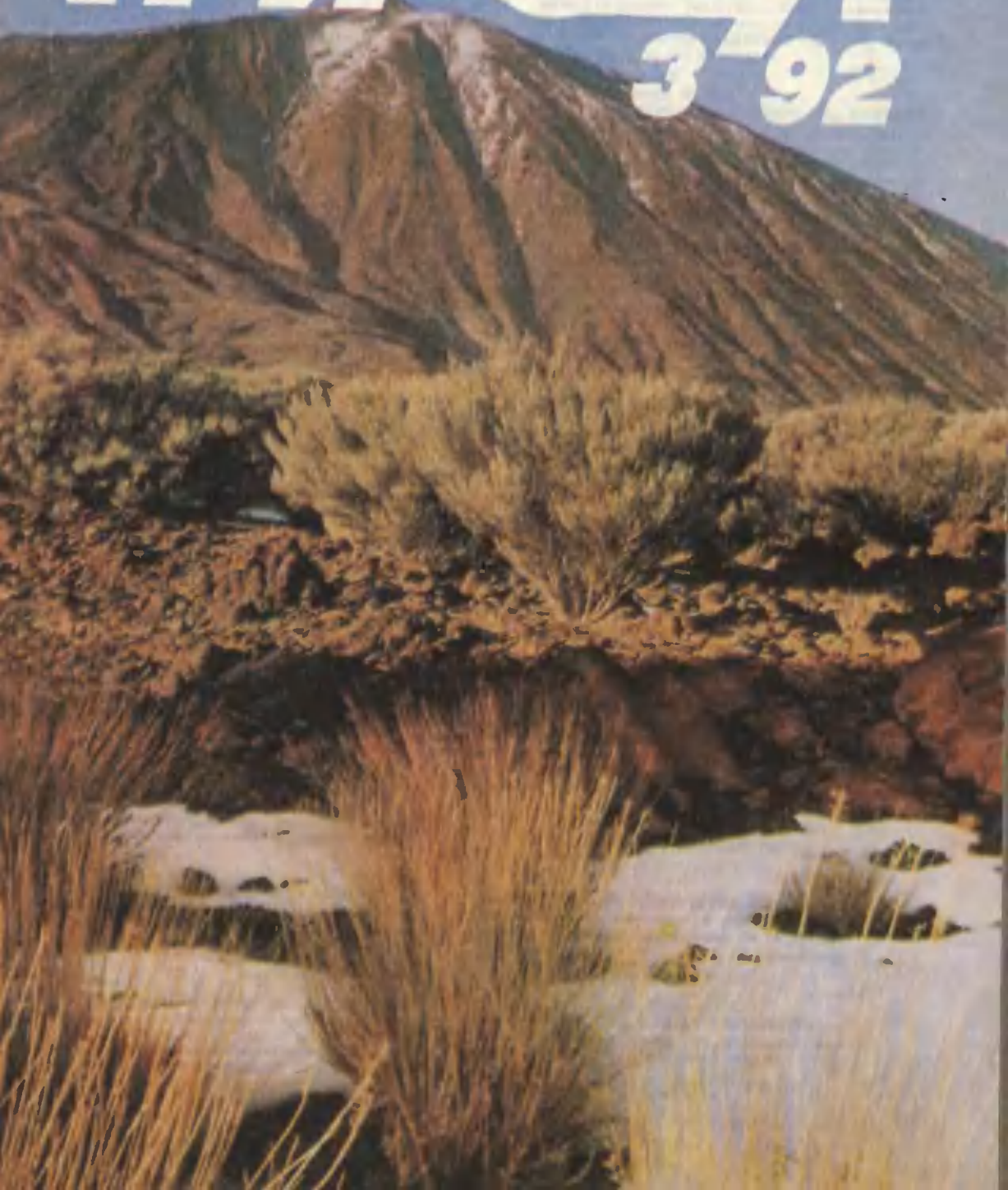


ISSN 0013-014X

ПРИРОДА

3 92



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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Вулкан Пико де Тейде, о. Тенерифе. См. в номере: Грачев А. Ф. Базальтовый вулканизм и геодинамика.

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Птенец уже оперился, но летать пока не может. См. в номере: Давыгора А. В. Степной орел. Фото автора

— 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» 1992

В НОМЕРЕ

3 МОЖНО ЛИ СОХРАНИТЬ НАШУ ФУНДАМЕНТАЛЬНУЮ НАУКУ?

Интервью с Л. В. Келдышем

Фундаментальная наука хотя бы в минимальном объеме должна быть сохранена. Из-за крайней скудности финансирования необходимо жестко ограничить число поддерживаемых коллективов и проектов, ориентируясь только на перво-классные, но их поддерживать на уровне, максимально близком к мировому.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

8 Бульдзев Г. А. ПРОБЛЕМЫ ГУМАНИЗАЦИИ В КОСМОНАВТИКЕ

Для сохранения уникального научно-технического потенциала, накопленного в нашей космонавтике, и содействия выходу страны из экономического кризиса необходимо развитие новых направлений гуманизации ракетно-космической промышленности, вносящей весомый вклад в НТП.

16 ЧУМА — ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

В чем причина постоянного присутствия в природе возбудителя чумы? Окончательного ответа на этот вопрос еще нет. Однако накопленные за много лет факты дают основание для постановки новой задачи — специального научного анализа и выработки принципиально новых подходов, способных объяснить целый ряд непонятных явлений.

