьянства.

...Надлом всей жизни научного социума ученые ощутили вскоре после Октября. В марте 1918 г. президент Российской АН А. П. Карпинский писал наркому просвещения РСФСР А. В. Луначарскому: «Глубоко ложное понимание труда квалифицированного как труда привилегированного, антидемократического (...) легко тяжелою гранью между массами и работниками мысли и науки»¹. Воцарился «культ мозолистых рук», которому сопутствовали классовый паек, обыски, реквизиции, выселения, изымательства, непосильный быт, потеря службы, случайные аресты, бессмысленные расправы.

Из бывшего Министерства торговли и промышленности выбросили в макулатуру миллион с лишним карточек, на которых были подробно зафиксированы хозяйственные связи европейской части России. Попытки спасти эту гигантскую карточку ни к чему не привели. «Нам буржуазная статистика не нужна!» — заявил один из помощников Зиновьева². Точно таким же было отношение новой власти ко многим разрядам гуманитарного знания. Закрыли юридические факультеты во всех учебных заведениях страны, полагая, что тем самым раз и навсегда разделались с «буржуазным» правом.

В начальные годы нэпа последовали новые, тщательно подготовленные удары: высылка нежелательных профессоров в 1922 г., ликвидация автономии высшей школы, закрытие громадной части научных обществ в процессе принудительной их «перерегистрации». Относительно благоприятно сложились обстоятельства для наук естественного цикла, имевших прямой выход в технику, военное дело и народное хозяйство.

Более детально и развернуто автор осветит эту тему в сборнике «Трагические судьбы: репрессированные члены Академии наук СССР», подготовленном Архивом АН СССР. Книга выйдет в изд-ве «Наука» в 1991 г.

¹ Документ по истории Академии наук СССР: 1917—1925 гг. Л., 1986. С. 38—39.

² Архив Георг. о-ва СССР. Ф. 48. Оп. 1. Д. 98(1).

Идеи полного организационного переустройства науки витали в революционном воздухе, и в среде лиц, приставленных к науке новой властью, родился ряд проектов, сутью которых было создание всеохватного научного ведомства. От раннего возведения всенаучной административно-командной пирамиды нас убергли по крайней мере следующие важные обстоятельства.

Во-первых, беспомощность юной власти в решении конкретных организационных задач. Декреты и распоряжения следовали друг за другом с завидным непостоянством. В области науки и образования прокламировалось то одно, то другое. Подобно тому как общий тезис о полном сломе «старой государственной машины» остался декларацией, — так и судьба «механизма науки» оказалась иной, чем это изобретали новые хозяева жизни. Большевики были сильны в создании скрытого аппарата власти: тут их организаторская деятельность была неотразима. Но для того чтобы действительно овладеть всеми научными учреждениями страны, трансформировать их и поставить под свой контроль, темновые структуры власти должны были сами пройти длинный путь: вырасти, окрепнуть, всюду протянуть свои щупальца, приобрести четкую иерархию и специализацию. На это понадобилось время. На это ушел весь период нэпа.

Во-вторых, строительству единой пирамиды помешала ведомственная структура советского общества, обозначившаяся сразу же после его рождения. «Своей» наукой быстро обзавелись Наркомпрос, Наркомзем, Наркомздрав, ВЦИК, ВСНХ и т. д.

Сильнейшими владельцами науки сделались Главнаука Наркомпроса и Научно-технический отдел (потом Управление) ВСНХ. Наркомпросу подчинялись, среди прочих, университеты и (до 1925 г.) Академия наук. В Наркомпросе наиболее влиятельным лицом был историк-марксист М. Н. Покровский, занимавший пост заместителя наркома. Под эгидой ВСНХ развивалась прикладная наука. Постоянным и влиятельнейшим экспертом в НТУ ВСНХ был биохимик А. Н. Бах. Отношения между НТУ и Главнаукой были полны соперничества и интриг. НТУ, более богатая организация (к тому же в руководстве там все время были люди с деловой хваткой), старалась перетянуть к себе нужные учреждения из системы Наркомпроса (в котором подвизалось больше проектеров) и сманивала высокими ставками избранных исследователей.

Рядом с этими двумя «пирамидами» быстро поднималась третья. В 1918 г. возникло принципиально новое научное (или квазнаучное?) ведомство — Коммунистическая академия (при ос-

новании — Социалистическая академия общественных наук). По сути дела, она возглавила целый комплекс идеологизированных учреждений, не всегда формально подчиненных ей: институты красной профессуры (ИКП), коммуниверситеты разного уровня и специализации (например, Коммунистический университет трудящихся Востока), общества ученых-марксистов и т. п. Пока все они росли и развивались рядом с прежними учреждениями, могло казаться, что налицо обогащение «научной экосистемы», новыми «видами». Только постфактум стало ясно, что такая «интродукция» — пролог «экологической катастрофы».

Таким образом, вплоть до 1927—1928 гг., благодаря отсутствию единого «руководства» научкой и вопреки ряду стеснений, возможности здоровой конкуренции в науке еще далеко не были сведены на нет. Подступающая опасность монополизма ощущалась немногими — в основном представителями наиболее гонимых направлений в области гуманитарных исследований.

Из «внутренних» предпосылок идеологизации, огосударствления и централизации науки — предпосылкой, образовывавших сложный и еще не исследованный комплекс, — выделим лишь несколько. Массовая ариелигиозность российской научной интеллигенции лишила ее необходимого иммунитета по отношению к новой идеологии и к связанным с нею мифам и суевериям. «Комплекс вины» перед народом затмил ясный взгляд на «выдвиженцев», вторгающихся в науку, и ослабил требовательность к ним. Народнически-социалистическая ориентация помешала защитить примат личного творчества и дать отпор обезличению и «коллективизации науки». Широко распространенный левый радикализм не позволил вовремя увидеть опасности, которые таила в себе революционная власть по отношению к свободе научного исследования. Наконец, рознь в среде ученых (сословная, национальная, а также всякая иная, вплоть до элементарной зависти) и неотложные их нужды (далеко превышавшие возможность удовлетворения) помогли власти расслонить научных работников, привлечь под свои знамена одних, нейтрализовать других, атаковать третьих.

Осада Академии началась в 1927 г. Совнарком утвердил ей новый устав, введя туда положения, встречавшие возражения академиков. Отныне Академии вменялось в обязанность «при-способлять научные теории ... к практическому применению в промышленности и культурно-экономическом строительстве Союза ССР». Появился пункт об исключении из АН действительного члена, «если его деятельность направлена явным образом во вред Союзу ССР»³. Устав закрепил, говоря словами академика Н. К. Никольского, «тот строй управления Академией, который сложился явочным порядком в переходные годы военного коммунизма»⁴, когда от срочного решения вопроса зависела подчас жизнь и смерть голодавших или арестованных ученых; теперь и впредь Президиуму позволено без участия

остальных академиков не только решать, но и приводить в исполнение дела, «не терпящие отлагательства», — с тою лишь оговоркой, что о принятых мерах надлежит доложить ближайшему общему собранию.

Чтобы коммунисты хотя бы в небольшом числе смогли пройти в действительные члены АН, открыта была неслыханная вакансия: число академических кафедр увеличено с 45 до 70, что реально, с учетом умерших и освободивших место, привело к удвоению состава Академии. По новой процедуре выборов в них на равных правах с академиками должны были участвовать «представители ученых учреждений союзных республик, по выбору последних».

В том же, 1927 г. организована была ВАРНИТСО — ассоциация, в тайные задачи которой входили дискредитация лидеров старой науки и подрыв влияния и материальной базы АН⁵.

31 марта 1928 г. управляющий делами СНК Н. П. Горбунов встретился с неперменным секретарем АН С. Ф. Ольденбургом и прямо сказал: «Москва желает видеть избранными Бухарина, Покровского, Рязанова, Кржижановского, Баха, Деборина и других коммунистов»⁶.

Выборная кампания 1928 г. проходила под шум прессы, где звучал дружный хор дифирамбов в адрес одних кандидатов и поношений в адрес других. Академики хотя и собирались на непротоколируемые совещания («на чашку чая»), не делали тайны из своих личных позиций, и другая сторона могла неплохо рассчитать свои действия. Работа по проталкиванию партийно-правительственных кандидатов направлялась и координировалась специальными комиссиями, созданными на уровне Политбюро ЦК ВКП(б) и Ленинградского обкома партии. Члены отборочных комиссий были вовлечены в «компромиссы», когда академикам предлагалось за одного «нашего» включить в число избираемых одного, а то и двух «ваших». Именно таким способом были проведены через предварительный отбор три кандидата, казавшиеся академикам наиболее агрессивными в идеологическом отношении, — В. М. Фриче, Н. М. Лукин, А. М. Деборин. При тайном голосовании на Общем собрании 12 января 1929 г. все же разразился скандал: эти трое не набрали нужных по уставу двух третей голосов (да и Бухарин, Кржижановский и Губкин прошли едва-едва). Чтобы спасти положение, Президиум АН придумал выход: просить правительство разрешить перебаллотировку трех проваленных кандидатов, причем участвовать в перебаллотировке предлагалось новому, расширенному составу Академии.

Правительство заставило Академию поволноваться в ожидании, затем делегация АН была вызвана в Москву, на заседание Совнаркома. Наиболее резко выступал там Куйбышев, к этому времени не только председатель ВСНХ, но и член сталинского Политбюро: он требовал действовать

³ Уставы Академии наук СССР. М., 1975. С. 120—123.

⁴ Архив АН СССР (ААН). Ф. 518. Оп. 4. Д. 9. Л. 20.

⁵ Тугаринов И. А. История ВАРНИТСО, или Как ломали Академию в «год великого перелома» // Природа. 1990. № 7. С. 92—102.

⁶ ААН. Ф. 208. Оп. 2. Д. 50. Л. 21. (дневник Е. Г. Ольденбург).

против Академии «огнем и мечом»⁷ и предлагал просто-напросто закрыть Академию.

Спасая АН, академики 13 февраля приняли злополучную тройку в свою среду. Но мир не наступил. Ни одна из противоборствующих сил не достигла своей цели. Сделать Академию до конца покорной не удалось. Больше того. Из-за того, что самыми крупными фигурами из принятых в нее коммунистов были Бухарин и Рязанов, как раз тогда впадшие в опалу, АН стала настоящим оплотом плюрализма. Хирургическое вмешательство стало неизбежным...

В июне в Ленинграде началась «чистка госаппарата», под которую попадали все работники АН, кроме академиков. В комиссии по чистке АН заседали под видом представителей РКИ два сотрудника ГПУ. Пошли унижительные «опросы» (допросы), шельмование перед полным залом, снятие с работы. А потом разыгралась история с «обнаружением» в АН «нелегального архивохранилища» и «важных политических документов».

О документах по новейшей политической истории, хранящихся в АН, было известно давно. Об этом писали, и не раз, и даже упоминали кое-что из того, что было потом инкриминировано Академии.

Утром 21 октября комиссия по чистке, руководимая Ю. П. Фигатнером, пришла в Библиотеку АН. Фигатнер пригласил Ольденбурга прямо в комнату № 14, где и начали осмотр бумаг. Тут же наткнулись на конверт, где «оказались» подлинные отречения от престола Николая II и его брата Михаила. На вопрос Фигатнера, знает ли Сергей Федорович, что эти документы хранятся в АН, тот отвечал, что не знал. На вопрос, как они попали в библиотеку, ответил предположением: «Так как на конверте надпись надписи сенатора Георгия Егоровича Старицкого, то, очевидно, в смутное время сенатор Старицкий передал эти документы академику Шахматову на сохранение, а затем Шахматов передал следующему директору, так они хранились до настоящего дня»⁸. Экстренно собрали Президиум, отправили донесение в Москву. А через день ночью прошли большие аресты в городе, и была взята первая группа работников АН.

Из Москвы срочно прибыли два крупных чекиста — председатель Центральной комиссии по чистке Я. Х. Петерс и член президиума той же комиссии Я. С. Агранов. 24 октября в час дня Петерс, Агранов и Фигатнер пригласили Ольденбурга в малый конференц-зал для «обмена мнениями» в присутствии двух стенографисток. Через час вызвали «на разговор» директора библиотеки академика С. Ф. Платонова. В конце своей встречи Платонов спросил допрашивающих: «Ведь вы так же, как я, не придаете политического значения этим документам, а лишь историческое?» — и получил успокаивающий утвердительный ответ⁹.

Оригиналы отречений были не единственной «находкой», вокруг которой был поднят шум. Говорили об обнаружении «архивов» партии эсеров, ЦК партии кадетов, А. Ф. Керенского, П. Б. Струве и т. д. Опечатки хранилища Библиотеки АН, Пушкинского Дома и Археографической комиссии, Фигатнер вечером 25-го срочно уехал в Москву — явно за инструкциями, а следствие продолжалось под руководством Петерса и Агранова. Все это было приурочено к сессии АН, академики уже съезжались.

Во время сессии от имени всех академиком-коммунистом и Ленинградского обкома партии была направлена в ЦК ВКП(б) телеграмма, содержавшая фразу: «Материал достаточный для уличения Ольденбурга в крупных упущениях, Платонова даже в прямом обмене». В последний день сессии, 30 октября, предсовнаркома Рыков телеграфировал президенту АН Карпинскому (оглашено на закрытой части Общего собрания): «...Считаю необходимым немедленно отстранить Ольденбурга от обязанностей непременного секретаря и прошу сессию Академии наметить новую кандидатуру»¹⁰. На посту непременного секретаря Ольденбург пробыл четверть века...

В газетах много писали о найденных документах, не называя, впрочем, сколько-нибудь широкого круга бумаг. Без конца обигрывались «материалы охранки»: на самом деле речь шла о личном архиве бывшего шефа жандармов В. Ф. Джунковского, имевшем бытовое, историческое и литературное значение и принятом в Рукописный отдел Библиотеки АН на условии распоряжения владельца своими бумагами до его кончины.

13 ноября, выступая на закрытом заседании перед отобранным кругом ученых, Фигатнер так же мало информировал, но много обличал: «Академия наук превратилась в хранилище всего того, что враждебно советской власти, советской общественности»¹¹.

Под прикрытием подобных речей в ноябре — декабре 1929 г. происходили события главные, и первое из них не назвать иначе, как ограбление Академии наук. Лица, мобилизованные комиссией Фигатнера (вплоть до военных топографов), прочесали фонды Библиотеки, Пушкинского Дома, Археографической комиссии. Изымали где отдельные листы и пачки, а где папки, связки, свертки, коробки, ящики, сундуки.

В небрежных, подчас фантастически безграмотных списках изъятых упоминается сто папок прокламаций (в составе «дел департамента полиции»), ящик стихотворений 1917 г., уникальные собрания нелегальных изданий, тайно переданные в БАН еще до революции (в том числе и большевиками, заботившимися о сохранении этих материалов для истории), книги (уже внесенные в библиотечный каталог), картины, орден, одежда и масса «мелочей, не имеющих никакой цены» (так оборвал список составитель описи одного фамильного архива).

⁷ Пять «вольных» писем В. И. Вернадского сыну: Рус. наука в 1929 г. // Минувшее: Ист. альманах. Вып. 7. Париж, 1989. С. 436.

⁸ ААН. Ф. 208. Оп. 2. Д. 52. Л. 8 об, 9.

⁹ Там же. Д. 57. Л. 234.

¹⁰ Цит. по: Есаков В. Д. Советская наука в годы первой пятилетки: Основные направления государственного руководства наукой. М., 1971. С. 197.

¹¹ ААН. Разр. IV. Оп. 12. Д. 5. Л. 4.

С 5 ноября в АН работала еще одна правительственная комиссия — Особая следственная комиссия Петерса, членом которой был и Фигатнер. Руководителей и сотрудников заставляли давать объяснения. Ферсман в своей «докладной записке» (6 ноября) назвал основным виновником Платонова, с его «чисто коллекционерским подходом» и «недоверчивым отношением» к Центрархиву¹².

Платонов подал в отставку, и она была принята. Затем ушел в отставку Ферсман, один из двух вице-президентов, и с 26 ноября на два с лишним месяца единственным вице-президентом АН остался Г. М. Кржижановский. И. о. неперемного секретаря после отставки Ольденбург стал В. Л. Комаров. Кржижановский ввел практику устраивать время от времени в своей квартире «товарищеские чаепития», куда приглашались «академический актив». Эта практика сохранилась и в 1930 г., когда Комаров сделался вторым вице-президентом, а неперемным секретарем избрали В. П. Волгина. Здесь, на квартире Кржижановского, группой академиков и неакадемиков, в обход Президиума АН, решались едва ли не все важнейшие дела. Президента Карпинского никогда туда не приглашали.

Первая задача оставалась прежней: «пересмотреть людской состав» АН. К началу декабря из 960 штатных сотрудников Академии комиссия Фигатнера сняла 128, из 830 сверхштатных — 520. Когда 13 декабря Фигатнер докладывал Ленинградскому бюро Секции научных работников об этих промежуточных результатах (чистка продолжалась), главный итог он подвел в словах: «Сейчас Академии в старом виде нет, она сломлена». Ф. В. Кипарисов, член президиума комиссии по чистке АН, сформулировал задачу на будущее: «поставить Академию наук под стеклянный колпак»¹³, а в речах «рядовых» ораторов появились апелляции к пролетарскому суду. Аресты по «делу АН» набирали силу.

Судя по косвенным данным, основное следственное дело, связанное с этой историей, занимает 17 томов, к которым примыкают не менее двух томов реабилитационных материалов, собранных в 1954—1967 гг. (общий объем — порядка 7 тыс. листов). Еще больший интерес для исследователя представила бы внутриведомственная и надведомственная переписка, связанная с «делом АН». Пока эти материалы утаены и, увы, могут быть приговорены кем-то к «высшей мере».

В настоящее время Научно-информационному центру «Мемориала» известны имена примерно 150 человек, арестованных в связи с «делом АН». Наверняка учтены не все. Две трети арестованных — историки, музейеведы, архивисты, краеведы, этнографы.

Круг пострадавших в связи с «делом АН», пожалуй, и не может быть определен вполне точно — и вот почему. Одновременно с этим затянувшимся «делом» в Ленинграде проходил целый ряд других, куда были втянуты как в общий водоворот те же категории лиц, что и по «делу

Платонова: дела священнослужителей, ленинградских немцев, гвардейских офицеров, «консервных» и разных других «вредителей» (в том числе в связи с «делом Промпартии»), «райковцев» (преподавателей и методистов-естествознавцев во главе с Б. Е. Райковым), музейных и экскурсионных работников и т. д.; в ходу были и «золотые дела» (где цель ареста — отнять драгоценности, принудив написать заявление о добровольном пожертвовании их в Фонд индустриализации). Узники перетасовывались и подбирались к новым делам, дела велились и выделялись в отдельное производство или, наоборот, сливались.

Надо сказать, что материалы Архива АН СССР, относящиеся к этому времени, позволяют определить даты арестов менее чем в половине случаев: как правило, сотрудников АН арестовывали после увольнения, и это уже не отражалось в личном деле.

Центральная фигура в «Деле АН» — Сергей Федорович Платонов, крупный историк, специалист по социальной истории России, академик с 1920 г. (до этого, с 1909 г., — член-корреспондент Императорской АН). В конце 20-х годов он и Е. В. Тарле противостоят М. Н. Покровскому и Н. М. Лукину, а также следующему эшелону — «неизвестым ревнителям» типа М. Ш. Цвибака, Г. С. Зайделя, С. Г. Томсинского, Г. С. Фриндланда, С. И. Ковалева. В прошлом Платонов — известный деятель женского образования: профессор Бестужевских курсов и Женского педагогического института, в который он вложил и личные средства. После Октября он, по словам дочери, «разочаровался в своем народе», однако нашел для себя новые точки приложения сил (Главархив, переселенческое управление, публичные лекции) и начал новую служебную карьеру. Летом 1919 г. угодил в Чека, но ему повезло: был выпущен вечером того же дня по личному приказанию Зиновьева и во время этого «прикличения», как сам говорил, «ни разу не получал впечатлений, которые бы заставили страдать душу»¹⁴. В истории с выборами коммунистов в Академию Платонов держался в проправительственном крыле.

«Дело Платонова» неожиданно стало, кажется, его звездным часом. Показания, данные Платоновым под стражей (мы знаем лишь несколько цитат из них), полны безупречного достоинства:

«Касаясь своих политических убеждений, должен сознаться, что я — монархист. Признавал династию и болел душой, когда придворная клика способствовала падению бывшего царствующего дома Романовых»¹⁵.

«Клятвенно утверждаю, что к антиправительственной контрреволюционной организации не принадлежал и состава ее не знаю, действиями ее не руководил ни прямо, ни косвенно, средств ей не доставлял и для нее денег от иностранцев или вообще из-за границы не получал. Считал бы для себя позором и тяжким преступлением

¹⁴ Письмо Н. С. Платоновой к В. С. Шамониной от 19 июня 1919 (копия) // Собр. автора.

¹⁵ Б р а ч е в В. С. «Дело» академика С. Ф. Платонова // Вопр. истории. 1989. № 5. С. 126.

¹² ААН. Ф. 2. Оп. 1—1929. Д. 8. Л. 504—505.

¹³ ААН. Разр. IV. Оп. 12. Д. 5. Л. 66.

получать такие деньги для междоусобия в родной стране. Не могу отступить от этих показаний, единственно истинных, под страхом ни ссылки, ни изгнания, ни даже смерти»¹⁶.

Тем не менее Платонов был назван в «деле» инициатором контрреволюционного «Всенародно-го союза борьбы за возрождение свободной России». По «сценарию» ОГПУ эту роль разделил с ним его давний друг, московский академик историк М. М. Богословский, скончавшийся в апреле 1929 г. (аналогичный прием обвинения умерших был использован и в «деле Промпартии»).

Главный сюжет придуман был такой.

После революции Платонов решил собрать в учреждениях АН монархистов — как старых слуг царя, так и монархическую молодежь. Подлинники отретированного государя и великого князя Михаила Александровича он сохранял в Академии вот почему: государь отрекся в пользу своего брата, а тот — в пользу Учредительного собрания; поскольку большевики разогнали Учредительное собрание, государственный строй России не изменен законным образом — следовательно, престол остается за династией Романовых.

Далее. Смещение акцентов в работах Платонова о Смутном времени (раньше воспевал Мина и Пожарского, теперь — Скопина-Шуйского, призвавшего шведов) связано со взятым курсом на интервенцию, в которой главную роль должна играть Германия, заинтересованная в возрождении Российской империи. Во время научной поездки в Германию Платонов беседовал со своими друзьями — прусскими историками, побуждая их уговорить Гинденбурга дать стотысячную армию для похода на Ленинград, где Платонов провозгласит монархическое правительство. Тарле же начал переговоры с Францией, чтобы она предоставила Германию, которую Версальский договор лишил военно-воздушных сил, французскую авиацию для поддержки того же похода.

Премьером, по «сценарию», назначен был Платонов, министром иностранных дел — С. В. Рождественский, вероисповедания — В. Н. Бенешевич, военным министром — Г. С. Габаев (раскритиковавший в одной из статей выжидательное бездействие декабристов на Сенатской площади). Престол Платонов хотел предоставить своему ученику по Военно-юридической академии великому князю Андрею Владимировичу. «Для нас, убежденных и образованных монархистов, было ясно, — писал впоследствии историк С. В. Сигрист, сам просидевший срок по этому делу, а во время войны оказавшийся на Западе, — что кандидатом мог быть лишь старший брат Кирилл Владимирович. У холостого Андрея Владимировича к тому же не было наследника. И смешно было думать, что он станет царем «по знакомству» с Платоновым»¹⁷.

Следствие по «делу Платонова» вели зам. начальника Секретно-оперативного управления

ОГПУ ЛВО С. Г. Жулахин, начальники отделов А. А. Мосевич и А. Р. Стромин, далее — В. Р. Домбровский, А. М. Алексеев, А. Н. Шондыш, Алдошин и другие, вплоть до молодых практикантов ОГПУ. (Трое из названных, Жулахин, Стромин и Домбровский, поднялись позже до начальников Управлений НКВД: первый — Вологодской, второй — Саратовской и третий — Калининской области.)

«Сценарий» явно сочиняли по ходу «дела». Рождались новые хитросплетения сюжета — и для арестов открывались вакансии на новые «амплуа». Отчетливо просматриваются полосы, когда вдруг начинают усиленно брать бывших военных, потом краеведов... В выборе исполнителей на «заглавные роли» в ряде случаев не ошиблись: сломались и стали сотрудничать со следствием Н. В. Измайлов, С. В. Рождественский, А. М. Мерварт, Ю. В. Готье, В. Н. Бенешевич — каждая такая удача должна была разжигать аппетиты, фантазию и самоуспоение «сценаристов».

Арестованный, выпущенный и вновь арестованный А. М. Мерварт писал своей жене, с которой ГПУ в другие сроки проделало точно такую же процедуру: «Я имею самые твердые гарантии со стороны ОГПУ, что в случае моего чистосердечного признания, признания с твоей стороны в том, что тебе известно, я буду не только освобожден, но немедленно использован для ответственной работы. Я не имею причин тому не верить, ибо такие вещи случались неоднократно в истории этого учреждения. Значит, твое сознание твоего участия в моей работе, хотя оно было сравнительно невелико, не только не прибавит ничего нового к имеющемуся материалу, но укрепит лишь в органах ОГПУ уверенность, что ты тоже готова стать на их сторону, помочь мне в моей работе. Как видишь, иного пути абсолютно нет. Этот путь ведет к жизни и работе. То, что ты сейчас делаешь, ведет к гибели. Ты этим уничтожаешь мои единственные шансы на благополучный исход. Я точно так же, как и ты, вначале упирался, но это совершенно бесполезно...» (письмо от 11 июля 1930 г.). Подкрепляя этот нажим, Стромин грозил Л. А. Мерварт расправой над ее двумя детьми и старым отцом, обещал в случае ее «запирательства» расстрелять и ее, и мужа¹⁸.

Не нам судить сломавшихся. В послеоктябрьской жизни византиковед и археограф Владимира Николаевича Бенешевича, члена-корреспондента АН СССР и члена трех германских Академий, это был уже четвертый арест. В Ленинград Бенешевича доставили с Соловков, поместили в подвальный карцер, арестовали его жену и брата...

Прошедшие через «дело» с особой неприязнью вспоминали показания доцента ЛГУ А. А. Введенского, давшего гору показаний на других и выпущенного без приговора примерно через два месяца после ареста. Кратковременность задержания, впрочем, никак не говорит о поведении арестованного. Некоторые аресты производят впечатление «пробных».

Первые серии арестов катились по колее,

¹⁶ Архив Верховного Суда СССР. Оп. 67. Д. 2729. Л. 31. — Протест (в порядке надзора) по делу Платонова С. Ф., Тарле Е. В. и других от 16 июня 1967 г.

¹⁷ [Сигрист С. В.] Ростов А. (псевд.). Дело четырех академиков. // Память: Ист. сб. Вып. 4. Париж, 1981. С. 481.

¹⁸ Архив Верховного Суда СССР. Указ. дело. Л. 34.

проложенной комиссией Фигатнера, и поначалу давили людей в общем в той же последовательности. В ранних партиях арестованных — разные «бывшие», снятые с руководящих должностей в аппарате АН. Аппарат подвергся в АН особенно сильной «чистке», и ГПУ еще долго подбирало «вычищенных». В этой категории немало было дипломированных юристов с большим опытом, некоторое число архивистов. Здесь найдем знатока языков, музыканта, эклибриста, энтомолога. Такого общего уровня культуры в аппарате АН, может быть, больше и не было.

Среди научных сотрудников АН также вначале арестовано немало «бывших», в том числе — ряд гвардейских офицеров, нашедших благодаря своей образованности (и, в частности, знанию языков) пристанище в АН. В числе арестованных сотрудников трех академических учреждений, которыми руководил С. Ф. Платонов, был взят его заместитель по Археографической комиссии член-корреспондент АН Василий Григорьевич Дружинин.

1 декабря арестовали Сергея Васильевича Рождественского. И до и после революции Рождественский преподавал в том институте, который под именем Женского педагогического был основан в 1903 г. и в котором Платонов был сначала директором. Рождественский — крупнейший специалист по истории народного просвещения в России, член-корреспондент РАН с 1920 г., заместитель Платонова по БАН в продолжение всего директорства его (с 1925 г.).

Вскоре на закрытом активе ленинградских партработников Киров уже сообщил, что Рождественский признал свое соучастие в заговоре академика Платонова. О тех же показаниях Рождественского говорил в Москве Рыков. Неизвестно, какими мерами вынудили старика «признаться». Его держали в одиночке, без передач, прогулок, газет, журналов, без смены белья (как и всю первую группу арестантов).

Дело самого Платонова вел А. А. Мосевич — один из крупных тогдашних чекистов. Впоследствии, после убийства Кирова, он попал в гугаговскую систему, что в 1937—1938 гг. при «отстреле» очередного поколения чекистских начальников спасло ему жизнь.

Академика поместили в комнате гостиничного типа, не с решеткой, а с сеткой на окне. Ему был создан улучшенный режим: мясной обед, сладости к чаю, уборка камеры уборщиком из подследственных. Привезли платоновские вещи: С. Ф. спал на своей домашней кровати, работал со своими книгами, за своим письменным столом. Начал было писать воспоминания. Родные неоднократно посещали его во время следствия, привезли в камеру любимую его кошечку. Сохранилась даже записка, посланная им легально своим арестованным дочерям. Два раза в месяц Мосевич возил Платонова гулять на Острова (в закрытом автомобиле)¹⁹.

Когда обнаружилось, что арест дочерей и учеников и угрозы расстрела не действуют на Платонова, Мосевич нашел оригинальный ход, о котором впоследствии поведал Сигрист:

«Мосевич сказал, что потомки судят о разных декабристах по их поведению на допросах и наши потомки будут судить о Платонове, читая его показания, в которых он лукавил и прикидывался сторонником советского режима. Тогда честный и мужественный академик объявил себя монархистом: отрицая всякие заговоры, сказал, что до революции разделял программу Союза 17 октября, что сознательно отставил Академию от вторжения коммунистов и окружал себя честной монархической молодежью. Нас — молодых ученых — характеризовал так: «честные научные работники, которые не могут мириться с режимом, при котором без ярлыка какой-нибудь Комакадемии нельзя издать объективного научного труда»²⁰.

28 января 1930 г. были арестованы еще два академика — Е. В. Тарле и Н. П. Лихачев.

Известно, что Евгений Викторович Тарле винил в своих злоключениях Покровского, который испытывал к Тарле личную неприязнь и дажно обвинял его в антимарксизме, антантофильстве, пропаганде русского неоимпериализма. В феврале 1928 г. он писал Бухарину по поводу одного из выступлений Тарле на историческую тему: «Надо бы его смазать хорошенько, чтобы он восчувствовал, что его не выслали из СССР не за его добродетели, а по неизреченной милости Советской власти»²¹.

Тарле как кандидат в кресло будущего министра иностранных дел — это был столь заманчивый эпизод, что, похоже, за право вставить его в свой спектакль чекисты-москвичи спорили с ленинградцами. Во всяком случае, в «деле Промпартии» имя Тарле звучало многократно в таком именно качестве.

Тарле допрашивался и давал показания свыше 70 раз. Свое участие во «Всенародном союзе борьбы» он вначале отрицал, затем то «признавался», то отказывался от своих показаний. Некоторые из его показаний были столь фантастичны, что следствие ими даже не воспользовалось (об оружии, будто бы хранившемся и в Пушкинском Доме, и в Пушкинском заповеднике, и в Гатчинском дворце-музее).

Николай Петрович Лихачев был не только крупный историк, но также и один из крупнейших русских собирателей и искусствоведов. Его коллекция икон, поднесенная царю, составила, вместе с собранием Академии художеств, Иконную палату Русского музея. Лихачев состоял в переписке, кажется, со всеми крупными антикварами Европы и России, собирал и там, и на Востоке памятники письменности на любом материале — папирусе, коже, камне, дереве, бумаге. Не жалел денег на древние документы, стремясь, чтобы в его коллекции были представлены все времена и народы. Коллекция составила Музей палеографии, кото-

¹⁹ Условия содержания С. Ф. Платонова в тюрьме описаны по воспоминаниям Сигриста, а также по устному сообщению внучки Платонова — Н. Н. Федоровой (1978).

²⁰ Ростов А. Указ. соч. С. 475—476.

²¹ ААН. Ф. 1759. Оп. 4. Д. 11. Л. 1 (оригинал; письмо, видимо, не было отправлено).

рый был подарен им Академии наук и превратился потом в Институт книги, документа и письма. Лихачев был важнейшим специалистом по всем вспомогательным историческим дисциплинам: палеографии, сфрагистике (изучению печатей), генеалогии, филигранологии (исследованию водяных знаков и фабричных штампов на бумаге), нумизматике, археографии, источниковедению, дипломатике.

Забегая вперед, отметим, что, вернувшись из ссылки, он не будет принят ни на какую работу в том учреждении, которое создано им, отказ услышит в своем бывшем директорском кабинете, куда придет просителем, и, бедствуя без хлебной карточки, страдая оттого, что приходится существовать на подаяния родных и знакомых, на пятидесятом году своей научной деятельности вынужден будет обратиться за помощью — к Мосевичу... В тюрьме от него добились немногого: что до революции был членом правой организации «Русское собрание», но после семнадцатого года занимался одной лишь научной работой.

Во главе «шпионской сети Всенародного союза» разработчики сценария решили поставить востоковеда А. М. Мерварта: он, «состоя в германской секретной службе, лично и через привлеченных им лиц, систематически занимался сбором секретных сведений о политическом, экономическом и военном положении в СССР и передавал их своим шефам в Германское генеральное консульство в Ленинграде»²².

Среди его «агентов» — коллеги по Музею антропологии и этнографии: арабист и тюрколог Г. Г. Гульбин и индолог-этнограф Т. А. Корзин-Круковская. Далее в «агентуре» Мерварта — геологи (видимо, как владельцы «секретных сведений») А. Н. Криштафович, П. И. Полевой, Д. Н. Бенешевич, М. О. Клер... Еще в «агентах» числились Н. М. Окинин, помощник заведующего радиоцентром по технической части, и П. П. Бабенчиков, севастопольский краевед, исследователь пещерных поселений. Утверждалось, что его археологическая карта Гераклеи, с нанесенными на нее пещерами, предназначалась «для передачи германскому генеральному штабу» (Гераклея располагалась на южном, турецком берегу Черного моря).

(«Большие» политические процессы второй половины 30-х годов давно поражают нас необычными, вдохновенным сотрудничеством палачей и жертв и каким-то коллективным переходом через грань душевной нормы, чудовищным участием в сумасшедшем мифотворчестве. Может быть, «дела» эпохи «великого перелома», будучи изученными, дадут новые ключи к этой загадке? Опыт, во всяком случае, в то время приобретался богатым. И надо, кажется, признать, что работа следствия не всегда бывала монотонной, тупобезличной, мордобойной: здесь, случалось, работали «творческие» натуры и сильные психические личности; обладавшие силой внушения и мощным «заряжающим» потенциалом. Со-

всем не примитивным кажется нам Стромин в точных воспоминаниях Н. П. Анциферова²³. Роль незаурядных личностей в истории кровавых репрессий — по крайней мере, в эпоху становления системы, в поворотные и начальные моменты некоторых крупных репрессивных кампаний и на первых этапах освоения далеких территорий ГУЛАГом — роль эта, несмотря на малочисленность подобных лиц, видится немалая. Как ни страшны такие люди для жизни, как ни отвергаем мы их мораль — вернее, именно поэтому — пора их изучать.)

«Сценаристам» не откажешь в логике выбора «резидента», вся биография Мерварта работала на них. Уроженец Мангейма, немец по рождению, Густав-Герман Мерварт принял присягу на подданство России в 1912 г. В русских документах его именовали и Германом Христиановичем, и Густавом Христиановичем. Перейдя в православие, он еще раз сменил имя, стал Александром Михайловичем, по крестному отцу. Десять лет (1914—1924) супруги Мерварты провели на Востоке, в затаившейся командировке от Академии наук. После Индии и Цейлона застряли на несколько лет во Владивостоке и Харбине. Перед той командировкой, готовясь к ней, они объехали Европу. Съездили за рубеж вновь в 1927 г., посетили в Голландии родителей Мерварта. Круг связей А. М. Мерварта был необычен, занимался он, единственный в стране, дравидологией, преподавал в университете и в Институте живых восточных языков, заведовал отделом Индии и Индонезии в Музее антропологии и этнографии.

Летом 1930 г. следовательская бригада всю раскручивает краеведческий сюжет «сценария». Трудно отгадать, кто главный автор этой блестящей идеи — вплести в «дело» всероссийскую организацию краеведов и тем придать ему художественную завершенность и размах. Стромин, мы знаем, много занимался «режиссурой» краеведческих сцен.

Краеведов, экскурсионных и музейных работников ГПУ хватало и в 1929-м, и в 1928-м, и в 1927-м. Тогдашние аресты били по Ленинграду, по его музеям, страдающим от распродаж, по пригородным дворцам, отдаваемым Бог весть каким организациям. Весной и летом 1930 г. удар обрушился на главные нервные узлы краеведения и одновременно на массу практических работников и в столицах, и на периферии. Были арестованы ученый секретарь Центрального бюро краеведения (ЦБК) и историк астрономии Д. О. Святский, ведущий графовед страны Н. П. Анциферов (взят в Соловках), и многие другие.

Замысел был таков: представить ЦБК как информационно-организационный центр платоновской организации, периферийные краеведческие общества — как филиалы этой организации на местах, а поездки краеведов — как связую-

²² Копия реабилитационного определения Военной коллегии Верховного Суда СССР от 20 июля 1967 г. // Собр. Д. Юрасова.

²³ Анциферов Н. П. Три главы из воспоминаний. Примечания С. Еленина и Ю. Овчинникова (псевдонимы Добкина А. И. и Рогинского А. Б.) // Память: Ист. сб. Вып. 4. Париж, 1981; Звезда. 1989. № 4 (без завернутых примечаний).

щие «цепочки» («цепочки», только по отраслевому принципу, конструировались и в «деле Промпартии»).

В августа арестовали группу московских историков: четвертого в этом «деле» академика Матвея Кузьмича Любавского (профессор МГУ, консультант Центрархива), трех членов-корреспондентов — Ю. В. Готье, Д. Н. Егорова, А. И. Яковлева — и главу исторического краеведения в Москве профессора С. В. Бахрушина (обвинение печати: уходил в областную историю с целью «не отвечать на основные вопросы современности»). Они и многие другие «казались причастны» к «московской секции заговора», наиболее видных членов «секции» привезли в Ленинград. «Руководство секцией» согласился взять на себя Готье, на уступки следствию пошел «разоружившийся» Бахрушин. Под давлением Жупахина на предварительном следствии оговорил себя и других Любавский, потом отказавшийся от показаний и тяжело переживавший свой «недостаток мужества» и «невозвратимую потерю самоуважения»²⁴.

14 сентября в Минске арестовали действительного члена АН БССР историка В. И. Пичету, затем тоже препровожденного в Ленинград. Два года спустя, уже из ссылки, Пичета писал в своем заявлении в Коллегию ОГПУ: «В минуту величайшего уныния и упадка духа, в крайне подавленном состоянии, вызванном неожиданно создавшейся для меня обстановкой арестованного, я писал протокол о своей принадлежности к организации, о которой я не знал и не мог знать»²⁵.

В середине ноября 1930 г. прокатилась по АН СССР последняя ударная волна арестов: Б. М. Энгельгардт, П. А. Пыпин, А. А. Достоевский, П. А. Садиков и А. А. Бялыницкий-Бируля, член-корреспондент АН СССР, который, будучи директором Зоологического музея, во время публичной «чистки» 1929 г. вступился за одного из своих сотрудников и вскоре после этого был снят со своей должности. Перед самым новым годом арестовали профессора-почвоведов Веру Александровну Балц. Были аресты и после Нового года, но там границу «дела АН» трудно провести.

В январе 1931 г., после процесса «Промпартии», следствие было наконец закончено, проект приговора послан на утверждение, а большинство обвиняемых переведены в Кресты и размещены по четыре человека в одиночных камерах. Много примечательного случилось в Академии, пока тянулись все эти дела.