Козлов М. П., Султанов Г. В. СОЦИАЛЬНО-ИСТОРИЧЕСКИЙ И БИОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ ЧУМЫ (16)

Дятлов А. И. ПРИРОДНАЯ ОЧАГОВЫСТЬ ЧУМЫ (24)

30 Красиков В. А. ВСЕМИРНАЯ СТРАТЕГИЯ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ НА 90-е ГОДЫ

33 Портнов А. М. ЗОЛОТО ЧЕРНЫХ СЛАНЦЕВ

Крупные месторождения золота, серебра, вольфрама и урана в Центральном Каракумах принято считать метаморфогенными. Однако аэрогеофизические исследования указывают на их связь с массивами верхнепалеозойских гранитов.

КРАСНАЯ КНИГА

41 Давыгора А. В. СТЕПНОЙ ОРЕЛ

ГИПОТЕЗА

49 Савельев С. В. ПАРАДОКС ФОРМЫ МОЗГА

По каким законам развивается мозг? Можно ли описать этот процесс в рамках молекулярной генетики, отвергая роль механических воздействий? Ответы на эти вопросы, возможно, мы приблизимся к решению одной из любопытнейших загадок организации мозга — парадоксу его формы.

54 Грачев А. Ф. БАЗАЛЬТОВЫЙ ВУЛКАНИЗМ И ГЕОДИНАМИКА

Сравнительный анализ разновозрастных базальтов показал, что в истории Земли имеются два этапа, различающиеся по своей геодинамике: если для второго характерны крупномасштабные движения литосферных плит, то в течение первого (завершившегося примерно 2 млрд. лет назад) тектоника плит «не работала».

68 Жариков О. В. ФУЛЛЕРЕНЫ — МАТЕРИАЛЫ XXI ВЕКА

Фуллерены — замкнутые углеродные кластеры — и фуллериты — их упорядоченная кристаллическая форма — открывают перед исследователями практически неограниченные возможности при моделировании новых соединений с необычными физическими и химическими свойствами.

74 Филалков Ю. Я. И ВСЕ ЖЕ — ВОДА

Из всех возможных растворителей только в воде могли самопроизвольно образовываться молекулы преджизни.

ДРЕВНИЕ ПЛЕМЕНА И НАРОДНОСТИ

78 Рубинин Е. А. ВОДЬ

История воды — одного из древних прибалтийско-финских племен — тесно переплетается с историей Новгородской земли. Основная часть воды вошла в состав древнерусской народности, внося определенный вклад в ее культуру.

РЕЗОНАНС

87 Аронов Р. А. ФИЛОСОФСКИЕ ОСНОВАНИЯ МАТЕМАТИКИ И СИНДРОМ ХЛОДВИГА

94 ИЗ РЕДАКЦИОННОЙ ПОЧТЫ

96 ВЕЛИКАЯ СИЛА ДУХА

(К 80-летию И. А. Рапопорта)

Обычно легенды о человеке возникают уже после его смерти. Но Иосиф Абрамович Рапопорт, автор одного из крупнейших генетических открытий — химического мутагенеза — стал легендарной личностью еще при жизни.

Рапопорт И. А. АКАДЕМИК Н. Н. СЕМЕНОВ И ГЕНЕТИКА (99)

Рапопорт И. А. ЯВЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО МУТАГЕНЕЗА И ЕГО ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ (авторский обзор) (103)

107 НОВОСТИ НАУКИ

120 КОРОТКО

121 РЕЦЕНЗИИ

123 НОВЫЕ КНИГИ

ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

125 Бронштэн В. А. КТО ИЗОБРЕЛ ЛУНОХОД?

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ (15, 32, 48)

CONTENTS

3 IS IT POSSIBLE TO PRESERVE OUR FUNDAMENTAL SCIENCE?

Interview with L. V. Keldysh

8 GLOBAL PROBLEMS

Buldyaev G. A.

HUMANIZATION OF SPACE STUDIES

To preserve our unique scientific and technological potential of space studies and to help the country draw itself out of the economical crisis we should develop new trends in humanizing space-related industries that were greatly contributing into scientific and technical progress in this country.

16 PLAGUE: PAST AND PRESENT

Why does the pathogene of plague constantly present in nature? We cannot answer this question, yet there are numerous facts that allow to formulate a new task — special scientific analysis and new approaches to the so far unexplained phenomena.

Kozlov M. P., Sultanov G. V. THE SOCIOHISTORICAL AND BIOLOGICAL ASPECT OF PLAGUE (16)

Dyatlov A. I. THE NATURAL NIDI OF PLAGUE (24)

30 Krasilov V. A. THE WORLD-WIDE NATURE PROTECTION IN THE 90s

33 Portnov A. M. THE GOLD OF BLACK SLATES

It is common opinion that the large deposits of gold, silver, tungsten and uranium in the central Kara Kum desert are metamorphogenic. However, the aerogeophysical studies point to their connection with the Upper Palaeozoic granites.

41 THE RED BOOK

Davigara A. V.
STEPPE EAGLE

49 HYPOTHESIS

Savallev S. V.