В октябре 1929 г., за несколько дней до «обнаружения» отречений, из-за необъяснимых действий «представителей союзных республик» (к примеру, вместо того чтобы явиться заседать в отборочной комиссии, отправляются на Острова или в Эрмитаж) остановились выборные дела. В январе 1930 г., сразу после ареста Платонова, комиссии вдруг быстро отбрали для без-

альтернативного баллотирования: у историков — В. П. Волгина (ему противостояли Д. Н. Егоров, С. Б. Веселовский, М. В. Довнар-Запольский), у химиков — Л. В. Писаржевского, у литературоведов — А. В. Луначарского (с ним конкурировали В. Ф. Перверзев и В. Ф. Шишмарев, но Луначарский единогласно признан «наидостойнейшим»). Выборы этой тройки провели в дни, непосредственно следовавшие за арестом Тарле и Лихачева. Волгин занял кафедру, освободившуюся ранее за смертью М. М. Богословского, и два месяца спустя стал непререкаемым секретарем АН.

Но перед выборами 1930 г. было в Академии не три, а пять вакантных кафедр. Две оставшиеся — языковая, на которую достойнейшими кандидатами были Н. Н. Дурново и Л. В. Щерба, и биологическая, которую по справедливости должен был занять Н. К. Кольцов. «Пролетарская общественность» требовала пропустить туда других людей — «политически и идеологически близких пролетариату». Поскольку академики не соглашались, избрание на две кафедры отложили «до следующих выборов», а далее нашли другие способы помешать избранию тех, кто «недостаточно отметил себя в советской общественности».

В конце 1929 г. специальным постановлением были объявлены вне закона невозвращенцы, причем для лиц, уже находившихся за рубежом, было прибавлено, что оставшиеся будут иметь обратную силу. В рассматриваемый период, однако, появились новые ученые-эмигранты. В частности, остались на Западе три академика: химики В. Н. Ипатьев и А. Е. Чичибабин, математик Я. В. Успенский.

Резко расширилась зона секретности, и вслед за событиями учредился (в 14-й комнате) Секретная часть Управления делами АН СССР, сразу начавшая поглощать не только текущие дела, но и бумаги за прошедшее время.

Может быть, самым знаменательным событием было утверждение нового Устава АН в апреле 1930 г. Отбросили трехлетнюю давности несколько стыдливую формулировку параграфа об исключении из АН. Комиссия под председательством Волгина выработала и провела новую формулировку: «Действительные члены, почетные члены и члены-корреспонденты Академии наук лишаются своего звания постановлением Общего собрания, если их деятельность направлена во вред Союзу ССР» (§ 19 Устава 1930 г.). Голосуя за эту формулировку в тот момент, когда трое академиков — Платонов, Тарле и Лихачев — уже находились в тюрьме, остальные члены АН, может быть, надеялись остаться хозяевами положения. На деле вышло прямо противоположное. Академики — все до единого — делались теперь соучастниками репрессий. Первым — и срочным! — испытанием их моральной капитуляции стало «дело Платонова»: прежде чем карающие инстанции вынесут свой приговор, академики должны его заранее санкционировать. Еще не осужденных — предать.

Чрезвычайное Общее собрание АН СССР (закрытое) состоялось 2 февраля 1931 г. Председательствовал Волгин. Доложил официальное сообщение об установлении вины четырех академи-

²⁴ Черновик письма на имя Прокурора СССР // Архив Верховного Суда СССР. Указ. дело. Л.33.

²⁵ Архив Верховного Суда СССР. Указ. дело. Л. 34.

ков, предложил их исключить. Президент Карпинский возразил: «Надо сказать, что этот параграф был включен без ведома Академии, он был включен прямо Правительством в наш Устав. В других академиях ничего подобного не существует. Везде Академия соединяет в себе лиц всевозможных религий, всевозможных настроений, и различие мнений никогда не служило причиной задержки того, для чего Академия наук вообще предназначена, а именно: для выяснения научных истин». В возникшем споре говорили лишь Волгин и Карпинский, да одну справку сделал А. Д. Архангельский и буквально несколько слов произнес А. Н. Крылов. Желавших высказаться по существу, кроме Карпинского, не оказалось. Волгин решил вопрос так: «Тогда позвольте поставить вопрос на голосование в такой форме: кто против того, чтобы перечисленных мною членов из состава Академии исключить? (...) Позвольте спросить все же, кто против моего предложения? (Нет). Воздержались? (Нет). Позвольте считать, что решение Общего собрания принято единогласно»²⁶.

Первая серия приговоров была вынесена 10 февраля 1931 г. тройкой Полномочного представительства ОГПУ при Ленинградском военном округе. Несколько десятков человек получили от 3 до 10 лет. Вся эта партия приговоренных была отправлена в основном в лагеря Карелии, откуда весной «десятилетников» перебросили на Соловки (в этой группе был член-корреспондент АН СССР историк С. К. Богоявленский).

10 мая последовала более суровая серия приговоров. Были расстреляны участники «военной секции» платоновского «заговора» В. Ф. Пузинский (по «сценарию» намечен был руководить восстанием гвардейских офицеров и унтер-офицеров при приближении интервентов), П. И. Зиссерман, П. А. Купреянов, Ю. А. Вержбицкий. Расстрелян также А. С. Путилов, заведовавший ранее Архивом АН (по «сценарию» — кандидат Платонова на пост директора Департамента полиции). Большая группа арестованных была отправлена вслед первой партии.

В августа 1931 г. Коллегия ОГПУ вынесла приговор главным обвиняемым, а также главным лицам, сотрудничавшим со следствием.

Сроки в этой группе дали в основном пятилетние, нескольким — по 3 года. Самые видные

осужденные были отправлены в ссылку в разные города: Платонов — в Самару, Тарле — в Алма-Ату, Любавский — в Уфу, Лихачев — в Астрахань, Рождественский — в Томск, Егоров — в Ташкент, Бахрушин — в Семипалатинск, Готье и еще несколько человек попали в Ухтпечлаг. В большинстве случаев сосланные имели возможность работать в местных учебных заведениях или исследовательских учреждениях, а начиная с 1933 г. они начали потихоньку возвращаться в главные центры страны. В ссылке умерли Егоров (1931), Платонов (январь 1933), Рождественский (1934), Любавский (1936)...

Сравнительная мягкость приговоров и досрочные возвращения некоторых осужденных по «делу АН» еще много лет помогали чекистам прельщать обманливыми обещаниями новые поколения подследственных.

«Великий перелом» в науке слагался из множества отдельных разгромно-перестроечных кампаний — территориальных, ведомственных, дисциплинарно-тематических. В итоге изменилась в неблагоприятную сторону среда существования науки — точнее, духовная и социальная составляющие этой среды. Основные организационные формы науки (высшая школа, академии наук, исследовательские институты, научные журналы, региональные центры и т. д.) сохранились и количественно даже приумножились. Но все они были пронизаны особой системой догляда и взимания дани в пользу «партийности науки» и «государственных» интересов.

Чужеродный суперорганизм проник внутрь «естественного организма» науки и ослабил его. Там, внутри, не на свету, на контакте «партийного руководства» и «руководимой» им науки сформировались механизмы «планирования» и всепроникающей цензуры, определился корпус номенклатурных работников, представленных в науке на разных ее уровнях (ученые секретари, заместители по кадрам, работники отделов по науке), были пущены в ход новые «правила игры», от начального уровня мата и телефонного права до публичных обязательных ритуалов. Развернулась двусторонняя адаптация науки и власти.

Знание прошлого, в частности «дела АН», — одно из лекарств, необходимых для выздоровления науки от этих застарелых (или уже наследственных?) болезней.

²⁶ ЦГАОР СССР. Ф. 7668. Оп. 1. Д. 422. Л. 3, 6—7.

Космические исследования

Запуски космических аппаратов в СССР: ноябрь — декабрь 1990 г.

В этот период запущено 24 космических аппарата, в том числе 18 спутников серии «Космос». «Космос-2109, -2110 и -2111» предназначены для отработки элементов и аппаратуры глобальной космической навигационной системы «Глонасс» в целях определения местонахождения самолетов гражданской авиации и судов морского и рыболовного флота СССР.

Транспортный космический корабль «Союз ТМ-11» доставил на орбитальный научно-исследовательский комплекс «Мир» сменный советско-японский экипаж.

Запущены 5 спутников связи — два «Горизонта» на близкие к стационарной орбиты для дальнейшего развития систем связи и телевизионного вещания, спутник связи «Молния-1» для эксплуатации системы дальнейшей телефонно-телеграфной радиосвязи, передачи программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита» и два спутника «Радуга» с многостольной ретрансляционной аппаратурой.

Завершился полет орбитального комплекса «Салют-7» — «Космос-1686» массой около 40 т; в феврале 1991 г. он вошел в плотные слои атмосферы, где большая часть его элементов сгорела.

Таким образом, в 1990 г. в СССР запущены 96 космических аппаратов, в том числе 3 пилотируемых корабля «Союз ТМ», 4 автоматических грузовых корабля «Прогресс» и «Прогресс М», специализированный модуль «Кристалл», 66 спутников «Космос», 12 спутников связи «Молния», «Радуга» и «Горизонт», 2 метеорологических спутника «Метеор-2», 4 спутника для изучения природных ресурсов «Ресурс-Ф», автоматическая орбитальная обсерватория «Гамма», исследовательские спутни-

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	наклонение, град	период обращения, мин
«Горизонт»	3.XI	35 688	35 688	1,4	1431
«Космос-2103»	14.XI	410	430	65	92,8
«Космос-2104»	16.XI	247	387	62,8	90,6
«Космос-2105»	20.XI	606	39 339	63,2	709
«Молния-1»	23.XI	654	40 593	62,9	735
«Горизонт»	23.XI	36 545	36 545	1,2	1475
«Космос-2106»	28.XI	526	550	82,5	95,2
«Союз ТМ-11»*	2.XII	283	326	51,6	90,3
«Космос-2107»	4.XII	414	442	65	92,9
«Космос-2108»	4.XII	196	339	62,8	89,6
«Космос-2109»	8.XII	19 142	19 142	64,8	676
«Космос-2110»					
«Космос-2111»					
«Космос-2112»	10.XII	774	800	74,1	100,7
«Радуга»	20.XII	35 937	35 937	1,3	1443
«Космос-2113»	21.XII	189	307	64,8	89,2
«Космос-2114» — 2119**	22.XII	1388	1442	82,6	144,1
«Космос-2120»	26.XII	188	253	82,6	88,6
«Радуга-1»	27.XII	36 535	36 535	1,4	1474

* Параметры орбиты после коррекции.

** Шесть спутников запущены одной ракетой-носителем.

Космический аппарат	1986	1987	1988	1989	1990	Всего
«Союз»	2	3	3	1	3	12
«Мир»	1	—	—	—	—	1
«Прогресс»	2	7	6	4	4	23
«Космос»	96	97	79	68	66	406
«Метеор»	1	2	2	2	2	9
«Молния»	7	1	7	4	6	25
«Радуга»	2	2	1	3	3	11
«Экран»	1	2	2	—	—	5
«Горизонт»	2	1	2	3	3	11
«Квант»	—	1	—	1	—	2
«Кристалл»	—	—	—	—	1	1
«Фобос»	—	—	2	—	—	2
«Фотон»	—	—	1	1	1	3
«Океан»	—	—	1	—	1	2
«Буран»*	—	—	1	—	—	1
«Интеркосмос»	—	—	—	1	—	1
«Надежда»	—	—	—	1	1	2
«Ресурс-Ф»	—	—	—	5	4	9
«Гранат»	—	—	—	1	—	1
«Гамма»	—	—	—	—	1	1
Всего	114	116	107	95	96	538

* Космический корабль многоцелевого использования, совершивший единственный полет в автоматическом режиме.

ки «Фотон», «Надежда», «Океан».

За период 1986—1990 гг. выведены в космос 538 аппаратов.

Космические исследования

Смена экипажа на «Мире»

В октябре — декабре 1990 г. Г. М. Манаков и Г. М. Стрекалов продолжили научно-исследовательскую работу на орбитальном научно-исследовательском комплексе «Мир».

На технологических установках «Галлар» и «Кратер-В» выращены монокристаллы арсенида галлия и ряда других полупроводников, а на установке «Зона-02» — монокристалл германия.

С помощью телескопа «Букет» и спектрометра «Гранат», установленных на внешней поверхности модуля «Квант-2», измерялись потоки рентгеновского и гамма-излучения внеземного происхождения.

Используя комплекс фотоаппаратуры «Природа-5», космонавты вели съемки территории Советского Союза; оценивалось экологическое состояние растительности и водных бассейнов на Украине, Северном Кавказе, Поволжье, в Средней Азии.

В оранжерее «Свет», созданной советскими и болгарскими специалистами, продолжались эксперименты по изучению особенностей развития высших растений (редиса и салата) в условиях космического полета.

30 октября экипаж совершил выход в открытый космос; предполагалось установить приспособление, надежно соединяющее крышку наружного люка с корпусом модуля «Квант-2». Специальным инструментом космонавты вскрыли теплоизоляцию и защитные кожуны на узлах крепления крышки. Как показал осмотр, необходима замена одного элемента крепления люка; это отложено до прибытия нового экипажа. Манаков и Стрекалов находились в открытом космосе 2 ч 45 мин.

4 декабря «Союз ТМ-11»

доставил на станцию «Мир» новый экипаж в составе В. М. Афанасьева и М. Х. Манарова, а также японского космонавта — тележурналиста Т. Акияму.

10 декабря Манаков, Стрекалов и Акияма возвратились на Землю в спускаемом аппарате «Союза ТМ-10».

Продолжительность 7-й длительной экспедиции на орбитальном комплексе «Мир» составила 130 сут 20 ч 36 мин.

Космические исследования

Полет советско-японского экипажа

2 декабря 1990 г. в 11 час. 13 мин. по московскому времени с космодрома Байконур стартовал космический корабль «Союз ТМ-11» с экипажем в составе: В. М. Афанасьев (командир), летчик-космонавт СССР М. Х. Манаров (бортинженер) и гражданин Японии тележурналист Т. Акияма. Корабль выведен на орбиту с параметрами: высота в перигее 283 км, в апогее 326 км, наклонение 51,6°, период обращения 90,3 мин.

Японский журналист участвовал в совместном полете согласно коммерческому соглашению между Главкосмосом СССР и японской телекорпорацией Ти-би-эс, выплатившей Главкосмосу 12 млн. долл.

4 декабря «Союз ТМ-11» состыковался с орбитальным комплексом «Мир», экипаж перешел на станцию и приступил к выполнению программы полета. В тот же день Акияма (при участии Манарова) телекамерой снимал работу космонавтов на борту «Мира». В конце дня он выполнил медицинский эксперимент «Статокинетика», в котором изучалась динамика изменений координации человека в острый период привыкания к невесомости.

На следующий день в эксперименте «Лягушки в невесомости» Акияма исследовал адаптацию к условиям космического полета японских древесных лягушек длиной до 5 см при воздействии традиционных

раздражителей — червя, ветки ивы, прикосновения, зова самца, записанного на магнитофонную ленту, и т. д. Эксперимент, снимаемый телекамерой, проводился в два этапа (5 и 8 декабря) по 2,5 ч. После недельного полета лягушки возвратились на Землю. Специалисты интересуются, останется ли их поведение на Земле таким же, как до полета, или появятся отклонения.

Одной из задач японского журналиста было наблюдение за загрязнением атмосферы и океанов, состоянием лесов, опустыниванием земель и т. д. Акияма постоянно вел съемку земной поверхности по трассе полета.

В соответствии с программой «Мы любим Землю» велась прямая трансляция изображения Земли из космоса с комментариями журналиста-космонавта. В телевизионном сеансе на Японию 5 декабря Акияма передавал изображения Испании, Северной Италии, Балканского п-ова, над которыми пролетал в это время комплекс, позже — изображения Франции, Германии, Польши, Советского Союза и Китая; 6 декабря «Мир» проходил над Бразилией, Колумбией, Венесуэлой, Карибскими о-вами, Гренадой, Ирландией, Англией, Нидерландами, Германией, Советским Союзом, Ираном, Афганистаном, Индией, Бенгальским заливом, Австралией, Мексиканским заливом, Кубой. Съемки продолжались и впоследствии.

Вечером 6 декабря японский космонавт в эксперименте «Невесомость», предложенном японскими детьми, изучал эффективность психологической поддержки с использованием японских традиционных игрушек.

В последующие дни Акияма провел несколько медицинских экспериментов («Статокинетика», «Сон»), продолжил видеосъемки, а также демонстрировал образцы товаров фирм — спонсоров космического проекта.

10 декабря 1990 г. Г. М. Манаков, Г. М. Стрекалов (которых сменили на «Мире» Афанасьев и Манаров) и Т. Акияма вернулись на Землю: спускаемый аппарат «Союз ТМ-10» в 9 час. 08 мин. приземлился в

69 км северо-восточнее г. Аркалыка.

Длительность орбитального полета японского космонавта составила 7 сут 21 ч 54 мин.

Космические исследования

38-й полет по программе «Спейс шаттл»

2 декабря 1990 г. в 6 час. 49 мин. по Гринвичу с космодрома на м. Канаверал (штат Флорида, США) осуществлен очередной запуск космической транспортной системы. Орбитальной ступенью служил корабль «Колумбия» с экипажем из 7 астронавтов: В. Бранд (командир), Г. Гарднер (пилот), Д. Хоффман, Д. Лондж, Р. Паркер (специалисты по операциям на орбите), С. Дюрранс, Р. Пэрис (специалисты по операциям с полезной нагрузкой). Через 9 мин после старта «Колумбия» вышла на круговую орбиту высотой около 350 км и наклоном 28,5°.

Основная задача полета — астрофизические наблюдения высокоэнергетических космических объектов с помощью комплекса телескопов «Астро-1», работающих в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах спектра. В состав комплекса (масса 11 940 кг, стоимость около 150 млн. долл.) входят:

УФ-телескоп Гопкинса, построенный в Университете Дж. Гопкинса (Балтимор, штат Мэриленд);

УФ-телескоп с формированием изображения, созданный в Центре космических полетов им. Р. Годдарда (Гринбелт, штат Мэриленд);

УФ-фотополяриметр (Висконсинский университет, Мэдисон, штат Висконсин) для определения характеристик УФ-излучения;

широкополосный рентгеновский телескоп (Центр космических полетов им. Р. Годдарда) для изучения космических источников рентгеновского излучения.

Предполагалось вести наблюдения примерно за 250 объектами — галактиками, сверхновыми и т. п., а также внешними планетами Солнечной системы. Работа с обсерваторией «Астро-1» шла круглосуточно, в две смены — дневную (Хоффман, Лондж и Дюрранс) и ночную (Гарднер, Пэрис и Паркер).

В программу входили также уроки астрономии, которые с орбиты транслировались в классы американских школ. Кроме того, с помощью специального передатчика экипаж поддерживал радиосвязь с любителями и провел радиоловительский эксперимент.

С самого начала астронавты столкнулись с рядом проблем и неисправностей, которые преследовали их до конца полета. Началось с неполадок «Астро-1»: один из трех звездных датчиков оказался слишком чувствительным, затем отказал основной, а потом и резервный компьютеры, управляющие работой обсерватории, в результате пришлось наводить телескопы вручную. Случались и сбои в системе отвода использованной воды из кабины корабля.

Программа научных наблюдений была выполнена примерно наполовину; удалось собрать данные о 160 объектах, в том числе белом карлике, Крабовидной туманности, галактике, удаленной на 41 млн. св. лет и содержащей, по мнению ученых, черную дыру.

По графику «Колумбия» должна была совершить посадку 11 декабря в 1 час 46 мин., однако из-за ожидавшихся плохих погодных условий на авиабазе Эдвардс (штат Калифорния) посадка произведена на сутки раньше.

С. А. Никитин
Москва

Космические исследования

19-я «Луна» Сатурна!

Еще при сближении «Вояджера-1» с Сатурном в 1980 г., изучая полученные изображения его кольца F, ученые обратили внимание на неодно-

родности свечения в виде мелких выступов. Их математический анализ позволил обнаружить 5 различных волн, каждая — со своей светимостью и периодичностью. Неравномерность распределения плотности в кольце F наводила на мысль о том, что сказывается притяжение расположенных поблизости спутников Сатурна.

Р. А. Колвурд, Дж. Р. Берис (R. A. Kolvoord, J. R. Burns; Корнелльский университет, Итака, штат Нью-Йорк, США) и М. Шоуолтер (M. Showalter; Станфордский университет, Пасадена, штат Калифорния) подтвердили, что одно из скоплений частиц в кольце F связано с притяжением недавно открытого спутника Прометей, ближайшего от кольца (832 км). Меньшая по размерам Пандора (1520 км от кольца) заметных изменений в его строении не создает.