THE PARADOX OF THE BRAIN SHAPE

What are the laws that rule the development of brain? Can this process be described within the molecular genetics outside the mechanical influences? Answers to these questions will probably bring us closer to a solution of one of the most interesting mysteries of the brain — its shape.

54 Grachev A. F. BASALTIC VOLCANISM AND GEODYNAMICS

A comparative analysis of basalts of different ages has shown that there were two stages in the Earth's history that exhibited different geodynamics: the second of them was characterized by large-scale motions of lithospheric plates while during the first stage (that ended approximately 2 bln years ago) there were tectonic phenomena of this kind.

68 Zharikov O. V. FULLERENS—MATERIALS FOR THE XXI CENTURY

The fullerenes — closed carbon clusters and fullerenes — their ordered crystal forms offer wide possibilities of modelling new compounds with unusual physical and chemical properties.

74 Fialkov Yu. Ya. STILL, IT WAS WATER...

The molecules of protolife could have appeared on their own accord only in water.

78 ANCIENT TRIBES AND PEOPLE

Ryabinin E. A.

VOD

The history of vod, an ancient Baltic Finnish tribe, is intertwined with the history of Novgorod lands. The tribe mainly was incorporated into the early Russian ethnos and contributed to its culture.

RESONANCE

Aronov R. A.

87 PHILOSOPHICAL FOUNDATIONS OF MATHEMATICS AND THE CHLODWIG SYNDROME

94 LETTERS TO THE EDITOR

96 GREAT POWER OF SPIRIT

(The 80th birth anniversary of I. A. Rapoport)

Iosif Rapoport — the author of one of the greatest discoveries in genetics, the chemical mutagenesis, — became a legendary person not after his death, as usually happens, but while he was still alive.

Rapoport I. A. ACADEMICIAN N. N. SEMENOV AND GENETICS (99)

Rapoport I. A. CHEMICAL MUTAGENESIS AND ITS GENETIC STUDY (AUTHOR'S REVIEW) (103)

107 SCIENCE NEWS

120 NEWS IN BRIEF

121 BOOK REVIEWS

123 NEW BOOKS

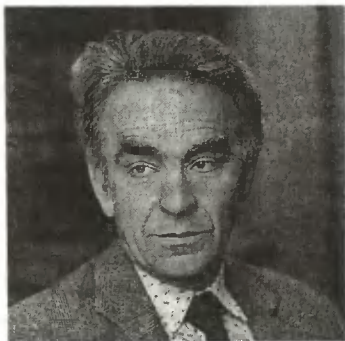
MEETING THE FORGOTTEN PAST

125 Bronshten V. A. WHO HAS INVENTED THE LUNAR VEHICLE?

ADVERTISEMENTS, ANNOUNCEMENTS
(15, 32, 48)

Можно ли сохранить нашу фундаментальную науку?

Интервью с Л. В. Келдышем



Леонид Вениаминович Келдыш, академик, академик-секретарь Отделения общей физики и астрономии РАН, директор Физического института им. П. Н. Лебедева РАН, заведующий кафедрой квантовой радиофизики Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Основные исследования относятся к квантовой статистической физике, физике твердого тела, физике полупроводников, взаимодействию излучения с веществом. Построил теорию туннельных явлений в полупроводниках, предложил использовать пространственно-периодические поля (сверхрешетки) для управления электронным спектром и свойствами кристаллов, развил теоретический аппарат для описания сильнонеравновесных состояний квантово-статистических систем, предсказал конденсацию экситонов с образованием электронно-дырочных капель. Лауреат Ленинской премии, премии им. М. В. Ломоносова и премии Европейского физического общества.

Леонид Вениаминович, ваше выступление на Конференции ученых научных учреждений Российской академии наук 10 декабря 1991 г., судя по тому, как оно было озаглавлено в программе, должно было касаться проблем развития естественных наук. Однако, выйдя на трибуну, вы неожиданно сообщили собравшимся об изменении темы доклада. Теперь она звучала так: «Российская наука на грядущем рынке». С чем это было связано?

— Суть моего выступления на конференции — непрофессиональная, а потому, возможно, спорная попытка понять, что ожидает нас в условиях надвигающегося рынка, если он, конечно, в какой-либо форме все же состоится. Тем более, что фундаментальная наука, как все мы прекрасно понимаем, не является рыночным товаром. Но, наверное, все мы, принимавшие участие в конференции, сходимся и в том, что фундаментальная наука — наше национальное богатство, она необходима для развития общества и потому должна быть сохранена, вопрос лишь в том, как и в каких формах.

Отличие моих предложений от высказанных в других выступлениях связано главным образом с тем, что я исхожу из гораздо более пессимистического прогноза о тех возможностях, которые у нас будут. И речь здесь о прогнозе не на ближайший 1992 г., относительно которого все мы в достаточной степени едины, а о существенно более длительном периоде. Вкратце прогноз этот сводится к следующему: наша система чисто исследовательских академических институтов, беспрецедентная по своим масштабам, сохраниться в целом уже не сможет ни под эгидой РАН, ни в виде ассоциации, ни как-то иначе. Она есть порождение командно-административной системы (быть может, лучшее из того, что эта система создала) и имперского мышления. В условиях рыночной экономики места для нее не найдется.

В качестве аргумента в пользу этого утверждения давайте обратимся к мировому опыту. Ни одна страна, включая богатейшие, тратящие на науку в десятки раз

больше нас, не позволяет себе иметь почти четверть миллиона граждан, единственная цель которых — проведение фундаментальных исследований. Хотя в целом число людей, вовлеченных там в научные исследования, не меньше, чем у нас (в процентном отношении), а кое-где и больше. Как будто специально по заказу для нас был поставлен демонстрационный эксперимент с Академией наук ГДР. Эта академия, созданная по образу и подобию нашей, и вовсе не такая уж плохая, достаточно внешне оказалась в рыночной ситуации. Сейчас самой академии уже нет, а от ее институтов остались рожки да ножки; большинство научных сотрудников ищет работу. И это в стране с процветающей рыночной экономикой и глубокими традициями уважения к фундаментальной науке, знаниям вообще! Видимо, дело не в том, что они недооценивают фундаментальную науку или еще не все поняли в оптимальных формах ее организации. Наоборот, причина именно в том, что они прекрасно знают, что рынок диктует и место науки в различных структурах общества и экономики, и цену за эффективную научную работу, включающую стоимость условий для полноценной работы, и необходимые пропорции между фундаментальной наукой и прикладной, между чисто исследовательской работой и подготовкой новых специалистов и т. п. В нашей предыдущей жизни все эти соображения никакой роли не играли, теперь же они, видимо, будут играть определяющую роль.

Мы много говорим о необходимости сохранить научный потенциал и признаем, что он стремительно разрушается. Уходят наиболее талантливые, активные. А те, кто остаются, практически лишены возможности работать. Сколько времени научный работник может быть выключен из активной исследовательской деятельности без того, чтобы полностью не потерять квалификацию? Думаю, три года — уже много. Один такой год мы прожили. По поводу следующего, видимо, нет сомнений. Так что, судите сами.

Чтобы сохранить наш научный потенциал в его прежнем объеме и на сколь-нибудь современном уровне, нужны деньги, которых в России нет и еще долго не будет. Так надо ли обществу содержать огромную армию, которую не только нечем вооружить, но и нечем кормить? И что мы хотим сохранить — саму науку или нынешнюю организационную форму ее существования? Так что то, о чем я говорил на конференции, как это ни грустно мне самому, по существу является программой

дезинтеграции системы академических институтов.

— Какими в таком случае вы представляете себе будущие организационные формы существования нашей фундаментальной науки!

— Разговор о будущем академической науки стоило бы начать с вопроса: «Какая наука нам сегодня нужна и в каком объеме?», или иными словами: «За какую науку наше общество готово платить и какую цену?» В условиях предельной финансовой напряженности ответ должен быть совершенно четким, без тени лукавства, чтобы, с одной стороны, не выбрасывать на ветер те небольшие средства, которые общество может выделить на науку, а с другой — не создавать иллюзий у большой массы научных работников. Стандартный ответ: «Конечно, нам нужна фундаментальная наука, поскольку она есть база технологий завтрашнего дня» — типичный пример подобного лукавства. Во-первых, ссылка на завтрашние технологии полностью исключает гуманитарные науки. Но и в естественных базу технологий завтрашнего дня и вообще обозримого будущего составляет именно прикладная наука. Фундаментальная же наука направлена на поиск новых закономерностей, принципиально новых концепций или явлений, прикладные результаты которых, как показывает весь мировой опыт, — дело будущих десятилетий. Потому и развивают ее всерьез лишь самые богатые страны, претендующие на мировое лидерство.

Так нужна ли нам в нынешних обстоятельствах такая фундаментальная наука? Ответ — в компетенции высших органов власти после тщательного обсуждения с экспертами и оценки долгосрочных перспектив и реальных возможностей государства. Если он будет положительным (а я надеюсь, на это, ибо вряд ли кто-либо из ученых, так же как и руководителей страны, готов уже сейчас согласиться с тем, что мы навсегда выбыли из числа мировых лидеров), то фундаментальная наука, хотя бы в минимальном объеме, должна быть сохранена, ибо она — необходимый элемент будущего возрождения. И это именно та наука, которая должна практически полностью финансироваться из бюджета, поскольку у нее нет другого покупателя, кроме общества в целом. При этом, однако, из-за крайней ограниченности финансирования необходимо жестко ограничить и число поддерживаемых коллективов и проектов, ориентируясь только на первоклассные. Но их сле-

дует поддерживать на уровне, максимально близком к мировому. Мы недостаточно богаты, чтобы покупать посредственную науку.

Необходимо также, насколько это возможно, разграничить фундаментальные и полуприкладные работы, для чего целесообразно было бы иметь два разных фонда финансирования — фонд фундаментальных исследований и фонд научно-технического развития. Если не провести этого разделения, истинно фундаментальная наука не получит ничего. Это не исключает, естественно, существования и других, более специализированных фондов — ведомственных или региональных.

— Но как определить критерии, по которым те или иные исследования следует отнести к фундаментальным или прикладным?

— Конечно, абсолютно четкой границы здесь нет и быть не может, поскольку не существует строго формального определения фундаментальности. Так что неизбежны и неопределенные ситуации, да и просто ошибки. Однако в большинстве случаев задача эта, на мой взгляд, не слишком сложна. Дело в том, что среди научных работников, так же как и в любой другой группе профессионалов, существует свой «гамбургский счет». Специалисты в общем знают, что чего стоит и какая деятельность к какой категории относится. Исключение составляют гениальные работы, но их мало, и они заранее обречены при любой системе оценки. Так что нужно всего лишь собрать небольшое число настоящих специалистов и создать такие условия, чтобы врать им было невыгодно.