Еще одно «утолщение» кольца, видимо, вызвано неизвестным до сих пор спутником Сатурна, диаметр которого, судя по всему, не превышает 10 км. Его орбита, отличающаяся значительной вытянутостью, расположена в 1180 км от кольца.

Более достоверные данные о пока безымянном 19-м спутнике Сатурна можно будет получить после 2002 г., когда на орбиту вокруг планеты выйдет американский космический аппарат «Кассини».

Nature. 1990. V. 345. N 6277. P. 695 (Великобритания).

Организация науки. Космические исследования

Спутник американский, космодром австралийский, ракета советская

Национальный совет по космосу при президенте США разрешил частным американским фирмам договариваться с советскими организациями о запуске спутников ракетами-носителями, принадлежащими СССР. (До последнего времени власти США препятствовали этому, опасаясь, что на советской территории произойдет утечка научно-

технической информации.) Запрет сохраняется лишь на запуск военных спутников и спутников, разработанных НАСА. По условиям, космодром должен располагаться за пределами СССР; наиболее вероятным местом сотрудничества станет Австралия.

Предполагается, что объединение частных компаний USBI (United Space Business Industries) построит в Австралии космодром стоимостью 500 млн. долл. Это будет его вкладом в совместный австрало-американский проект «Cape York Space Agency», в котором намерены принять участие также 7 японских фирм.

Для строительства выбрано место на берегу залива Темпл (п-ов Кейп-Йорк, штат Квинсленд), в пустынной местности в 300 км севернее г. Кэрнс. Удобно оно тем, что находится всего в 12° от экватора, где скорость вращения Земли наибольшая, и потому придать спутнику необходимое ускорение можно при меньшей мощности двигателей. Кроме того, этот район Кораллового моря изобилует рифами и крайне редко используется для судоходства, что уменьшает риск при неудачных запусках.

Переговоры USBI с Главкосмосом СССР не вызывают особой радости у американских аэрокосмических компаний «Дженерал дайнемикс» и «Макдоннел Дуглас», которые строят и продают ракеты типов «Атлас Центавр» и «Дельта». Они опасаются субсидий, в результате чего цена советских носителей станет демпинговой, в то время как обычная стоимость коммерческого запуска спутника около 90 млн. долл. Среди других возможных конкурентов — западноевропейское агентство «Арианспейс» и космическое управление КНР. Распространяется мнение, согласно которому привлечение СССР — форма скрытой экономической и политической поддержки, заменившей прямую финансовую помощь.

Предполагается, что Главкосмос предложит ракету «Зенит» для запуска спутников средних размеров. Присутствие советских специалистов при запусках не предусматривается.

Первый запуск намечен на 1993 г.

Некоторые природоохранные общественные организации Австралии, а также группы аборигенов возражают против строительства космодрома, утверждая, что это повредит пока не тронутой людьми саванне. Однако их аргументы признаются достаточно слабыми. New Scientist. 1990. V. 127. N 1725. P. 24; N 1734. P. 25 (Великобритания).

Астрофизика

Давление света и формирование планетных систем

Испанские астрофизики Е. Медиавилля, Дж. Буитраго и М. Порталья (Е. Mediavilla, J. Buitrigo, M. Portilla) обратили внимание на любопытный физический эффект, который, по их мнению, может серьезно влиять на формирование планетных систем вокруг звезд. Речь идет о взаимодействии света и движущихся вокруг звезды частиц космической пыли. То, что формированию больших планет предшествует длительная эволюция газово-пылевого диска вокруг молодой звезды, астрономы доказали уже и путем наблюдений: с помощью космического инфракрасного телескопа «спутника ИРАС диски обнаружены у некоторых ближайших звезд. Вероятно, они представляют собой остатки вещества, сформировавшего саму звезду.

Космические пылинки в дисках обращаются в десятках и сотнях астрономических единиц от звезды и в основном испытывают влияние двух сил: гравитации и лучевого давления. Вначале полагали, что давление просто ослабляет гравитацию, поскольку направлено (как и гравитация) вдоль прямой, соединяющей звезду и пылинку. Позже был учтен эффект аблации, хорошо знакомый всем, кто гулял под дождем: даже если капли падают вертикально, идущему человеку они бьют по лицу, но не по затылку. Вращающимся вокруг звезды пылинкам световые кванты тоже

бьют «в лицо» и тем самым тормозят их движение. Поэтому под действием лучевого давления радиус орбиты пылинок должен медленно уменьшаться, они будут приближаться к звезде и испаряться. Эта идея, сформировавшаяся в середине 30-х годов, получила название эффекта Пойнтинга — Робертсона. Как выяснилось, он хорошо объясняет очищение Солнечной системы от мелкой пыли, наиболее чувствительной к действию лучевого давления.

Испанские астрофизики учли, кроме того, что звезда — не точечный источник света, а огромный, быстро вращающийся шар. Для гравитации это практически ничего не меняет, но очень важно для лучевого давления. Ведь для каждой пылинки одна половина вращающейся звезды всегда приближается, а другая — удаляется. Соответственно, кванты света, испущенные одной половиной, будут иметь голубое смещение, а другой — красное. В результате давление излучения на пылинку со стороны приближающейся половины звездного диска немного больше, и в целом излучение стремится закрутить пылинку по орбите в ту же сторону, куда вращается звезда.

Если звезда и пылинка вращаются в разные стороны, обнаруженный эффект приведет к еще более быстрому падению пылинки на звезду. Но если направления их вращения совпадают (а именно так в большинстве случаев и бывает, поскольку звезда и пылевой диск рождаются из одного облака), новый эффект противодействует эффекту Пойнтинга — Робертсона, причем тем сильнее, чем ближе пылинки к звезде. На некотором расстоянии от звезды тормозящая и ускоряющая силы уравновесят друг друга, и пылинки станут двигаться по устойчивой орбите, радиус которой зависит от размера и состава пылинки. Если в космической пыли присутствуют частицы нескольких сортов, они разделятся и каждый сорт образует свое кольцо вокруг звезды. Не в этом ли причина четкого деления планет по физическим свойствам?

Астрофизика

Как вращается Солнце

Обычно за вращением Солнца вокруг собственной оси следят по появлению из-за его лимба (края диска) пятен, исчезающих затем с противоположной стороны светила. Судя по таким наблюдениям, экваториальные районы Солнца вращаются быстрее, чем приполярные. Скорость вращения связана с размерами, формой и относительным взаиморасположением солнечных пятен.

Д. Х. Хатауэй и Р. М. Уилсон (D. H. Hathaway, R. M. Wilson; Центр космических полетов им. Маршалла НАСА, Хантсвилл, штат Алабама, США) показали, что скорость вращения Солнца увеличивается, когда количество пятен на нем сокращается. Проанализировав данные о солнечной активности за 1921—1982 гг., они установили, что в каждом 11-летнем цикле наибольшая скорость вращения приходится на время минимального числа пятен. Более того, когда в Южном полушарии Солнца пятен меньше, чем в Северном, первое вращается быстрее, чем второе. А в среднем (за цикл) Солнце вращается быстрее в циклы с меньшим количеством пятен и их суммарной площадью.

В результате Солнце завершает полный оборот вокруг оси на 0,5 % быстрее в периоды низкой солнечной активности, например в известном минимуме Маундера.

Причина явления пока неизвестна.

Science News. 1990. V. 139. N. 2. P. 28 (США).

Астрономия

Хирон — астероид или комета!

Этот один из любопытнейших объектов Солнечной системы, движущийся между орбитами Сатурна и Урана, был

открыт в 1977 г. американским астрономом Ч. Коуэллом и занесен в список астероидов под номером 2060. Позже астрономам посчастливилось обнаружить его изображение на одной из немногочисленных фотопластинок 1895 г., благодаря чему была очень точно вычислена его орбита: она имеет значительный эксцентриситет (0,38) и большую полуось, равную 13,7 а. е. В перигелии Хирон приближается к орбите Сатурна, а в афелии удаляется до орбиты Урана. Период его обращения вокруг Солнца составляет 50,7 года. В момент открытия Хирон находился недалеко от афелия, с тех пор он приближается к Солнцу и в 1996 г. пройдет через точку перигелия.

Судя по яркости и цветовым характеристикам, диаметр Хирона превышает 100 км, а поверхность покрыта веществом серого цвета, как на некоторых спутниках Сатурна. Сразу после открытия возник вопрос: что собой представляет Хирон — астероид или ядро кометы? Первые 10 лет Хирон вел себя как обыкновенный астероид, но с 1987 г. его яркость начала заметно возрастать, а в 1989 г. вокруг ядра была замечена слабая полупрозрачная оболочка — кома (типичный признак кометы). Правда, спектральный анализ показал отсутствие в коме заметного количества газа, что, вообще говоря, не характерно для комет.

Особый интерес представляет поведение Хирона в ближайшие несколько лет — в период его прохождения через перигелий. И уже первые наблюдения за ним принесли немало любопытного. Р. Вест (R. M. West) с помощью 1,5-метрового рефлектора Южной европейской обсерватории обнаружил, что блеск Хирона регулярно (с периодом 5,9178 ч) меняется на 5%. Очевидно, так проявляется вращение Хирона вокруг оси. В этом смысле он ближе к астероидам, у которых периоды осевого вращения обычно составляют 4—10 ч, в то время как у ядра кометы, судя по всему, вращаются медленнее (например, ядро кометы Галлея — за 53 ± 3 ч).

Кома вокруг ядра Хирона постоянно увеличивается и уже

достигла 460 тыс. км в диаметре. Видимо, она состоит из твердых частиц, подобных межпланетным пылинкам. Примерно половина солнечного света, отражаемого Хироном, приходит от ядра, столько же — от комы.

Итак, в ближайшие годы астрономы намерены интенсивно наблюдать за Хироном, чтобы решить наконец вопрос о его природе. Если его не удастся отнести ни к кометам, ни к астероидам, он может стать родоначальником нового семейства — пылевых комет или хвостатых астероидов.

Preprint ESO. N 733. 1990.

Астрономия

Астрономы собираются в Антарктиду

На конференции Международного научного комитета по антарктическим исследованиям (SCAR) американская делегация предложила создать астрономическую обсерваторию в Восточной Антарктиде, на высоте 4—4,2 тыс. м, где влажность атмосферы меньше, чем даже на Южном полюсе. Предложение поддержали советские, французские и итальянские коллеги.

Этот выбор объясняется тем, что нигде на Земле нет более чистого неба, благоприятного для наблюдений в оптической, инфракрасной и субмиллиметровой частях спектра. Чрезвычайно низкие температуры «вымораживают» из атмосферы большую часть водяных паров, поглощающих инфракрасное и субмиллиметровое излучение, ослабляют фоновое инфракрасное излучение, уменьшая тем самым «шумы», неизбежные в более теплом климате.

Английские астрономы пока не присоединились к этому проекту: они еще раньше собирались создать свою обсерваторию в Западной Антарктиде. Институт астрофизики Общества Макса Планка (Германия) тоже намерен строить собственную инфракрасную обсерваторию на

ледовом материке, но, возможно, присоединится и к международной кооперации. А вот австралийские астрономы уже получили средства на создание в 1992 г. 1,7-метрового телескопа для наблюдения звезд в субмиллиметровом диапазоне; этот инструмент предполагают разместить на географическом полюсе.

Международная южнополярная обсерватория должна насчитывать 8—10 зимовщиков, которые будут вести исследования по солнечной, космической и атмосферной физике, метеорологии, изучать полярные сияния и магнитные явления.

Physical Review Letters. 1990. V. 65. P. 1297, 1301 (США).

Химия атмосферы

Мало CO₂ — тоже опасно

Изучая связь состава атмосферы с климатом Земли в прошлом, Р. Оггсли и Б. Зальцман (R. Oglesby, B. Saltzman; Йельский университет, Нью-Хейвен, штат Коннектикут, США) установили, что низкой концентрации двуокиси углерода обычно соответствовало наступление ледникового периода.

Они построили математическую модель общей циркуляции атмосферы и оценили изменения среднегодовых температур при различном содержании CO₂. Так, при 330 ч/млн. температура должна стабилизироваться около 16 °С, что близко к нынешним условиям. Если же концентрация CO₂ достигнет 660 ч/млн., потеплеет примерно до 20 °С. Эти выводы не противоречат результатам других математических моделей.

Неожиданностью было то, что снижение количества CO₂ до 100 ч/млн. не приведет к состоянию равновесия, даже если такой уровень сохранится в течение ряда лет. Кроме того, при росте от 100 до 200 ч/млн. разница температур больше, чем при изменении концентрации от 460 до 1000 ч/млн.

По мнению авторов, подобная нелинейная зависимость

климата от состава атмосферы вызвана обратной связью. При падении концентрации до 100 ч/млн. ледовый покров продвинется далеко в средние широты и, например, Британские о-ва окружат плавучие льды. Напротив, если концентрация CO₂ повысится до 1000 ч/млн., плавучие льды на Земле вообще исчезнут. Но ведь ледяной покров активно отражает солнечное излучение во внешнее пространство. Поэтому таяние льда привело бы к еще большему потеплению. При повышении температуры усиливается испарение воды с поверхности океана, и образующиеся облака задерживают тепло у поверхности планеты. Однако хотя при изменении концентрации от 100 до 1000 ч/млн. влажность в атмосфере возрастает на 100 %, большая часть этого роста приходится на диапазон 100—330 ч/млн., так что обратная связь ослабляется с потеплением.

Итак, снижение концентрации CO₂ по сравнению с сегодняшним уровнем приведет к значительно большему последствию, чем повышение. Поэтому резкое сокращение выбросов CO₂ чревато опасностью нового ледникового периода.

Geophysical Research Letters. 1990. V. 17. P. 1089 (США).

Климатология. Химия атмосферы

Только полный запрет хлорфторуглеродов оставит потепление

В. Бах и А. Джайн (W. Bach, A. Jain; Мюнстерский университет, Германия) отводят значительную роль в парниковом эффекте используемым в промышленности и быту хлорфторуглеродам, прежде «обвиняемым» только в разрушении слоя озона. Правда, впервые на это еще в 1973 г. указал американский специалист по химии атмосферы Дж. Лавлок (J. Lovelock), но на его призыв сократить производство хлорфторуглеродов, слабо под-

крепленный наблюдательными данными, не обратили внимания.

Как установили немецкие исследователи, за последние 30 лет вклад хлорфторуглеродов в тепловой баланс планеты составил примерно треть того, который связан с повышением концентрации CO₂ в атмосфере. Причем прирост содержания этих газов идет такими темпами, что они скоро могут занять первое место среди факторов, влияющих на парниковый эффект.

Ими построена математическая модель, согласно которой удвоение количества CO₂ в атмосфере ведет к потеплению на 2,3 °С. Из-за этого к 2050 г. в среднем может потеплеть на 1,43 °С. Если же выброс хлорфторуглеродов не будет резко сокращен, за то же время температура повысится еще почти на 2 °С.

Даже если производство пяти основных видов хлорфторуглеродов сократится на 50 % по сравнению с 1986 г., потепление по их «вине» за 1986—2050 гг. будет почти таким же, как из-за CO₂. Лишь если к 2000 г. полностью прекратится производство и потребление хлорфторуглеродов, удастся уменьшить последствия парникового эффекта в 1986—2050 гг. на 49 %, т. е. вместо 3,35 °С потеплеет всего на 1,71 °С.

International Journal of Climatology. 1990. V. 10. P. 439.

Физика

Топологическая фаза Берри

Одна из центральных задач квантовой физики — описание эволюции системы частиц под действием переменных внешних полей. В простейшем варианте она сводится к расчету динамики двухуровневой системы, образуемой частицей со спином 1/2 в магнитном поле. В начальный момент времени спин ориентирован по полю, которое затем достаточно медленно меняется по величине и направлению. Проще всего считать, что и в дальнейшем

спин параллелен полю. Насколько точно такое (адиабатическое) приближение, можно оценить, вычислив вероятность W перехода частицы за бесконечное время в состояние с антипараллельным спином.

М. Берри (M. Berry; Физическая лаборатория Уиллса, Бристоль, Великобритания) уточнил величину W с учетом поправочного коэффициента C , зависящего не от размерных параметров — энергии переориентации спина, времени характерного изменения поля и постоянной Планка, а только от формы кривой изменений напряженности поля.

Работа продолжает исследование автора, начатые ранее¹. Речь идет о появлении фазового сдвига геометрического происхождения у волновой функции в условиях адиабатического «слежения» за полем. Топологическая фаза Берри, обнаруженная в экспериментах по ядерному магнитному резонансу, а также с нейтронами и световыми пучками, имеет важное значение в физике элементарных частиц, молекулярной физике, физике твердого тела.

Proceedings of the Royal Society of London. 1990. V. A430. P. 405—411 (Великобритания).

Физика

Стимулированное нарушение резонансного туннелирования в гетероструктурах

Резонансное туннелирование (прохождение излучения без отражений через систему потенциальных барьеров) обусловлено «резонансами» прозрачности из-за интерференции волн, отраженных от барьеров, и проявляется, например, в просветлении стеклянной пластины в интерферометре Фабри — Перро, в эффекте Рамзауэра при пропускании медлен-

ных электронов через инертные газы или быстрых электронов через монокристаллы¹. В последнее время в полупроводниковой микроэлектронике интенсивно исследуются различные приложения резонансного туннелирования в связи с развитием современных методов эпитаксии, позволяющих создавать многослойные гетероструктуры с толщиной слоев в 1—10 нм, сравнимой с длиной волны де Бройля при поперечном транспорте носителей заряда.

А. В. Каменев и В. В. Кислов предложили применить резонансное туннелирование для обнаружения слабого электромагнитного излучения миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, где традиционные методы недостаточно эффективны.

Основная идея подхода состоит в том, что переменное внешнее поле может вызвать резкое увеличение числа отраженных электронов. Следить за явлением можно по изменению вольт-амперной характеристики, на которой в отсутствие облучения имеются ярко выраженные пики от разных резонансных уровней. При «резонансной» поперечной скорости электрона вариация напряжения смещения эквивалентна расстройке резонанса, что и приводит к появлению пика. Если частота изменений внешнего поля соответствует частоте перехода между уровнями, резонансное туннелирование заметно подавляется. Расчет по теории возмущений позволил определить, что характерные интенсивности излучения доходят до 10^{-4} Вт/см², при этом спектральная ширина эффекта достаточно мала. Авторы рассмотрели конкретные схемы устройств для наблюдения эффекта.

Непосредственно осуществить эксперимент сложно из-за высоких требований к геометрии гетероструктур. Остается надеяться, что авторам все же удастся преодолеть многочисленные трудности. Такой итог будет тем более закономерным, что принципиальные возмож-

ности электронной интерферометрии в твердотельной электронике были впервые проанализированы Л. В. Иогансенем² еще задолго до сегодняшнего бума в этой области.

Радиотехника и электроника, 1990. Т. 35. № 9. С. 1971—1977.

Техника

Фотосопротивление из полимера для интегральных схем

Б. Новак с коллегами (B. Novak; Калифорнийский университет, Беркли, США) синтезировали новый полимер APPS (p-фениленсульфид). Под действием света пленка из него становится проводником, в то время как соседние неосвещенные области остаются изоляторами. В таком состоянии полимер может находиться длительное время. Эта уникальная способность позволила начать разработку дешевого одностадийного процесса формирования проводящих контуров интегральных схем, исключив из него протравливание.

Авторы пытаются выяснить механизм проводимости, определить плотность тока и стабильность проводящих свойств нового полимера. После этого можно приступить к созданию коммерческих интегральных схем на основе нового материала, параллельно увеличивая проводимость освещенного полимера и время его пребывания в проводящем состоянии. Пока из него сделан проводящий элемент с поперечным размером 10 мкм (в интегральных схемах используются элементы размером менее 1 мкм). Некоторые из полученных образцов остаются проводящими несколько месяцев.

New Scientist. 1990. V. 127. № 1734. P. 36 (Великобритания).

¹ См. например: Берри М. // В мире науки. 1989. № 2. С. 14.

¹ См. например: Эффект Рамзауэра в кристалле // Природа. 1989. № 1. С. 109.

² Иогансен Л. В. // Успехи физ. наук. 1965. Т. 86. № 1. С. 175—179.



Экологически безопасные огнетушители

В Научно-техническом институте Альбурке (штат Нью-Мехико, США) испытываются новые наполнители для огнетушителей, менее вредные для озонового слоя Земли.

Обычно огнетушители заполняют газообразным углекислым диоксидом, содержащим бром. Они тушат пламя, связывая свободные радикалы в горячей плазме. При их концентрации в воздухе всего 5% удается эффективно гасить пожары, причем такая концентрация безопасна для человека. Однако применяемые в них наполнители в 3—10 раз сильнее разрушают стратосферный озон, чем хлорированные или фторированные углеводороды. Поэтому и появились новые вещества. Фирма «Дюпон» (США) предлагает использовать гидрофторированные углеводороды (HFC-125) или гидрохлорированные и фторированные углеводороды (HCFC). Их влияние на атмосферный озон в 500 раз слабее нынешних наполнителей.

New Scientist. 1990. V. 127. N 1734. P. 34 (Великобритания).

Биотехнология

Бактерии против нефтяной пленки

Американская компания «Альфа энвайронментел» разработала биологическую систему для уничтожения нефтяной пленки на поверхности моря. Смесь бактерий в концентрации 10^{12} на 1 г сухого азот- и фосфорсодержащего соединения — питательной среды — в специальном резервуаре соединяется с морской водой и затем разбрызгивается по поверхности моря. Бактерии превращают углеводороды нефти в углекислый газ, а жировые ткани становятся питательными веществами для обитателей моря.

Микробы, входящие в смешанную культуру бактерий, были открыты К. Опленгеймером (Техасский университет, США). Метод успешно опробован в Карибском море, в 100 км от Техаса, где потерпел аварию норвежский танкер, выбросивший в море 4 млн. галлонов (около 20 тыс. м³) сырой нефти. В начале сентября 1990 г. его использовали и в Великобритании для борьбы с нефтяными пленками общим весом 5 т.

New Scientist. 1990. V. 127. N 1735. P. 32 (Великобритания).

Биофизика

Световоды в зубе

Г. Б. Альтшулер и В. Н. Герасимов (Ленинградский институт точной механики и оптики; 1-й Ленинградский медицинский институт им. И. П. Павлова) впервые исследовали распространение лазерного излучения в тканях зуба человека и обнаружили эффект волнового распространения света в них.

Зуб состоит из эмали, дентина и пульпы. Эмаль на 95—97% составляют различные апатиты, в основном гидроксипатит; в дентине 70—72% апатитов и 28—30% органического вещества и воды; пульпа — рыхлая соединительная ткань с кровеносными сосудами и нервными окончаниями. В эмали микрокристаллы гидроксипатита формируют гранное цилиндрическое волокно поперечным размером 4—6 мкм, а в дентине — множество трубочек диаметром 1—5 мкм.

Использовалось излучение лазера с длиной волны 628, 514 и 488 нм, регистрировалось излучение, рассеянное на расплахе зубов.

Наряду с диффузным (неупорядоченным) рассеянием света в дентине наблюдалось направленное распространение светового потока вдоль трубочек независимо от угла падения лазерного пучка на поверхность эмали.

Авторы полагают, что закономерности распространения

света в твердых тканях зуба можно объяснить наличием оптических волноводов, роль которых могут играть волокна в эмали и области между трубочками в дентине.

Возможно, зуб — уникальный пример волноводно-рассеивающей среды. Среди искусственных материалов обладает схожими свойствами обладает микропористое стекло¹. Интересно, что свет, падающий на поверхность эмали, концентрируется в полости зуба, так что его твердые ткани подобны оптическим волокнам, передающим световую энергию к пульпе.

Доклады АН СССР. 1990. Т. 310. № 5. С. 1245—1248.

¹ См. подробнее: Альтшулер Г. Б., Баханов В. А., Дульнев А. Е. и др. // Физика и химия стекла. 1988. Т. 14. № 6. С. 932—935; Они же // Оптика и спектроскопия. 1988. Т. 65. № 5. С. 995—998.

Биохимия

Биосенсоры в анализе окружающей среды

А. А. Туманов и Е. А. Коростылева (Научно-исследовательский институт химии при Горьковском университете им. Н. И. Лобачевского) привели последние данные о биосенсорах — новом классе миниатюрных аналитических устройств, в которых высокоспецифичные биохимические реакции «сообщают» о концентрации определяемого компонента¹. Биосенсор состоит из чувствительного элемента (биологически активная субстанция или биорецептор) и системы детектирования. Взаимодействие определяемого вещества и чувствительного элемента меняет регистрируемые детектором физико-химические параметры системы.

Чувствительным элементом могут служить микроорга-

¹ Туманов А. А., Коростылева Е. А. // Журн. аналит. химии. 1990. Т. 45. Вып. 7. С. 1304—1311.



Принципиальная схема биосенсора.

низмы, ткани, органеллы, ферменты, витамины, антитела, гормоны, ДНК, РНК и т. д.

Содержание углекислого газа в сточных водах измеряют амперометрические сенсоры² на основе кислородчувствительного электрода и иммобилизованных бактерий, потребляющих CO₂ или HCO₃⁻.

Концентрации ионов ртути, меди и серебра определяют с помощью проточного реактора с ферментом уреазой, иммобилизованным на целлюлозе. Метод основан на ингибировании уреазы этими ионами и определении ее остаточной активности по реакции разложения мочевины до аммиака и углекислого газа. Фосфорорганические соединения, например пестициды, «чувствует» ферментный датчик с холинэстеразой, ферментный электрод которого реагирует на фосфорорганические соединения, ингибирующие холинэстеразу³.

Использование антител и антигенов в качестве чувствительного элемента в сочетании с электродами и микроэлектронными устройствами позволило создать новый класс биосенсоров — иммуносенсоры. Иммуносенсор для определения паров пестицида паратиона в воздухе представляет собой кристалл кварца, покрытый антителами к паратиону. При связывании паратиона антителами масса кристалла и частота его колебаний меняются пропорционально концентрации паратиона в воздухе.

Биосенсоры (микробные, иммунные и ферментные) позволяют решать разнообразные аналитические задачи. Однако

их применение сдерживается сложностью получения биологических компонентов высокой чистоты и в значительных количествах, необходимостью защиты чувствительного элемента от вредных воздействий среды, стоимостью некоторых биологических компонентов и недостаточной селективностью преобразователей.

В. В. Шумянцева,
кандидат химических наук
Москва

Физиология

Культура нейронов человека

В Университете Дж. Гопкинса (Балтимор, США) впервые получена культура дифференцированных нейронов человека. Для этого использовали участки коры мозга, удаленные при операции девочки полутора лет, страдавшей судорогами конечностей. Клетки серого вещества сразу же поместили в питательную среду, содержащую сыворотку крови с ростовыми факторами. Большая часть клеток погибла уже через 20 дней, однако сохранились два небольших участка клеточного роста, из которых и получили культуру кортикальных нейронов человека.

Гетерогенность клеток центральной нервной системы не позволяет детально охарактеризовать на молекулярном уровне отдельные типы клеток нейронального и опорно-трофического (глиального) происхождения. В настоящее время получены культуры эмбриональных нейронов животных, а также клеток опухолей центральной нервной системы. Однако и те и другие слабо дифференцируются. Поначалу такими же были и клетки новой культуры, имеющие форму многоугольников и в редких случаях снабженные короткими неветвящимися отростками.

Однако под действием ростовых факторов (нервного, цАМФ, ретиноидной кислоты) клетки стали размножаться (время удвоения 120 ч) и дифференцироваться, у них появились ветвящиеся отростки с расширенными, напоминающими синаптические «пуговки». При удалении же ростовых факторов из культуры отростки исчезали.

Чтобы определить тип клеток, культуру обрабатывали растворами моноклональных антител против известных маркеров глиальной и нейрональной дифференцировки. Как в дифференцированных, так и в незрелых клетках культуры активно окрашивались различные белки, экспрессирующиеся в зрелых нейронах. Культуру пересаживали не менее 20 раз за 19 мес. и не отмечали сколько-нибудь заметных изменений морфологии клеток, их роста и размножения.

Первую клональную культуру зрелых нейронов человека можно использовать для исследований мозга и планируемого выращивания нейронных сетей на интегральных схемах.

Science. 1990. V. 248. N 4955. P. 603—604 (США).

Медицина

Успехи генной терапии

Первый в мире курс генной терапии на человеке провели в сентябре 1990 г. гематолог В. Андерсон и онколог М. Блэйз (W. F. Anderson; Национальный институт сердца, легких и крови; M. Blaese; Национальный институт рака; Бетезда, штат Мэриленд, США). Лечили девочку четырех лет, страдающую редким смертельным заболеванием, вызванным дефицитом фермента аденозиндезаминазы. У пораженных этой болезнью ослаблен иммунитет, и они вынуждены иногда жить в пластиковых камерах с очищенным воздухом. Обычно их лечат пересадкой костного мозга от здоровых родственников.

Эксперимент готовился более трех лет. Из крови, взя-

² Karube I., Sode K., Tamiya E. // J. of Biotechnol. 1990. V. 15. P. 267—282.

³ Максимычев А. В., Тимашев С. Ф. // Журн. аналит. химии. 1990. Т. 45. Вып. 7. С. 1456—1464.

той у маленькой пациентки, выделяли Т-лимфоциты. Затем они генетически «исправляются» до нормального состояния, в котором вырабатывается отсутствующий фермент, и вновь вводятся в кровь ребенка. Процедура должна повторяться ежемесячно. По мнению Андерсона, лечение не сопровождается побочными эффектами.

Аналогичный эксперимент, но с генетической коррекцией клеток, взятых из раковой опухоли, вскоре проведут в Национальном институте рака.

New Scientist. 1990. V. 127. N 1735. P. 25 (Великобритания).

Медицина

Побочные явления при химиотерапии рака устраняемы

При химиотерапии больных раком используют сильнодействующие лекарства, вызывающие побочные эффекты, в том числе настолько сильную тошноту и рвоту, что иногда врачи вынуждены отказываться от лечения, особенно детей. Для борьбы с этими явлениями создано новое высокоэффективное средство — ондансетрон (ondansetron), выпускаемое английской фирмой «Глакс». Торговое название лекарства — цофран (zofran). Оно опробовано в Королевской детской больнице в Манчестере на 200 детей, страдающих лейкозом и другими видами рака, и в университетской клинике в Геттингене (Германия) на 300 женщинах, страдающих раком груди.

У детей ондансетрон полностью устранял рвоту в 97 % случаев при кратковременном применении химиотерапии и в 65—80 % случаев при длительном химиотерапевтическом воздействии. При лечении рака груди ондансетрон был эффективен в 73 % случаев. (Для сравнения: эффективность широко применяемого метоклопрамида — 41 %.)

Ондансетрон относится к группе веществ, блокирующих действие нейротрансмиттера 5-

гидрокситриптамина (5-НТ). 5-НТ накапливается в клетках кишечника. Противораковые лекарства способствуют его высвобождению, что стимулирует соответствующие рецепторы на блуждающем нерве. Нerve передает сигнал в определенный участок мозга и вызывает рвоту. Ондансетрон же блокирует действие 5-НТ на концах блуждающего нерва и в зоне мозга. Метоклопрамид также блокирует действие 5-НТ, но он менее эффективен, и для устранения побочных эффектов необходимы его большие дозы, которые вызывают у пациентов симптомы болезни Паркинсона. Употребление ондансетрона не приводит к таким последствиям. Единственное его побочное действие — несильная головная боль и сыпь у некоторых детей. В остальном лекарство безопасно, хорошо переносится и эффективно; допустимо использование широкого спектра химиотерапевтических препаратов.

New Scientist. 1990. V. 127. N 1731. P. 25 (Великобритания).

Медицина

Лысых будет меньше

В мире 35—45 % мужчин и 20—25 % женщин страдают от облысения. В середине 80-х годов была высказана идея о положительном воздействии на рост волос электрического поля. И вот сейчас фирма «Каррент технолоджи корпорейшн» использовала эту идею для создания прибора, позволяющего восстанавливать волосяной покров у лысеющих людей: он напоминает сушилку для волос, которой пользуются в парикмахерских. Внутри прибора, опускаемого на голову человека, на расстоянии 1—4 см от кожи расположены четыре пары электродов, питаемых от 12-вольтовой батареи. Голова пациента как бы погружается в электрическое поле, которое периодически включается и выключается. Прибор эффективен для восстановления волосяного покрова у тех людей, ко-

торые начали лысеть недавно и у которых сохранились корни волос.

Эффект импульсной электростимуляции роста волос объясняется авторами метода поочередной поляризацией и деполяризацией клеток корневой части и волосяных луковиц. В результате открываются кальциевые каналы в клеточных мембранах, что стимулирует образование ДНК, а следовательно, синтез белка и последующий рост волос.

Прибор был испытан канадскими дерматологами из Университета Британской Колумбии. 50 лысеющих мужчин раз в неделю на 12 мин. садились под колпак прибора, причем они не испытывали никаких ощущений от воздействия электрического поля. 20 человек из 50 составляли контрольную группу. Ни врачи, ни пациенты до окончания испытаний не знали, кто в какой группе. Контроль за ростом волос у пациентов осуществляли подсчетом волос до начала лечения и затем через 12, 24 и 36 недель. В результате лечения у 29 из 30 лечившихся пациентов волосы перестали выпадать, а к концу 36-й недели у них в среднем выросло на 2/3 больше волос, чем было в начале лечения.

New Scientist. 1990. V. 127. N 1735. P. 36. (Великобритания).

Биология. Организация науки

Изучается... смерть

В городке Пемброк-Пайнс (штат Флорида, США) открыт Международный институт исследования смерти, цели которого — всестороннее изучение процесса, завершающего каждую человеческую жизнь, а также сбор и проверка сведений о «жизни после смерти» (переволтении, связях загробного мира с нашим и т. п.).

При институте создан «трибунал» из специалистов разных направлений в области естественных наук, медицины, юстиции, а также профессиональных танатологов (от греч. thanatos — смерть). На его за-

седания будут приглашать лиц, готовых сообщить о необычных явлениях в данной области. Свои протоколы и отчеты институт и его «трибунал» намерены предавать гласности. Директором института стал видный американский юрист и танатолог А. Бергер.

New Scientist. 1990. V. 127. N 1729. P. 96 (Великобритания).

Биология

Хочешь дольше жить — летай

Среди преимуществ, которые дает умение летать, немаловажно то, что в полете легче избежать смерти, например от когтей хищников. Кроме того, полет увеличивает скорость передвижения, снижает затраты энергии и позволяет расширить ассортимент пищи.

Проанализировав данные о смертности различных видов птиц, летучих мышей, земных млекопитающих, Д. Поумирой (D. Pomeroy) из Уганды пришел к выводу: чем больше времени животные одной и той же массы проводят в воздухе, тем дольше живут. Например, наименьшая смертность у стрижей — втрое ниже, чем у летающих животных той же массы. У других птиц смертность примерно вдвое ниже, чем у соответствующих наземных животных, но выше, чем у летучих мышей. Даже самые беззащитные среди птиц — пингины — имеют более низкую смертность, чем наземные животные с той же массой.

Biological Journal of the Linnaean Society. 1990. V. 40. P. 53; New Scientist. 1990. V. 127. N. 1734. P. 31 (Великобритания).

Зоология

Гигантские ящерицы — легенды и реальность

Во многих районах земного шара распространены поверья о гигантских ящерицах, которые зоологи, настроенные

скептически, обычно считают фантазиями. Они распространены, в частности, на островах Тихого океана: еще Кук слышал о гигантских ящерицах от аборигенов Новой Зеландии — маори.

Как считают зоологи М. Рейнал и М. Детье (M. Reynal, M. Dathier), в одной из легенд маори речь идет о гребнистом крокодиле (*Crocodylus porosus*), попадающемся на о-вах Самоа, Новой Зеландии, Фиджи и Гилберта. Другая легендарная крупная ящерица (около 60 см) коричневого цвета с продольными темно-красными полосами, по рассказам местных жителей, раньше часто встречалась в лесах Северного острова Новой Зеландии, но в последнее время ее не видели. В 1986 г. по единственному экземпляру, хранящемуся в Музее естественной истории Марселя, описан новый вид геккона *Noplodactylus delcourtii*. Этот экземпляр, пойманный более 100 лет назад, соответствует рассказам маори. В конце прошлого века на Южном острове Новой Зеландии найдена кость, которая, возможно, принадлежит тому же геккону. Кстати, он наиболее крупный представитель семейства.

Очевидно, реальным прототипом легенды маори и был этот геккон. Зоологи считают также, что таинственная птица «коао» с Маркизских о-вов — это не так давно вымерший *Porphyrus raerae*, чьи остатки найдены на стоянке, относящейся к X в.

Bulletin mensuel de Societe Linnéenne de Lyon. 1990. V. 59. N 3. P. 85—91 (Франция).

Зоология

Почему у земноводных возникают дополнительные конечности?

У некоторых видов земноводных встречаются в природе особи, имеющие не 4, как обычно, а 5 или более конечностей. Хотя это явление нельзя назвать распространенным, в отдельных популяциях число та-

ких особей довольно велико. С чем это связано?

Зоологи С. Сешнз и С. Рут (S. K. Sessions, S. B. Ruth; Калифорнийский университет, г. Ирвин) изучали две популяции квакши (*Hyla regilla*) и саламандры (*Ambystoma macrodactylum*) на севере штата Калифорния. В этих популяциях особи с аномалиями конечностей встречаются регулярно. У квакш число задних конечностей колеблется от 1 до 12, а в среднем для популяции равно 3. У саламандры экземпляры с дополнительными конечностями встречаются реже, их число меньше, но зато аномалия затрагивает не только задние, но иногда и передние конечности.

Исследователи предполагают, что возникновение аномалии связано с паразитическими трематодами (*Manodistomum syntomentera*, семейство *Plagiogochiidae*). Эти паразитические черви на стадии церкарии (личинки) нападают на личинок земноводных, которые служат им промежуточными хозяевами. Церкарии проникают через кожу и превращаются в цисты, располагающиеся в области задних конечностей. По мнению авторов, ткани развивающихся конечностей реагируют на механические раздражения в тех местах, где находятся цисты. Это предположение подтверждают опыты авторов на шпорцевых лягушках (*Xenopus laevis*) и аксолотлях (*Ambystoma mexicanum*), личинкам которых они имплантировали кусочки смолы в область задних конечностей. В результате также развивались дополнительные конечности. Однако влияние трематод на изменение числа конечностей у земноводных еще далеко от окончательного понимания.

Journal of Experimental Zoology. 1990. V. 254. P. 38—47 (США).

Зоология

«Живое оружие» муравья

В тропических лесах часто можно встретить целые процессии муравьев-листоре-

зов. Они тащат в свое гнездо аккуратно «отстриженные» листья, на которых затем разведут грибы, идущие им в пищу. На этих листьях нередко «восседают» значительно меньшие по размеру муравьи (минимы, или «малютки»), которые, как считалось, набирают в себя сок, выделяющийся при срезании листа, и, служа живой «бочкой», доставляют его в общий муравейник.

Подобное мнение опровергают мирмекологи Д. Финер и К. Мосс (D. Føener, K. Moss; Институт тропических исследований в Панаме). На основе тщательных наблюдений они установили, что тяжело нагруженный листорез в пути часто подвергается нападению мухи-паразита (*Aroscephalus affophilus*), которая старается отложить свои яйца прямо на голове муравья. Ее жертвой как раз и становятся муравьи-«малютки», ибо, откладывая яйца, муха обязательно опирается на листок. Когда на листе сидит миним, муха редко опускается рядом, а если все же решится это сделать — тут же взлетает, обычно так и не успев «посеять» потомство.

Поместив несколько мух-паразитов на тропях, ведущих к пяти муравейникам, исследователи обнаружили, что сразу резко возросло количество «малюток» на переносимых листьях и за 20 мин. достигло максимума. Как «малютки» отпугивают агрессора, пока неясно.

Behavioural Ecology and Sociobiology. 1990. V. 126. P. 17; *New Scientist*. 1990. V. 125. N. 1709. P. 27 (Великобритания).