Более того, обычно прикладной характер работы прямо отражен в проекте — авторы обосновывают важность своей работы именно значимостью будущих приложений. Естественно, что и оцениваться они должны именно с этой точки зрения, а не в конкуренции с чисто исследовательскими проектами.

— Основные принципы и конкретные модели финансирования науки сейчас в центре внимания нашего научного сообщества. Например, идут дискуссии о том, подойдет ли нам широко используемый в других странах принцип финансирования с помощью грантов. Каково должно быть соотношение между «базовым» финансированием и финансированием на основе грантов? Сюда же тесно примыкает и проблема организации экспертных советов. Что вы обо всем этом думаете?

— Финансирование научных исследований должно вестись в основном по проектам на конкурсной основе. Участие в конкурсах должно быть доступно для любого научного коллектива. Организация и проведение конкурсов должны поручаться экспертным советам по каждой научной программе. Распределение же средств между программами и внесение рекомендаций о создании новых программ — экспертному совету более высокого уровня, работающему под непосредственным руководством вышестоящего должностного лица, отвечающего за развитие науки. При этом экспертные советы всех уровней должны состоять из небольшого числа наиболее квалифицированных специалистов, привлекаемых на контрактной основе (а не на общественных началах!) как на основную и высокооплачиваемую работу и сменяемых не реже, чем раз в три года. Абсолютным должен быть запрет на участие в советах администраторов (от директоров институтов и заведующих кафедрами и выше).

— Вы не рассматриваете возможности привлекать в экспертные советы иностранных специалистов?

— Это возможно, хотя не убежден, что необходимо. Иностранных ученых имеет смысл использовать как рецензентов для получения объективной оценки. В советах же на постоянной основе предпочтительнее иметь своих ученых, которые лучше знают и тех, кто обращается за поддержкой, да и обстановку в нашей науке, а потому им легче принять окончательное решение.

— Иными словами, у нас существует своя специфика?

— Она существует везде, не только у нас, и чтобы принять взвешенное решение, нужно правильно оценить не только представленный проект, но и иметь некоторую дополнительную информацию, в частности, знать репутацию самого соискателя. Ведь нередко из двух проектов один выглядит лучше, но специалисты-то знают, что тот из авторов, кто написал хуже, на самом деле как ученый — сильнее.

Что же касается базового финансирования, бессмысленно продлевать агонию, поддерживая всех на одинаково нищенском уровне (правильно кто-то назвал нынешнее финансирование науки «пособием по безработице»). Как принято во всем мире, базовое финансирование большинство научных коллективов должно зарабатывать либо в сфере образования, либо в сфере производ-

ства (максимально широко понимаемого). Лишь небольшое число национальных исследовательских центров (не более 30—50) должны получать его непосредственно от государства (но не через Академию) или от региональных властей, если те сочтут это целесообразным.

Таким образом, у нынешних академических институтов, с моей точки зрения, в перспективе могут быть три пути вхождения в рынок. Либо Национальный исследовательский центр (для весьма ограниченного числа институтов), либо институт в структуре университета или какого-нибудь вуза, либо, наконец, в какой-то коммерческой структуре, возможно, даже в качестве самостоятельной инновационной фирмы. Долг Академии и министерства науки оказать им содействие в нахождении своего нового статуса. Именно на это должна быть, на мой взгляд, потрачена основная доля средств, отпускаемых на науку в ближайшие годы. Привычная для нас тактика выжидания в надежде на чудо приведет лишь к быстрому и необратимому разрушению всего, что пока осталось от нашей фундаментальной науки.

— Не менее важный вопрос — о собственности и управлении в сфере науки. Например, кто, на ваш взгляд, должен быть собственником всего имущества бывшей АН СССР? По этому поводу на Конференции научных сотрудников РАН разгорелись горячие споры.

— Я не разделяю всеобщей радости по поводу передачи в собственность Академии всего используемого ею имущества. Наоборот, мне кажется, это весьма опасный шаг, могущий иметь самые отрицательные последствия для развития и даже существования нашей фундаментальной науки. Недаром во всем мире научные работники являются наемными работниками, а не собственниками своих средств производства. Собственность на эти средства — основа предпринимательской деятельности. А предпринимательство не менее серьезно и еще более ответственно, чем научная работа. Совмещать их вряд ли кому удастся. Поэтому не научные работники будут этой собственностью распоряжаться. Найдутся люди, которые используют ее по прямому назначению — делать деньги. Наука же будет просто сметена нашествием мелкого бизнеса. И никакими запретами или уставами подобного процесса не остановить.

Собственностью должен распоряжать-

ся настоящий собственник, которому нужна фундаментальная наука, а он у нас только один — государство. Поэтому собственность, обеспечивающая существование и развитие фундаментальной науки, должна быть национальной. (Отсюда и появился термин Национальный исследовательский центр.) Реально же владеть этой собственностью должен опирающийся на тщательно продуманную систему экспертных советов государственный орган, тот же самый, через который финансируется фундаментальная наука. Назвать его можно по-разному: Министерство науки, ГКНТ или по-американски NSF.