Охрана природы

СО₂ в атмосфере — настоящее и будущее

По данным американской природоохранной организации «Climate Action Network» и Ок-Риджской национальной лаборатории (штат Теннесси, США) составлена статистическая таблица, отражающая вклад стран в загрязнение атмосферы Земли

Страна	Вклад в загрязнение (в % к мировому)	Перспективы
США	22	не склонны к принятию мер
СССР	18,4	не склонны к принятию мер в настоящее время
Германия	3,2	стабилизация к 2005 г. на уровне 1987 г.
Япония	4,4	стабилизация к 2000 г. на уровне 1990 г.
Великобритания	2,8	стабилизация к 2005 г. на уровне 1990 г.
Канада	2	стабилизация к 2000 г. на уровне 1990 г. в качестве первого шага
Франция	1,9	сокращение к 2005 г. на 20 %, к 2030 г. — на 50 % (по сравнению с уровнем 1990 г.)
Италия	1,8	стабилизация к 2000 г. на уровне 1990 г.
Австралия	1,6	сокращение к 2005 г. на 20 %
Нидерланды	0,65	стабилизация к 1995 г. на уровне 1990 г., к 2005 г. — сокращение на 3—5 %
Бельгия	0,5	стабилизация к 2000 г. на уровне 1988 г.
Дания	0,3	призыв ко всем странам о 20 %-ном сокращении без указания срока
Финляндия	0,26	стабилизация к 2000 г. на уровне 1990 г.
Швеция	0,22	стабилизация к 2000 г. на уровне 1988 г.
Норвегия	0,22	стабилизация к 2000 г. на уровне 1990 г.
Швейцария	0,2	стабилизация к 2000 г. на уровне 1990 г.
Ирландия	0,14	стабилизация к 2000 г. на уровне 1990 г.
Новая Зеландия	0,1	сокращение к 2000 г. на 20 %

диоксидом углерода, а также возможные их шаги по стабилизации или улучшению положения.

New Scientist. 1990. V. 128. N 1740. P. 21 (Великобритания).



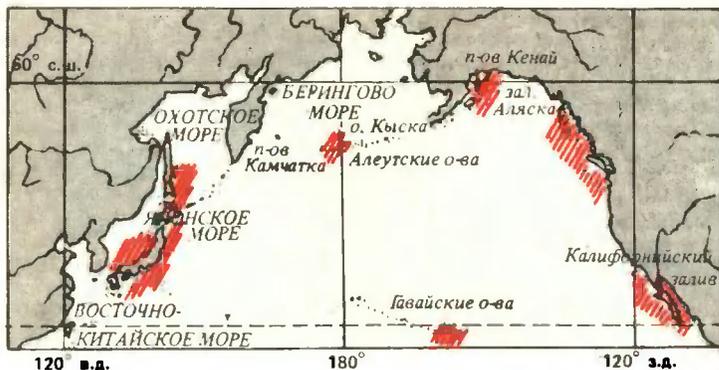
Охрана природы

Калифорнийский морской лев требует защиты

Т. Луглин (T. Loughlin; Национальная лаборатория морских млекопитающих в Сизтле, штат Вашингтон, США) проанализировал динамику численности калифорнийского, или се-

верного, морского льва (*Zalophus californianus*) за последние 30 лет в центральной части его ареала (от п-ова Кенай на Аляске до о. Кыска, Алеутские о-ва): в 60-х годах насчитывалось 140 тыс. этих животных, в 70-х — 110 тыс., в 1985 г. — 68 тыс., а в 1989 г. — 25 тыс. (Изменений численности в других частях ареала не отмечено.)

Наиболее вероятными причинами этого сокращения автор считает повышение температуры вод, отразившееся на структуре кормовой базы; какие-то пока не установленные болезни; интенсивный промысел рыбы и кальмаров. Самой веской представляется последняя причина, поскольку именно рыбы и головоногие моллюски



Ареал калифорнийского морского льва (защитников).

составляют основу рациона морских львов. Кроме того, сами львы часто гибнут в рыболовных сетях, получают травмы от столкновений с промысловыми судами (даже их присутствие действует на животных отрицательно).

Учитывая ситуацию в центральной части ареала, Служба США по охране диких животных внесла калифорнийского морского льва в список видов, нуждающихся в специальных мерах защиты.

Wildlife conservation. 1990. V. 93. N 5. P. 27 (США).

 Охрана природы

Акул выводят в океанариуме

В 1989 г. в океанариуме г. Орlando (штат Флорида, США) были выведены 15 эполетных кошачьих акул. Похоже, это первый случай выведения акул в неволе.

Эполетные кошачьи акулы из рода индо-австралийских кошачьих акул (*Hemiscyllium halmstromi*) обитают в южной части Тихого океана и наиболее часто встречаются в водах Большого Барьерного рифа вдоль восточного побережья Австралии. «Родственники» 18-метровой китовой акулы — самой крупной рыбы Мирового океана, эполетные акулы не превышают в длину 1 м и для человека не опасны.

Большую часть времени они плавают среди коралловых рифов, выскивая моллюсков и ракообразных. Грудные плавники у эполетных акул настолько изменились, что с их помощью они буквально «ходят» по дну.

Wildlife conservation. 1990. V. 93. N 3. P. 19 (США).

 Охрана природы

Сохранится ли малый синий ара?

На грани исчезновения находится один из редчайших и красивейших попугаев — малый синий ара. На подпольном рынке одна такая птица с ярким оперением стоит не менее 30 тыс. фунт. ст. По мнению специалистов, в обычных местах обитания — приречных тропических зарослях в бразильском штате Бая — птицу уже не встретишь. Лишь в неволе, главным образом у частных владельцев, насчитывается 40—50 особей. Несколько птиц содержится в зоопарке Сан-Паулу (Бразилия), но там для них неподходящий климат.

Однако в августе 1990 г. группа орнитологов из Великобритании и Бразилии, проводившая экспедиционные работы в штате Бая, обнаружила одного малого синего ара, стремившегося создать семью с близким «родственником» (пол обеих особей остался неизвестным). Попытка оказалась безуспешной, хотя птица тщательно обследовала дупла и места, под-

ходящие для гнездования, и проявляла другие особенности поведения, характерные для подготовки к спариванию.

Международный совет охраны птиц призывает принять срочные меры по спасению этого вида, в частности, обеспечить охрану мест обитания птицы, которую браконьеры уже пытались отловить. Орнитологи просят владельцев этих птиц предоставить их на время, как только пол находящейся на воле птицы будет определен. Хотя удачное спаривание птиц, одна из которых долго содержалась в неволе, маловероятно. Для обоих же «невольников» известен лишь один такой случай, произошедший на Филиппинах.

Специалисты предполагают создать центр по выведению малого синего ара в одном из северных районов Бразилии, если получат в свое распоряжение птиц из зоопарков Сан-Паулу и от отдельных коллекционеров. Пока же будущее этого вида вызывает тревогу.

New Scientist. 1990. V. 127. N 1730. P. 18 (Великобритания).

 Охрана природы

Восточная медицина и черные медведи

По данным Службы рыболовства и живой природы США, браконьеры сотнями истребляют черных медведей ради их желчного пузыря — ценного ингредиента в приготовлении лекарств восточной медицины. За один желчный пузырь браконьер может получить от 30 до 100 долл. (в зависимости от размера и состояния органа). В магазинах Калифорнии сушеный желчный пузырь продается по 500 долл. за унцию (28,35 г), а в Японии цена доходит до 800 долл.

Сильнее всего браконьерская охота на черных медведей распространена на Северо-Западе США.

International Wildlife. 1990. March — April. P. 32 (США).

Охрана природы

Защитники лягушек — против автодорог

То, как заботятся в Германии о земноводных и пресмыкающихся, может вызывать восхищение: люди разных возрастов и специальностей перенесут через автодороги лягушек, жаб, ящериц и с чисто немецкой пунктуальностью учитывают всех перенесенных животных, определяют наиболее эффективные (и дешевые) способы сохранения популяций в условиях смертоносного потока автомобилей. Опыт этой работы документируется, публикуется в специальных и популярных журналах, широко обсуждается учеными и энтузиастами охраны природы¹. Очень интересные инженерные идеи о разделении потоков транспорта и мигрирующих животных.

Но достигнутое, оказывается, не предел. Для увеличения эффективности способов охраны земноводных и пресмыкающихся в Германии начали... закрывать автодороги, наносящие особый ущерб земноводным! Руководитель Координационного бюро по защите земноводных и пресмыкающихся в Дортмунде Д. Мюнх (D. Münch) сообщил о разработке концепции перекрытия наиболее опасных для животных дорог. В первую очередь перекрываются магистрали, рассекающие природные массивы. Выявляются автодороги, наносящие наибольший урон фауне. В зависимости от конкретных условий предусматриваются различные меры: полное перекрытие (и разбор) дорог, перекрытие в ночные часы круглогодично или весной и осенью. Это объясняется сумеречным и ночным характером активности земноводных, а также собственными большинству из них сезонными миграциями: весной — к месту размножения и обратно следуют взрослые особи, осенью молодь направляется к местам зимовки.

В Дортмунде уже полностью перекрыты четыре автодороги и столько же временно. Подготовлены предложения по перекрытию еще 29 дорог. Но и автомобилистам, по-видимому, пока не о чем беспокоиться: в городе на площади 280 км² — около 1700 км автодорог, и частичное их закрытие серьезно не нарушает транспортное движение.

LOLF-Mitteilungen. 1990. N 2. S. 30—34 (Германия).

Геофизика

Как найти воду в пустыне!

Обычно воду в засушливой местности ищут, измеряя сопротивление. Сила тока между двумя электродами в почве зависит от ее электропроводности, а она — от содержания там воды и ее солёности (вода, с большим количеством солей — отличный проводник, солоноватая — похуже, а пресная — вообще диэлектрик). Однако на каждое такое измерение в одном пункте требуется 1—2 ч, так что на обследование сколь-нибудь значительной площади, например в пустыне, нужны десятилетия.

Новый дистанционный метод — многочастотная аэромагнитная съемка — разработан в Институте наук о Земле и природных ресурсах К.-П. Зенгпелем (К.-П. Sengpiel; Ганновер, Германия) с сотрудниками. В нем используется электромагнитная индукция: под действием электромагнитного излучения определенной частоты в почве индуцируется ток, который, в свою очередь, является

источником слабого электромагнитного излучения. По его характеристикам и определяют, есть ли в почве вода и насколько она засолена.

Установка состоит из трех передатчиков и трех приемников, смонтированных в сигарообразной капсуле длиной 10 м, которая буксируется вертолетом со скоростью около 140 км/ч в 10—40 м над землей. Передатчики работают на частотах 386, 35 381 и 328 939 Гц, и на всех трижды в секунду ведутся измерения. При движении вертолета получают профили на глубину до 100 м с разрывом от 400 до 800 м. По этим профилям ЭВМ строит трехмерный разрез, показывающий расположение водоносного слоя.

Весьма успешным оказался первый опыт применения нового метода в пустыне Тар на северо-востоке Пакистана: на глубине 30—70 м обнаружено подземное «море» пресной воды объемом около 10 км³ (этого хватило бы городу с населением 1,5 млн. на 115 лет). Водоносный слой простирается на 98 км при средней ширине 15 км.

Построенные на ЭВМ карты позволяют определить наиболее перспективные точки для бурения скважин; в 20 пунктах уже получена пресная вода вы-

Вертикальный разрез участка пустыни Тар.

Качество воды:	Удельное сопротивление, Ом/м:
пресная	> 60
	18—80
солоноватая	7—18
	2,5—7
соленая	< 2,5



¹ Об этом см. также: Семенио в Д. В. Земноводные и пресмыкающиеся в городе // Природа. 1989. № 4. С. 112.



Один из рабочих моментов. В сигарообразной капсуле — приборы для многочастотной аэромагнитной съемки.

сокого качества. Но все же применение новой техники требует дополнительных наземных измерений и пробного бурения для калибровки данных, полученных с воздуха: поскольку используются лишь три частоты, разрешение ниже, чем у геоэлектрического метода. Однако это компенсируется скоростью аэросъемки, позволяющей охватить большие площади пустыни.

New Scientist. 1990. V. 128. N 1738. P. 20 (Великобритания).

Геология

Крупные месторождения алмазов на Русской платформе!

Хорошо известно, что крупные месторождения алмазов приурочены к кимберлитовым трубкам взрыва. Подобные структуры, как правило, располагаются на древних платформах. Кимберлитовый магматизм часто генетически связан с континентальными рифтовыми зонами. Несмотря на наличие россыпных алмазов на Урале, Украине и в других районах древней Восточно-Европейской платформы, ее перспективы в отношении коренной алмазности оцениваются невысоко, ибо коренной источник алмазов до сих пор не обнаружен.

Оценить возможные проявления кимберлитового магматизма попытались В. Г. Чайкин и А. В. Тулузакова (ВНИИ геологии нерудных полезных ископаемых, Казань) по материалам

аэромагнитной съемки масштаба 1:200 000 северо-востока Европейской части СССР. В результате выделено свыше 30 участков с аномальными физическими полями, сравнительный анализ которых свидетельствует об их сходстве с физическими полями кимберлитовых тел известных провинций Якутии, Тимана и Восточного Беломорья. Эти аномалии по интенсивности намагничения подразделяются на три типа, каждый из которых характерен для определенных тектонических структур. По глубине залегания намечаются 4 уровня: 0,5; 0,4; 0,3 и 0,2 км; иначе говоря, предполагаемые кимберлитовые тела прорывают осадочный комплекс вплоть до верхнепермских отложений. Подобный характер залегания позволяет предположить существование кимберлитового магматизма в позднепермское — триасовое время.

Таким образом, можно говорить о новой кимберлитовой провинции, включающей восточное Беломорье, западное Притиманье, Тиман и Предуралье.

Доклады АН СССР. 1990. Т. 314. № 1. С. 223—228.

Океанология

Поток окиси азота из океана в атмосферу

Известно много источников поступления N_2O в атмосферу, как антропогенных (например, сжигание топлива), так и естественных, однако точный глобальный баланс этого газа не исследован.

Одним из потенциальных источников N_2O для атмосферы является Мировой океан, но конкретные значения потоков и их пространственное распределение до сих пор не известны. Этот вопрос изучали К. Лоу и Н. Оуэнс (С. S. Law, N. J. P. Owens; Плимутская морская лаборатория, Великобритания); они обнаружили повышенные концентрации N_2O в водах северо-западной части

Индийского океана, в районе, где наблюдаются подъем глубинных вод и высокое потребление кислорода в водной толще. Пересыщение N_2O отмечено как в богатых кислородом поверхностных водах (до 246%), так и в нижележащих слоях с недостатком кислорода (до 1264%). Оценка потока N_2O в атмосферу, авторы полагают, что апвеллинг в этой части Индийского океана (15—25° с. ш.) представляет собой один из наиболее значительных морских источников окиси азота (5—18% суммарного его поступления с площади, составляющей всего 0,43% Мирового океана).

Полученные данные указывают на существенную пространственную неоднородность океанского потока N_2O , что следует учитывать в расчетах глобального баланса и моделях.

Nature. 1990. V. 346. N 6287. P. 826—828 (Великобритания).

Сейсмология

Регулярны ли землетрясения в Паркфилде!

Сейсмологам известно, что подземные толчки магнитудой 5,5—6 по шкале Рихтера в районе г. Паркфилда, расположенного между Лос-Анджелесом и Сан-Франциско, вблизи от хорошо изученного разлома Сан-Андреас, происходили с определенной регулярностью: в 1857, 1881, 1901, 1922, 1934 и 1966 гг., т. е., за исключением 1934 г., с интервалом в 21—24 года. Опираясь на этот факт, Геологическая служба США разработала так называемый «Эксперимент паркфилдского прогноза» и установила в окрестностях городка беспрецедентно плотную сеть сейсмологических, гравиметрических и геодезических приборов в надежде детально проследить за подготовкой очередного землетрясения.

Однако предствлениям о регулярности землетрясений в Паркфилде противоречат результаты историко-архивных исследований, изложенные на конференции Американского сейсмологического общества (Сак-

раменто, 1990) сотрудниками Управления горных дел и геологии штата Калифорния во главе с Т. Топпосада (Т. R. Topozada). Просмотрев старые газеты, дневники и письма жителей Калифорнии, они установили, что в 1877 и 1908 гг. неподалеку от Паркфилда отмечались землетрясения с $M=5,5$, которые современным специалистам были неизвестны. Кроме того, можно считать, что за последние десятилетия сейсмическая активность здесь пошла на спад: если между 1870 и 1930 гг. отмечено 7 землетрясений с $M=5,5$ и выше, то между 1930 и 1990 — всего 2.

Таким образом, прогноз, основанный на регулярности землетрясений в этом районе, поставлен под сомнение.

Science News. 1990. V. 137. N 18. P. 278 (США).

Сейсмология

Электромагнитное излучение — предвестник землетрясений

Японские исследователи Ю. Фудзинава (Y. Fujiwava, Национальный институт земледелия и предотвращения стихийных бедствий, Сикуба) и К. Такахаши (K. Takahashi, Лаборатория средств связи, Токио) разработали систему электродов, позволяющую эффективно фильтровать городские и атмосферные электромагнитные шумы. С ее помощью в июле 1989 г. были зарегистрированы аномальные электромагнитные сигналы за несколько часов до сильного землетрясения вблизи города Ито (150 км от места установки электродов) и сходные сигналы — за сутки до подводного вулканического извержения (того же проявления сейсмичности вблизи Ито).

Хотя механизм возникновения таких сигналов пока неизвестен, их регулярная фиксация важна для предсказания землетрясений.

Nature. 1990. V. 347. N 6291. P. 376—378 (Великобритания).

География

Морской аэрозоль и климат

Значительные усилия специалистов посвящены изучению влияния облачности на климат, оценке возможного воздействия глобального потепления на изменение площади облачного покрова Земли и нарушения микрофизических характеристик облаков. Такие оценки, однако, затруднены из-за незнания многих механизмов обратных связей в этих процессах. Один из них, с отрицательной обратной связью, обнаружили Дж. Лазем и М. Смит (J. Latham, M. H. Smith; Институт науки и технологии Манчестерского университета, Великобритания).

Они установили, что увеличение скорости ветра над океаном (вероятный результат потепления атмосферы) усилит поступление в атмосферу аэрозольных частиц морской соли, которые действуют в облаках как ядра конденсации. Рост количества таких ядер может значительно увеличить плотность облаков над океаном, их отражательную способность и охлаждающий эффект.

Расчеты показывают, что повышение скорости ветра на 5—10 м/с увеличит альбедо настолько, что прогнозируемый уровень глобального потепления будет компенсирован.

Nature. 1990. V. 347. N 6291. P. 372—373 (Великобритания).

Палеогеография

Полигонально-жильные льды — палеогеографическая летопись Земли

Известно, что климатические изменения «записаны» в ледовом керне в виде процентного содержания изотопов ^{18}O ($\delta^{18}\text{O}$), поскольку в атмосферных осадках $\delta^{18}\text{O}$ зависит от температуры, при которой они выпадали. Однако территория, по-

крытая древними ледниковыми щитами, весьма ограничена.

Значительно расширяют возможности палеогеографических интерпретаций по изотопному составу льда новые исследования, проведенные в МГУ под руководством В. И. Соломатина. Как оказалось, метод применим и к широко распространенным в зонах холодного климата полигонально-жильным льдам (ПЖЛ). Эти льды формируются при морозобойном растрескивании мерзлых грунтов (в плане трещины образуют характерные многоугольники — полигоны). Со временем, по мере накопления осадков в пойменных условиях или при морских трансгрессиях, жилы растут, достигая большой мощности (10—15 м и более), при этом возраст жильного льда измеряется сотнями тысяч лет.

Начало этим исследованиям было положено М. А. Коняхиным, изучавшим ПЖЛ Колымской низменности¹. Как показали расчеты, изменение среднезимней температуры воздуха на 1 °C ведет к изменению $\delta^{18}\text{O}$ в ПЖЛ на 1,2 %. Важно, что отбор образцов из верхних частей погребенных жильных льдов не нарушает их возрастную привязку и первичность изотопных данных.

Анализ данных с использованием современной температурной зависимости свидетельствует, что в эпохи похолоданий среднезимние температуры воздуха на Северо-Востоке СССР понижались по сравнению с сегодняшними: на 2—5 °C — в тазовскую эпоху среднего плейстоцена (425—245 тыс. лет назад), 5—8 °C — в зырянскую эпоху (145—80 тыс. лет), 4—7 °C — в сартанскую эпоху (35—12 тыс. лет) и на 3—4 °C — в голоцене (начавшемся примерно 12 тыс. лет назад).