Что же касается институтов, уходящих в сферу образования или коммерческую деятельность, им используемое сейчас имущество надо передавать полностью или частично в собственность в качестве «приданого». Управлять этой собственностью будут в последующем те структуры, в которые эти институты войдут. Если же институт станет самостоятельной фирмой, он и будет собственником, поскольку сам станет отвечать и за свою деятельность, и за свое существование.

При таком подходе самым естественным образом решается и вопрос об управлении научными учреждениями. В случае Национального исследовательского центра — это государственный орган. Естественно, речь идет о праве собственности, а не об управлении научной жизнью.

В то же время в обсуждаемом сейчас статусе РАН, или Ассоциации, заложен, на мой взгляд, неразрешимый клубок противоречий. Я вообще плохо понимаю, что такое «самоуправляемая организация на госбюджете». Значит ли это, что тот, кто платит деньги, уже «не заказывает музыку»? И не собираемся ли мы опять, вопреки всем экономическим целесообразностям, строить «то, чего не может быть». Это уже привело нас к групповым конфликтам, дискуссиям на темы о том, надо ли разбавлять Собрание членов Академии представителями научных коллективов или Собрание представителей — членами Академии, и скольких докторов дают за одного академика, и т. п. И это, несомненно, еще далеко не конец. Неизбежно возникнет вопрос об инженерах и техниках: почему они лишены права голоса? И надо ли учитывать стаж работы в Академии и как? И конца этому не будет, пока мы не признаем общеизвестную истину: кто содержит, тот и хозяин, и если он содержит, то, наверное, знает, зачем это ему нужно. И кому он поручает, тот и управляет от имени хозяина.

— Кто и по каким критериям будет определять судьбу того или иного института — быть ли ему Национальным исследовательским центром, принадлежать университету (вузу) или фирме! Не сведется ли все к соревнованию влияния их руководителей!

— Если я правильно понял подтекст вопроса, вы рассматриваете Национальный исследовательский центр как своего рода почетную sinecтуру, а два других варианта как поражение в правах или даже каторгу. Я же пытаюсь представить себе будущее нашей науки в условиях рыночной экономики. Тогда, наверное, многое будет смотреться совсем иначе. Рынок сам расставит все по своим местам. Хотя, конечно, и не сразу, и не безболезненно.

Если же все-таки говорить именно о национальных исследовательских центрах, то вопрос об их создании должен решать все тот же государственный орган, о котором мы уже говорили, опираясь на свои экспертные советы и на тот самый «гамбургский счет» научного сообщества. Важную роль при этом могут играть рекомендации Академии наук, инженерной, медицинской и других академий.

— Как директор ФИАН вы уже решили, какой из трех путей вхождения в рынок наиболее приемлем для института!

— Для такого института, как ФИАН, вряд ли можно предполагать только один определенный вариант развития. Вполне возможно, что разные крупные подразделения, уже и сейчас вполне самостоятельные, изберут различные пути. Но это в будущем. А пока мне хотелось бы для тех коллективов, которые могут результативно работать в прикладных направлениях, создавать условия и стимулы последующего превращения их в самостоятельные фирмы. Вначале, видимо, необходим какой-то переходный период, когда они еще будут оставаться в ФИАНе, постепенно становясь на ноги.

— Можно ли предположить, что со временем ФИАН превратится в Национальный исследовательский центр!

— Я не убежден в этом, тем более что решение такого вопроса вне компетенции директора института. Конечно, ФИАН пока еще удовлетворяет одному важнейшему условию, необходимому для такого превращения, — у него есть научные школы мирового уровня, которые, однако, в нынешних условиях могут начать разваливаться. Но есть и весьма существенные трудности

на таком пути. В первую очередь это проблема сменяемости состава. Чтобы центр действительно был Национальным, желательно, чтобы не более 25—30 % его сотрудников были в постоянном штате, а остальные — прикомандированы на два-три года. Но для этого надо решить проблему жилья, в московских условиях крайне сложную.

Что же касается моего личного вкуса, то я предпочел бы для ФИАН более стабильный статус института в структуре МГУ. Так что, как говорится в известном анекдоте, половина дела сделана. Осталось уговорить МГУ и коллектив ФИАН.

— В чем вы видите основную задачу Академии наук в узком смысле слова, т. е. как собрания членов Академии!

— В предлагаемом мной варианте она освобождается от всех распорядительных и распределительных функций. Потому что, как мне представляется, исполнение Академией этих несвойственных ей функций наносит непоправимый вред в первую очередь ей самой, превращая ее из научного собрания в административный совет. А я убежден, что нашему обществу, особенно в его нынешнем состоянии, такой высший научный совет, с чисто консультативными и просветительскими функциями, был бы гораздо важнее и полезнее совета административного.

— На декабрьском Общем собрании Российской академии наук вы были избраны академиком-секретарем Отделения общей физики и астрономии. Как вы представляете себе деятельность на этом посту!

— В идеале основную задачу академика-секретаря я вижу в организации процесса формирования общественного мнения в научном сообществе, т. е. в создании условий для эффективного обсуждения и решения наиболее квалифицированными специалистами всех основных вопросов нашей профессиональной жизни.