Минимальные значения январских палеотемператур относились ко времени накопления так называемых едомных толщ (средний и верхний плейстоцен) и достигали —50 °C. Изотопное отношение в совре-

¹ Коняхин М. А. Изотопно-кислородный состав полигонально-жильных льдов как показатель условий их формирования и генезиса. Автореф. канд. дис. М., 1988.

менных льдах, образующихся при замерзании воды в сезонно-мерзлом слое грунтов, близко к $\delta^{18}\text{O}$ голоценовых льдов, но значительно «теплее» едомных².

Многие характерные элементы профилей изотопных отношений для ледников Гренландии, Канады и Антарктиды, а также для раковин морских моллюсков в соответствующих разрезах осадков отмечаются и на профилях ПЖЛ, что отражает глобальные тенденции изменения палеоклимата и подтверждает целесообразность использования изотопных вариаций в ПЖЛ для палеоклиматических реконструкций.

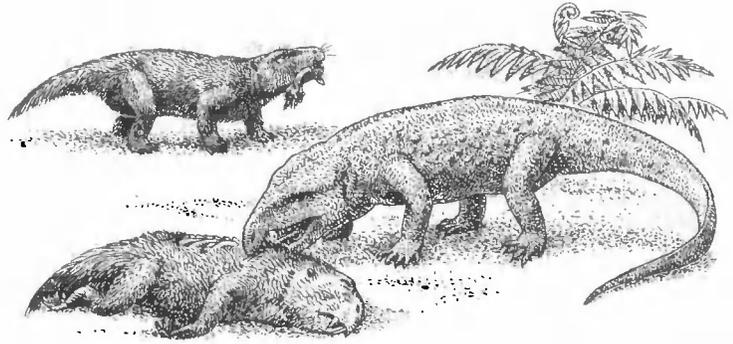
Г. Б. Ушаков
Москва

Палеонтология

Новый стратиграфический горизонт в Восточной Европе

В истории Земли один из наиболее важных рубежей — граница перми и триаса (около 230 млн. лет назад) и в целом палеозойской и мезозойской эр, отмеченная значительной сменой фауны и флоры. Среди наземных позвоночных вымирают многие зверообразные рептилии, господствовавшие в перми, появляются текодонты — первые архозавры, доминировавшие в мезозое.

Отечественные палеонтологи показали, что фауна некоторых позднепермских местонахождений Европейской России (Вязников, Пурлы и некоторых других), вероятно, моложе, чем все известные фауны позвоночных перми в Восточной Европе. Исчезают основные компоненты северодвинской фауны, распространенной в северодвинском и вятском горизонтах та-



Текодонт Archosaurus и теродонт Moschowhaitsia (на заднем плане) над трупом дицинодонта.

тарского яруса — хищные саблезубые зверообразные горгонопсы и растительноядные парейзавры. Другие же рептилии (теродонты) и амфибии (брахиопондные лабиринтодонты и хронизухи), наоборот, развиваются. Появляются хищные ганноидные рыбы — заурихтисы, характерные для триаса. Наиболее важным было появление первого текодонта — протерозухида Archosaurus. Таким образом, многие пермские таксоны в вязниковской фауне вымирают, но возникает ряд типично триасовых родов и семейств.

Реконструкция пищевых связей вязниковского водного и наземного сообществ тетрапод отчетливо демонстрирует их переходный характер. В водном сообществе на вершине пищевой пирамиды находятся антракозавры — хронизухи, в отличие от пермских и триасовых, где доминировали лабиринтодонты. На суше горгонопсы сменяют текодонты, и сообщество становится сходным по структуре с триасовыми. Очевидно, вязниковские сообщества существовали недолго и распались в конце перми¹.

По характеру отдельных компонентов и структуре сообществ вязниковская фауна позвоночных, несомненно, происходит из северодвинской. Вязниковская фауна является пере-

ходной, наиболее молодой фауной перми. С учетом этого, вероятно, следует выделить новый стратиграфический горизонт в верхах перми — вязниковский².

Столь ярко выраженный переходный этап в развитии фаун позвоночных в Восточной Европе может помочь в разработке моделей глобальных эволюционных событий на границе перми и триаса.

А. Г. Сенников
Москва

Археология. Химия

Химики спасают «Алмазную сутру»

В 1907 г., во время раскопок в ставшей затем знаменитой Пещере Тысячи Будд на северо-западе Китая, было обнаружено множество образцов древнего искусства и старинных рукописей. Наибольший интерес привлекла «Алмазная сутра» — сборник этических и ритуальных поучений, приписываемых Будде. Ценность этого 5-метрового свитка, испещренного цветными иллюстрациями и иероглифами, не только в его содержании, но и в том, что это — древнейшая в мире печатная книга. В «выходных данных» этого уникального издания содержится дата его появления: «В пятнадцатый день четвертой луны девятого года

² Архангелов А. А., Конякин М. А., Михалев Д. В., Соломатин В. И. Материалы междунар. симп. «Четвертичные события и стратиграфия Евразии и Тихоокеанского региона». Якутск, 1990.

¹ Подробнее об этом см.: Сенников А. Г. // Палеонтол. журн. 1988. № 4. С. 78—87.

² Шишкин М. А. // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1990. Т. 65. Вып. 2. С. 117.



Фрагмент «Алмазной сутры».

Снятуна с благоговением изготовил это Ван Чжи ради родительского благословения и для всеобщего распространения». По современному календарю это 868 год, значит, книга, на которой иллюстрации и иероглифы воспроизводились с цельных резных досок, родилась за шесть столетий до И. Гутенберга, избретшего печать с подвижных металлических литер.

Раскопками в Пещере Тысячи Будд руководил лорд О. Стайн, и значительная часть находок (около 14 тыс. «единиц хранения») попала в Британский музей. Когда время стало угрожать бесценным документам, реставраторы решили продлить их жизнь, наклеив тексты на бумажную подложку. Однако недавно обнаружилась: свертывание и развертывание свитка вызывает напряжение между подложкой и древней бумагой, и в ней возникают бесчисленные трещинки; повреждения не прекращались даже при неподвижном хранении старинного документа.

Сотрудники библиотеки Британского музея попытались было избавиться от подложки, но им, к сожалению, были неизвестны химические вещества, входившие в состав клея и красителей, которые применял более 1100 лет назад китайский первопечатник. Тогда обратились к химику К. Седдону (К. Seddon; Университет Суссекса, Англия), и он совместно с Ф. Джонсом (F. Jones) подобрал растворитель, который, устраняя клей, не

повреждал сам свиток. Им оказалась... вода. По счастью, экспериментаторы вовремя приостановили работы: судя по другим документам Пещеры Тысячи Будд, желтый цвет в «Алмазной сутре» достигался с помощью берберина, получаемого путем кипячения коры амурского пробкового дуба, но берберин легко растворяется в воде, и сутра чуть не погибла уже в наши дни. При дальнейших исследованиях выяснилось, что единственным подходящим средством является нитрат натрия, превращающий берберин в растворимое соединение того же цвета.

Вскоре реставраторы с величайшей осторожностью начнут по частям «купать» «Алмазную сутру» в растворе нитрата натрия и удалять с нее скопировавшийся себя клей. Процесс займет немало времени, после чего родоначальница печатных изданий займет подобающее ей место в Королевской библиотеке при Британском музее.

New Scientist. 1990. V. 127. N 1729. P. 22 (Великобритания).

Антропология

Древнейший пра-человек — из Греции!

Самым древним предком человека до недавних пор считался австралопитек афарский, живший в Африке около 3,5 млн. лет назад. Однако в начале 80-х годов появились свидетельства, что его возможным предшественником был уранопитек (Oura-

porithesus), населяющий северное Средиземноморье.

Об этом свидетельствовали остатки зубов и челюсти, описанные в 1981 г. палеонтологами Л. де Бони (L. de Bonis, Франция) и Д. Иохансеном (D. Johansen; Институт происхождения человека, Беркли, штат Калифорния, США). Остатки были обнаружены около 20 лет назад при раскопках в Долине Дождей, в 40 км к северо-западу от Салоник (Греция). Исследователи отмечали сходство уранопитека и австралопитека, в том числе мощный слой зубной эмали и строение малых и больших коренных зубов, но признавали, что эти характеристики довольно примитивны и недостаточны для связи двух видов типа «предок — потомок».

В 1989 г. Бони и Г. Куфос (G. Koufos, Салоникский университет) в той же Долине Дождей обнаружили неплохо сохранившиеся остатки лицевых костей и верхней челюсти другого уранопитека. Они относятся к позднему миоцену (10 млн. лет назад). По мнению исследователей, этот гоминид, возможно, был предшественником австралопитека.

В то же время палеонтолог Д. Пилбим (D. Pilbeam; Гарвардский университет, Кембридж, штат Массачусетс, США) связывает уранопитека с современной гориллой. Он не обязательно является ее предком, но, возможно, принадлежал к общей с ними группе. В пользу такого мнения говорят широко расставленные глазницы, выступающие надбровные дуги и некоторые черты нижней части лица и неба. Кроме того, в отличие от гоминид это существо обладало крупными клыками.

Так что сомнения остаются. То, что находки сделаны в Греции, не отвергает «африканскую» гипотезу происхождения человека — ведь, согласно геологическим данным, миллионы лет назад Африка и Евразия составляли единое целое, и многие виды животных свободно перемещались по этому массиву суши. Необходимы дальнейшие исследования.

New Scientist. 1990. V. 125. N 1701. P. 35 (Великобритания).

26 ноября 1990 г. с космодрома на м. Канаверал ракетой-носителем «Дельта-2» запущен военный спутник, 10-й по счету в глобальной навигационной системе «Навстар», которая должна обеспечить американским войскам возможность определять свои координаты в любой точке земного шара с точностью до 17 м. Для этого потребуется 21 спутник (стоимость каждого 65 млн. долл.). Предполагается решить эту задачу к концу 1992 г., на что будет затрачено 8,5 млрд. долл. Спутники «Навстар» уже помогают войскам США и союзников в районе Персидского залива определять свое местонахождение в Аравийской пустыне. Спутники оборудованы также детекторами, способными регистрировать ядерные взрывы.

ТАСС

Эксперты Лаборатории реактивного движения НАСА (Пасадина, штат Калифорния), проанализировав различные программы исследований Плутона с помощью космических аппаратов, признали, что полет автомата к планете должен иметь один из самых высоких приоритетов. Откладывать разработку программы нецелесообразно: чтобы направить к Плутону космический аппарат, его надо разогнать, используя гравитационное поле Юпитера, а это возможно, только если аппарат запустить между 2001 и 2003 гг. Продолжительность полета составит 14 лет, расходы на подготовку, по предварительным оценкам, — от 150 до 500 млн. долл.

ТАСС

Группа американских ученых и инженеров, объединившихся в общественную организацию «Лунар эксплорейшн» (Хьюстон, штат Техас), объявила о планах создания небольшого космического аппарата для картографирования поверхности Луны. Предполагается запустить его советской ракетой-носителем

в 1992 г. На проект, получивший название «Лунар проспектор», не будут выделены средства из федерального бюджета США; необходимые 11,7 млн. долл. (без учета стоимости запуска) рассчитывают собрать за счет пожертвований и компаний-спонсоров, реклама продукции которых будет размещена на корпусе аппарата.

ТАСС

20 мая 1990 г. американский астроном Д. Леви (D. Levy) обнаружил новую комету, самую яркую из наблюдавшихся в Северном полушарии за последние 7 лет. Становясь все ярче, комета 25 августа прошла через точку наибольшего сближения с Землей (24 млн. км). С середины августа ее можно было наблюдать невооруженным глазом, а в бинокль был виден ее разреженный хвост. Она прошла чуть ниже яркой звезды Альтаир в созвездии Летнего Треугольника.

New Scientist. 1990. V. 127. N 1731. P. 15 (Великобритания).

Новозеландские полярники на станции Скотт зарегистрировали в середине сентября 1990 г. падение концентрации озона в стратосфере над Антарктикой на 5—10 % по сравнению с нормой. Как установлено в последнее десятилетие, явление обладает сезонностью и возобновляется каждую южнополярную весну. Однако весной 1990/91 гг. оно должно быть сравнительно слабо выражено, так как в предыдущий год было заметным, а его интенсивность, видимо, меняется с двухлетней цикличностью.

New Scientist. 1990. V. 127. N 1734. P. 27 (Великобритания).

Физиолог Дж. Филлипс (J. Phillips; зоопарк Сан-Диего, штат Калифорния, США) обнару-

жил, что вскоре после рождения самцы зеленых игуан (*Iguana iguana*) делятся на активных, которые захватывают более теплые и светлые места под солнцем и растут быстрее, и пассивных, угнетаемых собратьями, лишенных тепла и растущих медленнее. Через 70 дней после рождения активные самцы весят в 3 раза больше и достигают половой зрелости на 8 мес. раньше.

International Wildlife. 1990. March — April. P. 32 (США).

В результате беспорядочного хищнического истребления акул в водах, омывающих Галапагосские о-ва, в последнее время уничтожено свыше 40 тыс. животных. Гурмане используют плавники акул для приготовления различных экзотических блюд, вроде известного супа. Причем японские и корейские рыбаки в качестве приманки для акул используют мясо морских львов, являющихся охраняемым видом Национального парка Эквадора «Галапагосские острова».

Фонд им. Ч. Дарвина и эквадорский фонд «Природа» призывают прекратить это истребление.

Marine Pollution Bulletin. 1990. V. 21. N 3. P. 108 (США — Великобритания).

Во время раскопок на северо-западе штата Вайоминг исследователи из Мичиганского университета (Анн-Арбор, США) обнаружили остатки неизвестного предка современной лошади. Палеонтолог Г. Ганнел (G. Gunnell) считает, что животные населяли Северную Америку около 50 млн. лет назад, в эпоху эоцена. Вероятно, как вид они сложились на других континентах и мигрировали по сухопутному «мосту», соединявшему тогда Америку с Европой и Азией. Несомненно, что это древнейшая лошадь Нового Света.

Science News. 1990. V. 137. N 15. P. 238 (США).

Четырнадцать лет в жизни Л. В. Шубникова

В. Я. Френкель,

доктор физико-математических наук
Ленинград

Лев Васильевич Шубников (1901 — ?) принадлежит к числу классиков советской науки. Он автор замечательных работ по физике кристаллов, гальваномагнитным явлениям, сверхпроводимости, магнетизму, ядерной физике, криогенной технике. Став в 1930 г. одним из первых сотрудников Физико-технического института в Харькове, он создал и возглавил там сильную школу физики, организовал первую в стране криогенную лабораторию.

Эффект Шубникова — де Гааза, оптический метод наблюдения напряженного состояния кристаллов Обреимова — Шубникова, метод выращивания монокристаллов Таммана — Обреимова — Шубникова — с этими эффектами и методиками имя Льва Васильевича неразрывно скреплено в энциклопедиях и физических словарях. Пионерские работы по диамагнитным свойствам сверхпроводников I рода, антиферромагнетизму; открытие сверхпроводников II рода, открытие и измерение ядерного парамагнетизма — трудно поверить, что все эти первоклассные исследования выполнены Шубниковым и его ближайшими сотрудниками (прежде всего — Б. Г. Лазаревым, Ю. Н. Рябининым и О. Н. Трапезниковой) всего за 14 лет научной деятельности, которые были ему отмерены судьбой. Можно представить себе, сколько сумел бы еще сделать Лев Васильевич, если бы не арест в 1937-м. В официальных документах, например в 3-м издании БСЭ, год смерти Шубникова обозначен как 1945-й. Но приговор «10 лет без права переписки» скорее всего означает, что он погиб в конце 1937 или в начале 1938 г.

Группа сотрудников харьковского Физико-технического института низких температур АН УССР под руководством акаде-



Л. В. Шубников. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ. ВОСПОМИНАНИЯ. / Отв. ред. Б. И. Веркин. Киев: Наукова думка, 1990. 348 с.

мика АН УССР Б. И. Веркина выпустила прекрасную книгу, посвященную Шубникову. Здесь следует отметить, что в нашей стране интерес к научным биографиям ученых, в частности физиков, традиционен и очень велик. С 1959 г. издается академическая «Научно-биографическая серия». С 1973 г. выходят книги недавно официально оформившейся серии «Ученые СССР. Очерки, воспоминания, материалы». Первая из них более демократична: выход биографической книги об ученом не регламентируется наличием у него академического звания, а определяется только значимостью его вклада в науку — увы, очень часто не совпадающего с формальным признанием. Вторая ограничена в этом плане — посвящена в основном действительным членам АН СССР, даже члены-корреспонденты в ней почти не представлены.

Шубников по «гамбургскому счету», я уверен, попадает

как минимум в первую пятерку советских физиков-экспериментаторов 20—30-х годов. Но в Академию наук СССР, как и в Украинскую Академию (именно на Украине прошли последние 7 лет его жизни), он избран не был. Таким образом, выход рецензируемой книги не только демонстрирует дань уважения к памяти ученого со стороны Академии наук УССР, в издательстве которой она напечатана, но и показывает, что упомянутого формального барьера здесь не существует.

Можно считать, что «Наукова думка», выпустив в 1990 г. книгу о Шубникове и аналогичную по структуре книгу об академике АН УССР А. И. Лейпунском, положила начало новому типу мемориальных изданий. На взгляд рецензента, они должны послужить — и по характеру, и по тщательности подготовки — образцом для еще одной серии. Условно ее можно было бы назвать так: «Ученые СССР. Избранные труды, воспоминания, материалы». Такая серия в значительной мере дополнила бы два указанных выше типа изданий, а также и третий, пользующийся заслуженным уважением и известностью — издания трудов членов всесоюзной и республиканских академий.

Книгу открывает большая научно-биографическая статья¹, которая служит прекрасным введением в основную часть — «Избранные работы», занимающую 4/7 объема. Из 61 печатной работы Льва Васильевича сюда вошли 40. Посвящены они той области физики твердого тела (шире — конденсированного состояния вещества) — и физики

¹ См. также: Веркин Б. И., Гревескул С. А., Пастур Л. А. и др. Лев Васильевич Шубников // Природа. 1989. № 1. С. 89—97.

ядра, которая была очерчена выше. Некоторые из них публикуются на русском языке впервые. К их числу относится цикл работ (за исключением одной статьи) по эффекту Шубникова—де Гааза, опубликованных в трудах Лейденской лаборатории (Голландия).

Заметим, что книга содержит и необходимый справочный материал: полную библиографию трудов Шубникова, именной указатель. Интересно распределение статей ученого по годам: 1924—1; 1927—1; 1930—8; 1934—8; 1935—10; 1936—22; 1937—5; 1938—5; 1939—1.

Сопоставляя эти данные с этапами, на которые можно разделить научную деятельность Льва Васильевича, мы видим, что лагуна 1925—1929 гг. была связана с «периодом первоначального накопления» будущих лейденских результатов (в научной командировке в Лейдене Шубников провел 1926—1930 гг., часто наезжая из Голландии в Германию), полученных в лаборатории им. Г. Камерлинг-Оннеса, возглавляющейся в то время В. И. де Гаазом. 1931—1933 годы—это аналогичный период подготовки к широкомащштабным исследованиям, выполненным уже в Харькове благодаря созданной Шубниковым технике ожижения газов (включая гелий) в криогенной лаборатории УФТИ, которой он руководил. С 1934 г., когда появились первые публикации, относящиеся к этому циклу (низкотемпературные жидкости, сверхпроводимость металлов и сплавов, ядерная физика), кривая публикаций начала расти, достигнув впечатляющего максимума в 1936 г.

Этот максимум был бы началом устойчивого плато, если бы не трагический 1937 г. В 1938—1939 гг. работы Шубникова печатались уже без его имени (разумеется, не по вине соавторов-учеников). Теперь возникла возможность вернуть его имя этим исследованиям. А то, что речь могла бы идти об устойчивом плато, подтверждается публикацией во вводной части книги «темника» Шубникова—списка намечавшихся им новых работ, многие из которых были реализованы

позднее в разных странах и оказались необычайно важными для развития физики.

Еще одно интересное заключение, которое можно сделать непосредственно из библиографии трудов Льва Васильевича. Это—статистика соавторства. Первые две работы (1924 и 1927 гг.) опубликованы им совместно с И. В. Обреимовым, которого он относил к числу своих учителей. Все в лейденских работ сделано совместно с де Гаазом. Заметим (и это подчеркивается в статьях о Шубникове), что в Лейденской лаборатории традиционно первой в списке авторов совместных работ всегда шла фамилия заведующего лабораторией. Так повелось еще со времен Камерлинг-Оннеса. Здесь традиция нарушена. Не прямое ли это указание на иницилирующую и ведущую роль, которую Шубников играл в соответствующих исследованиях?

В остальных работах Лев Васильевич лишь дважды выступал без соавторов (причем одна из работ носила обзорный характер, а другая была информацией о харьковской криогенной лаборатории). Это говорит о том, что Шубников не был ученым-одиночкой, что он, обладая могучей научной фантазией и будучи «генератором идей, работающим в непрерывном режиме», нуждался в сотрудниках—хотя, быть может, и не в такой степени, в какой нуждались в нем они. Это и сделало его главой харьковской криогенной школы. По численности она уступала ленинградским школам А. Ф. Иоффе и Д. С. Рождественского (из которых он сам вышел), но вполне соответствовала—как по числу прямых учеников, так и по фундаментальности результатов—школам С. И. Вавилова, И. В. Курчатова, Л. И. Мандельштама.

Книга завершается подборкой воспоминаний о Льве Васильевиче. Самые подробные принадлежат его вдове, профессору ЛГУ, физике Ольге Николаевне Трапезниковой. Они охватывают практически всю сознательную жизнь Шубникова. Верная спутница Льва Васильевича, соавтор 10 его работ (для других авторов воспоминаний эта цифра такова: Н. Е. Алек-

сеевский—3, А. К. Кикоин—3, Б. Г. Лазарев—5, Г. А. Милютин—3, И. Е. Нахутин—3, Н. С. Руденко—5), Ольга Николаевна рассказала о его детских и юношеских годах, работе в Ленинградском ФТИ, командировке в Голландию, жизни в Харькове. Пожалуй, никогда раньше в нашей литературе (даже в письмах П. С. Эренфеста к А. Ф. Иоффе) мы не имели возможности получить столь яркое представление о Лейдене, одном из центров европейской физики первой трети нашего века, о его обитателях.

Трапезникова вносит новые подробности в уже складывающуюся у нас картину жизни Харькова 30-х годов. Об этом периоде говорится и в других интереснейших, хотя и не столь подробных, воспоминаниях, включенных в рецензируемый сборник (а также в книгах упомянутой серии «Воспоминаний», посвященных Л. Д. Ландау и И. Я. Померанчуку). И можно только пожалеть, что составители не успели обратиться к коллегам, друзьям и ученикам Льва Васильевича, которые могли бы рассказать о нем так много—И. В. Обреимову, В. А. Фоку, П. Л. Капице, Ю. Н. Рябинину, С. С. Шальтгу и другим.

Однако и в представленном виде читатель получает живой, красочный портрет Шубникова. Книга содержит материал, который мог бы стать основой художественной биографии.

И в самом деле, жизнь Шубникова протекала на незабываемом фоне. Это предреволюционный и послереволюционный Петербург—Петроград. Это необычный, затянувшийся более чем на год «заграничный» эпизод, связанный с увлечением молодого Льва Васильевича парусным спортом (осенью 1921 г. он подрядился на большую яхту, не подозревая, что ее команда задумала побег за границу, и оказался в Финляндии и Германии). Затем снова Петроград, легендарные Физтех и Физмех середины 20-х годов, потом Голландия, Харьков...

Конечно, при внимательном чтении можно заметить в книге и незначительные изъяны. Так, я считал бы нужным в обзоре работ Льва Васильевича, где правильно говорится о

его вкладе в формирование представлений о решающем влиянии примесей на свойства кристаллов, отметить пионерскую работу этого направления, выполненную еще в 1916 г. А. Ф. Иоффе и М. В. Кирпичевой. Вообще было бы полезно сопроводить такого рода историческими комментариями каждую из статей Шубникова. Уместны

были бы и мини-биографии всех соавторов его работ.

В воспоминаниях покойного С. Э. Фриша мне кажутся сомнительными строки о Ф. Хоутермансе. Сергей Эдуардович полагает, что этот большой физик был подослан в Харьков фашистской разведкой. Между тем о Хоутермансе положительно отзывались и советские, и

западные коллеги (один из них, Э. Амальди, сейчас готовит книгу о нем).

В целом же физики (и, надо надеяться, не только советские — интерес к Шубникову велик среди физиков всего мира) получили великолепную книгу, подготовленную со знанием дела, а также с большой любовью и уважением к ее герою.

НОВЫЕ КНИГИ

Экология

И. В. Ларин, А. Ф. Иванов, П. П. Бегучев и др. ЛУГОВОДСТВО И ПАСТБИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО. Л.: Агропромиздат, 1990. 600 с. Ц. 1 р. 80 к.

Для широкого круга специалистов, имеющих отношение к сельскому хозяйству и возраст «за пятьдесят», встреча с этой книгой подобна встрече со старым знакомым. Академик ВАСХНИЛ И. В. Ларин (1889—1972) был выдающимся луговедом, геоботаником и агроэкологом, хотя тогда еще не в ходу было слово, которым обозначают науку об экологических принципах организации сельского хозяйства. Последнее приближенное издание учебника И. В. Ларина выходило в 1969 г., затем в 1975 г. ученики и соратники выпустили его в дополненном виде. После этого целых 15 лет публиковались книги по луговодству других авторов, в которых, увы, преобладали утилитарные подходы интенсификаторов с призывами поливать, орошать, удобрять, пахать, «пестициднить» и т. д. И вот наконец новое издание книги И. В. Ларина, содержание которой расширили крупные современные специалисты.

Книга содержит столь разнообразную и обширную информацию, что ее смело можно назвать энциклопедией луговодства. Авторы отмечают, что понятие «луговодство» более традиционно, чем содержа-

тельно, и рассматривают вопросы, связанные не только с лугами, но практически со всеми угодьями, где косят сено или пасут скот.

В книге гармонично сочетаются фундаментальные сведения по биологии, экологии и географии кормовых растений и их сообществ с достаточно утилитарными и конкретными рекомендациями по рациональному использованию и улучшению сенокосов и пастбищ. Читатель найдет в ней историю луговодства. Обращает на себя внимание и то, что В. Р. Вильямс — фигура, нередко предстающая в негативном контексте за приверженность к демагогическим восхвалениям колхозно-совхозного строя и т. п., справедливо назван в книге основателем советского луговодства.

Характерная для книги экологическая нацеленность выдерживается, к сожалению, не всегда. Без каких-либо оговорок авторы рекомендуют широкое применение гербицидов для борьбы с сорными растениями на сенокосах и пастбищах, причем распространяют эти рекомендации даже на тундры, экосистемы которых особо ранимы.

Однако в целом книга содержательна, много ценного найдут в ней не только (и даже не столько) студенты сельскохозяйственных вузов, которым она адресована, сколько специалисты — луговеды, геоботаники, почвоведы, мелиораторы, землеустроители.

Биохимия

В. С. Савенко. ХИМИЯ ВОДНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО МИКРОСЛОЯ. Л.: Гидрометеониздат, 1990. 184 с.

В настоящее время получены данные, свидетельствующие о том, что такие важные природные процессы, как энерго- и массообмен между океаном и атмосферой, формирование ядер конденсации, климата и экологической обстановки в биосфере, в значительной степени определяются строением, физическими свойствами и химическим составом поверхностного микрослоя (ПМС) природных водоемов, охватывающего самые верхние несколько сот микрометров водной толщи. В книге предпринята попытка проследить эти связи и обобщить данные по химии ПМС.

Наиболее полно представлен химический состав ПМС океанов, морей и континентальных водоемов: приведены сведения о компонентах основного солевого состава, газах, биогенных элементах, органических веществах, микроэлементах, радиоизотопах и микроорганизмах. Эта часть монографии может рассматриваться как справочник. Отдельная глава посвящена процессам, ответственным за формирование специфического химического состава ПМС. Много места отведено адсорбции, испарительно-диффузионному концентрированию нелетучих веществ, осаждению атмо-

сферного аэрозоля, флотации, микроорганизмам. На последних страницах рассматривается перенос химических элементов через границу раздела вода—воздух. Здесь представлены теоретические модели автора, описывающие процессы газообмена, фракционирования элементов при схлопывании воздушных пузырьков на поверхности водоемов, физического испарения сильных электролитов из водных растворов.

В книге отведено много места способам отбора проб ПМС и практическим рекомендациям, что очень важно ввиду отсутствия стандартной методики.

В. Я. Хентов,
доктор химических наук
Новочеркасск

ется в желудке копытного, о режиме для лошади и о сложных и строгих отношениях в табуле.

Описаны все линии ныне здравствующих лошадей, отловленных в Центральной Гоби, которые расселились по зоопаркам и национальным паркам разных континентов, и рассказано о той селекционной работе, которую проводят сегодня для сохранения первозданных качеств уникального вида животных, исчезающего под натиском «покорения» природы.

Написанная ярким языком, иллюстрированная цветными фотографиями и меткими этологическими рисунками, книга будет воспринята с благодарностью всеми, кто любит природу, животных, лошадей.

География

Зоология

В. В. Клямков. ЛОШАДЬ ПРЖЕВАЛСКОГО. М.: Агропромиздат. 1990. 254 с. Ц. 75 к.

«Эта книга о последних днях азиатских лошадей. Да, именно о них, вольных и свободных, как ветер, лошадях, живших до нас на равнинах Центральной Азии, а затем вытесненных и уничтоженных или отловленных и частично прирученных человеком. Некоторые из них попали в неволю и грустно глядят на нас из-за решеток зоопарков, другие затерялись в глубинах пустынь Гоби и исчезли как вода в песке навсегда».

Однако автор рассказывает не только о последних диких азиатских лошадях, которые были отловлены в пустыне Джунгарской Гоби на границе Монголии и Китая, но и о происхождении лошади (ее родственники не только зебры, но и носороги), об эволюции лошадей, которая шла в направлении ускорения их бега, спасающего от хищников, и повышения выносливости в многокилометровых миграциях к лучшим пастбищам.

Читатель узнает об истории отношений лошади и человека, об удивительных особенностях питания лошади и целом биоценозе бактерий, грибов и инфузорий, который формиру-

Г. А. Ушаков. ОСТРОВ МЕТЕЛЕЙ. ПО НЕХОЖЕНОЙ ЗЕМЛЕ. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 575 с. Ц 3 р.

К 90-летию со дня рождения замечательного полярного исследователя Георгия Алексеевича Ушакова (1901—1963) переизданы две его популярные книги, по своим художественным достоинствам и насыщенности познавательным материалом принадлежащие к лучшим образцам литературы о путешествиях и географических исследованиях. Особую ценность книгам придает их документальный характер.

На о. Врангеля — «остров метелей», приотвавшийся на крайнем северо-востоке нашей страны, Ушаков попал в 1926 г. во главе группы из 59 колонистов (в основном эскимосов), основавших здесь первое советское поселение. Опыта жизни и работы в условиях суровой Арктики, как и специального образования, 25-летний «губернатор» острова не имел. Но школу тяжелых походов он, сын казака-крестьянина из таежной деревни в Амурской области, приобрел еще юношей в отряде знаменитого исследователя Уссурийского края В. К. Арсеньева. Тяжелых испытаний на о. Врангеля на долю Ушакова выпало с лихвой — мороз и метели, голод и болезни, непростые взаимоотношения с эскимосами. Но у него

хватило сил и таланта, чтобы не только наладить жизнь фактории (которая за три года заготовки шкур песцов, медведей, моржовых и мамонтовых бивней полностью покрыла расходы на экспедицию), но и заниматься научными исследованиями — от географических и биологических до наблюдений за жизнью эскимосов. Недаром значительную часть «Острова метелей» занимают записи эскимосского фольклора.

Мировую известность Ушакову принесло исследование Северной Земли. Эту «неожезную землю» вместе с тремя товарищами — полярным геологом Н. Н. Урванцевым, зверооом-промысловиком С. П. Журавлевым и радистом В. В. Ходовым — он прошел на собачьих упряжках в 1930—1932 гг. План Североземельской экспедиции, начальником которой он был назначен, Ушаков разработал еще на о. Врангеля.

За два года пребывания на архипелаге экспедиция составила его первую полную карту, описала геологию и геоморфологию островов, выполнила множество маршрутных и стационарных наблюдений, собрала ценные коллекции. За эту работу Ушакову впоследствии было присвоено звание доктора географических наук без защиты диссертации. Экспедиция проходила в исключительно тяжелых условиях, когда не только научные исследования, но и простое передвижение по ледяной земле нередко было на грани человеческих возможностей. Тяжести походов не выдерживали собаки — падали замертво в упряжках, но люди выдерживали. Яркое литературное дарование Ушакова сделало его документальную книгу нетускнеющей летописью мужества и подлинного героизма.

Почвоведение

А. Н. Тюрюканов. О ЧЕМ ГОВОРЯТ И МОЛЧАТ ПОЧВЫ. М.: Агропромиздат, 1990. 224 с. Ц. 50 к.

Под «социально-экономическим наркозом» разрушается кожа нашей планеты — ее почва. Ставший геологической силой, человек неадекватно и строит свои отношения с почвой по формуле Д²ПР («давай-

давай, потом разберемся»). «Почве не достает ни сил, ни времени, чтобы восстановиться, да и человеку уже некуда бежать, нет для этого свободной земли». И в то же время в работах В. В. Докучаева, В. И. Вернадского, В. Н. Сукачевы развиты концепции, вполне достаточные для того, чтобы отношения почвы и человека гармонизировались и стали сотрудничеством.

Автор подробно характеризует суть биосферно-биогеоценотического подхода в сельском хозяйстве, рассказывает о хрупких сущностях почвообразовательного процесса, об его особенностях в разных климатических условиях и об основных почвах СССР. Он описывает состояние почв Русской равнины, где неуклюжее гидростроительство и некомпетентные мелиорации нарушили режим рек и вызвали процесс иссушения (аридизации) территории. В особенности страдают

от аномалий природопользования возвышенности — ополья и речные поймы.

Автор убежден, что мы не творим в природе, а «вытворяем». После короткого периода успехов рисосеяния в низовьях Кубани и Дагестане началась уже «гонка с выбыванием»: вконец испорченные засолением и эрозией почвы приходится многими тысячами гектаров черноземов выводить из состава пашни. Автор выносит суровый приговор применению убивающих почву пестицидов и азотных минеральных удобрений и предлагает уже сегодня спустить Рыбинское водохранилище, затопившее плодородные земли и дающее крайне низкую отдачу.

Однако читателя хочется предостеречь против экологического экстремизма, который проявляет автор, напрочь отрицая мелиорацию, химизацию, плужную обработку почвы.

И есть еще одно замеча-

ние. А. Н. Тюрюканов чрезмерно увлечен русскими и советскими приоритетами в почвоведении. Это оправдано, когда речь идет о вкладе В. В. Докучаева и В. И. Вернадского. В то же время экология (наука об экосистемах) возникла за рубежом до того, как В. Н. Сукачев сформулировал цели и задачи биогеоценологии, которые в целом совпадают с программой экологических исследований. Нельзя связывать «безотвалку» только с именем Т. С. Мальцева. Этот прием был предложен русским агрономом А. И. Овсинским и затем американским фермером Э. Фолкнером, автором книги «Безумие пахаря». Наконец, уровень агроэкологии сегодня достаточно высок, и потому вызывает сожаление отсутствие ссылок на основные разработки зарубежных коллег.

Б. М. Миркин,
доктор биологических наук
Уфа

Над номером работали:
Заместитель ответственного секретаря
О. В. ВОЛОШИНА

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
С. С. ПЕРЕПЕЛКИНА

Корректоры:
Р. С. ШАЙМАРДАНОВА,
Т. Д. МИРЛИС

В художественном оформлении номера принимали участие
Б. А. КУВШИНОВ
И. А. СТРОГАНОВ
Ю. В. ТИМОФЕЕВ
Н. А. ТРОФИМОВА

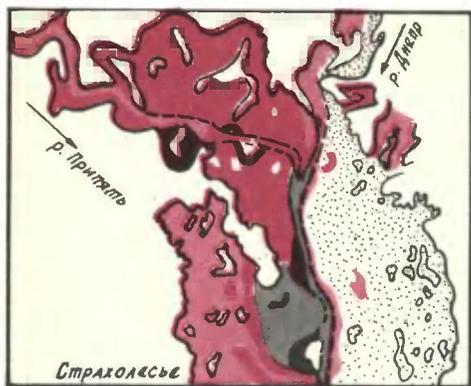
Ордена Трудового Красного
Знамени издательство «Наука»

Адрес редакции:

117810, Москва, ГСП-1,
Мароновский пер., 26
Тел. 238-24-56, 238-26-33

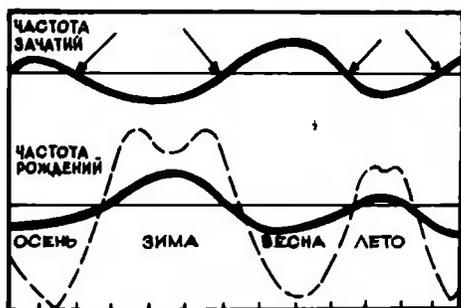
Сдано в набор 4.02.91.
Подписано в печать 19.03.91.
Формат 70×100 1/16
Бумага офсетная, № 1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 1188,6 тис.
Уч.-изд. л. 15,1
Тираж 44 400 экз.
Зак. 176
Цена 1 р. 20 к.

Ордена Трудового
Красного Знамени
Чеховский полиграфический
комбинат
Государственного комитета СССР
по печати
142300, г. Чехов
Московской области



Авария на Чернобыльской АЭС привела к загрязнению искусственными радионуклидами значительной территории Европейской части СССР площадью более 100 тыс. км². За пять лет, прошедших после аварии, изучено их распределение в почве, воде и воздухе, процессы миграции и накопления, построены модели переноса и осаждения. Цель этих работ, проводимых разными организациями, — моделирование поведения радионуклидов и рекомендации по использованию загрязненных территорий.

СЛЕДЫ ЧЕРНОБЫЛЯ В ПРИРОДНОЙ СРЕДЕ



Сегодня главная роль в уменьшении детской смертности отводится сокращению патологических зачатий, для чего необходимо научное планирование семьи.

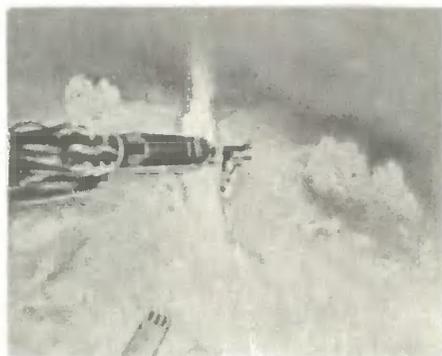
Никитин А. И. СОВРЕМЕННАЯ РЕПРОДУКТИВНАЯ СТРАТЕГИЯ

Разработана принципиально новая, не имеющая аналогов в мире полностью бесклеточная биотехнология, которая дает надежду на биотехнологическую революцию в недалеком будущем.

Спирин А. С., Четверин А. Б., Воронин Л. А., Баранов В. И., Алахов Ю. Б. БИОСИНТЕЗ БЕЛКА И ПЕРСПЕКТИВЫ БЕСКЛЕТОЧНОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

ПРИРОДА

5⁹¹



Хемосинтез, а не фотосинтез — энергетическая основа существования многих сообществ на дне Мирового океана. Это открытие сделано благодаря новому поколению глубоководных обитаемых аппаратов.

Сагалевич А. М., Москалев Л. И. ХЕМОБИОС НА ДНЕ ТИХОГО ОКЕАНА

Сейчас, как и в прошлом, нет ни одного экологически чистого производства, не предвидятся они и в будущем. Человечеству остается сократить свои потребности и жить заботой о сохранности биосферы.

Першенков С. А. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

21 мая 1991 г. Андрею Дмитриевичу Сахарову исполнилось бы 70 лет. Мы продолжаем публикацию материалов к биографии нашего великого современника. В подборку, в основном, вошли воспоминания о встречах с Андреем Дмитриевичем известных зарубежных физиков — Э. Теллера, К. Торна, С. Дрелла и других.

А. Д. САХАРОВ ГЛАЗАМИ ЗАРУБЕЖНЫХ КОЛЛЕГ

1 р. 20 к.
Индекс 70707