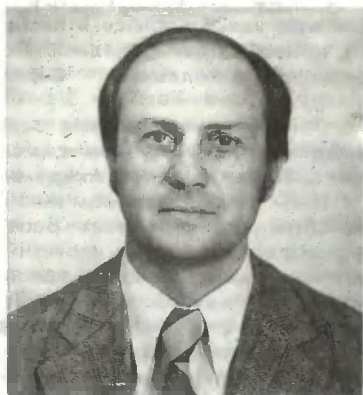
Однако в нынешней аварийной ситуации главными, видимо, станут проблемы поддержки научных коллективов в их борьбе за выживание и сохранение научных школ.

— Позвольте поблагодарить вас, Леонид Вениаминович, за очень интересную беседу и пожелать успехов, но главное — терпения и сил в вашем весьма нелегком деле.

Беседу вела Н. Д. Морозова

Проблемы гуманизации в космонавтике

Г. А. Бульдяев



Геннадий Александрович Бульдяев, кандидат технических наук, доцент Института подготовки и переподготовки корпорации «Рособщесмаш». Специалист в области системного проектирования ракет-носителей.

ВСЕ БОЛЕЕ увеличивающаяся зависимость существования человечества от научно-технического прогресса (НТП) сделала проблему гуманизации НТП одной из самых насущных проблем всей современной «техногенной» цивилизации. Человек должен, наконец, стать целью НТП, а не его средством.

Гуманизация НТП — это выбор таких целей его развития, когда с учетом общечеловеческих ценностей повышалось бы качество жизни каждого человека: его здоровье (обеспеченность чистыми продуктами питания, чистым воздухом и водой, комфортабельным жильем, бытовыми услугами, транспортом и т. д.), возможность творчески трудиться, уровень культуры, материального благосостояния и др.

Возможные пути гуманизации НТП мы рассмотрим на примере развития ракетно-космической промышленности (РКП).

ОПТИМИЗАЦИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ ПРОГРАММ

В 1989 г. наш космический бюджет, по официальным данным, составил 6,9 млрд. руб., из них 3,9 млрд. руб. — на военные космические программы, 1,7 млрд. руб. — на народнохозяйственные и научные программы и 1,3 млрд. руб. — на доводку ракетно-космической системы многоразового использования «Энергия—Буран». Проанализируем каждую составляющую бюджета в интересующем нас аспекте.

Военный космос

Несмотря на укрепление стабильности и коллективной безопасности истоки военных конфликтов, к сожалению, пока не исчезли. Поэтому главной целью РКП было и должно оставаться обеспечение безопасности страны. В связи с этим очень важно определить направление развития и реализации научных, инженерных и технологических исследований, а также возможные пути их гуманизации.

Ежегодно в нашей стране осуществляется около 100 запусков одноразовых ракет-

носителей (РН). Это в четыре-пять раз больше, чем во всех остальных странах, вместе взятых. Основные достоинства отечественных РН — простота и надежность. Это очень существенно, но сегодня уже недостаточно...

Большинство эксплуатируемых ракетно-космических комплексов находится в весьма «преклонном возрасте», и для их «омоложения» периодически расходуются немалые средства. Все одноразовые РН требуют отчуждения огромных земельных площадей (миллионы гектаров) вблизи стартовых комплексов под падение отработавших ракетных блоков. Аренда этих земель обходится в сотни миллионов рублей. Дело в том, что в первых ступенях у большинства наших РН используется вредное для здоровья людей горючее НДМГ, остатки которого вместе со ступенью падают на Землю, разбрызгиваются, загрязняя вокруг значительные площади. Нерастворимые химические вещества попадают в почву, водоемы, грунтовые воды, траву. Этой травой питаются домашние животные, а их мясо потом используется в пищу по всей стране. Химические вещества накапливаются в организмах людей, вызывая различные заболевания.

Использование одноразовых РН менее выгодно, чем частично или полностью многоразовых. У одноразовых РН невысоки и социальные характеристики, обусловленные в основном технологическим процессом их изготовления. Кроме того, они вносят весомый вклад в расширение «кладбищ» космического мусора на околоземных орбитах. Наиболее крупный мусор — это отслужившие свой срок спутники, последние ступени ракет, первые ступени разгонных блоков. Более мелкий появляется в результате столкновения фрагментов крупного мусора друг с другом, а также в результате взрывов на орбитах. Такие взрывы происходят в основном на последних ступенях РН, где имеются остатки вышеупомянутого горючего. После длительного пребывания в космосе перегородка между баками окислителя и горючего разрушается, горючее соединяется с окислителем, и происходит взрыв. По американским данным, сегодня в космосе находится несколько десятков тысяч фрагментов только крупного мусора. Мелких, не поддающихся наблюдению фрагментов (кусочков металла, чешуек краски и т. п.), по расчетам зарубежных ученых, приблизительно 10^{10} — 10^{11} . Нет необходимости говорить о том, какую опасность представляет весь этот хлам не только для космонавтов, работающих в открытом космосе, но и для действующих спутников и орбитальных станций. Достаточ-

но вспомнить, как из седьмого полета возвратился «Челленджер», на 10-миллиметровом лобовом стекле кабины экипажа которого был обнаружен микроракер диаметром около 6 и глубиной 3 мм. Выяснилось, что «Челленджер» столкнулся с чешуйкой краски размером всего 0,25 мм, но двигавшейся с огромной скоростью (3—6 км/с).

Очевидно, что из-за длительности пребывания на орбите и размеров вероятность подобных столкновений с советской орбитальной станцией «Мир», а тем более с проектируемой огромной американской станцией «Фридом» значительно выше, чем у «Шаттла» или «Бурана». Помимо этого, в настоящее время на орбитах находятся около 40 потенциально опасных космических объектов с радиоактивными материалами. К 2000 г. общая масса таких материалов на орбитах (включая продукты деления обогащенного ^{235}U и ^{238}Pu) превысит 3 т.

На наиболее низких орбитах идет процесс «самоочищения» — через определенное время фрагменты мусора входят в плотные слои атмосферы и сгорают. К сожалению, не всегда полностью. Так, оснащенный ядерным электрогенератором спутник «Космос-954» в свое время потерпел аварию, вошел в плотные слои атмосферы, но не сгорел полностью, и его радиоактивные осколки упали на Землю.

Сегодня существует целый ряд проектов по очистке околоземных орбит от мусора, но все они пока, в общем-то, из области фантастики. Здесь уместно вспомнить: «Чисто не там, где убирают, а там, где не сорят». Не сорят в космосе многоразовые РН.

Не лучше обстоят у нас дела и со спутниками. Только спутников серии «Космос» выведено на орбиту более 2100. Сроки функционирования наших спутников на орбитах в несколько раз меньше, чем у зарубежных, а объем добываемой информации — в сотни раз. Это объясняется не только низким технологическим уровнем их изготовления, но и тем, что любой завод-изготовитель пока совсем не заинтересован в долгой жизни своей продукции. Кроме того, большинство спутников предназначены для оперативного и кратковременного решения только узкого круга спецзадач того или иного военного ведомства.

Существующая у нас в стране практика запуска военных спутников с помощью одноразовых РН расточительна и, в конечном итоге, антигуманна не только по причине загрязнения значительных земельных площадей вблизи стартовых комплексов, но и из-за истощения озонового слоя Земли в результате сжигания озона факелами струй дви-

гателей РН и космическим мусором, сходящим с околоземных орбит.

Огромный экономический урон нашей стране наносят так называемые симметричные программы развития ракетно-космической техники. Как недавно признался бывший министр обороны США Р. Макнамара, любая симметричная военная программа является мощной ударной силой в экономических битвах. А таких битв между США и СССР было немало со времен объявления «холодной войны». Основной задачей любой симметричной программы являлось экономическое подавление противника, поэтому ее непеременимые условия — огромная стоимость и долгосрочность.

Из истории известно несколько таких программ. Это американская программа «Аполлон» стоимостью 75 млрд. долл. (в нынешних ценах) и соответствующая отечественная программа Н-1 (1960—1970 гг.), «Спейс шаттл», на которую уже израсходовано около 20 млрд. долл., и аналогичная советская программа «Энергия—Буран» (1970—1980 гг.).

«Спейс шаттл» уже эксплуатируется, понемногу возвращая свой долг, а «Энергия—Буран» продемонстрировала свои возможности (более трех лет назад) всего один раз и долго еще не выйдет из стадии испытательных полетов. Хотя и оказалось, что «Спейс шаттл» имеет низкие экономические характеристики, но с учетом высокого коэффициента «натуральной» конверсии американцы все равно вернут большую часть затраченных средств.

Очередная программа была предложена Р. Рейганом в 1983 г. под названием «СОИ». Первоначальная ее стоимость составляла несколько триллионов долларов, но сегодня США остановились на умеренном варианте «Бриллиант пемблз» стоимостью в несколько десятков миллиардов долларов. После встречи на высшем уровне в 1986 г. в Рейкьявике, где речь шла в том числе и о СОИ, М. С. Горбачев впервые открыто призвал наш военно-промышленный комплекс к отказу от симметричной СОИ программы. Нужны эффективные отечественные асимметричные программы, которые бы имели затраты в 10—100 раз меньше американских.

Крупные ракетно-космические программы всегда приносили сверхприбыли военно-промышленному комплексу США, а также в значительной мере решали проблемы занятости населения, повышали научно-технический потенциал РКП США (в том числе и за счет скупки «мозгов» других

стран) и заодно экономически значительно обескровливали Советский Союз.

Очевидно, нужно шире развивать международное сотрудничество. Хорошим примером является совместная советско-американская программа «Союз—Аполлон» (1975 г.). Сегодня периодически обсуждаются такие долгосрочные программы, как освоение Луны, пилотируемая экспедиция на Марс и т. п. Причем в этих программах предполагается участие не только нашей страны и США, но и Японии, Германии, Франции и других стран. Такая международная кооперация позволит не только осуществлять космические исследования в интересах всего человечества, но и значительно снизит затраты каждой страны-участницы.

Таким образом, при разработке перспективных проектов, с нашей точки зрения, необходимо выбирать только эффективные асимметричные ракетно-космические программы, а также сократить номенклатуру («типаж») эксплуатируемых однокорпусов РН (оставив только эффективные и с экологически чистым топливом) и уменьшить число запусков, увеличив продолжительность функционирования и объема добываемой ими информации.

Народнохозяйственные и научные космические программы

Анализ планируемых народнохозяйственных и научных программ показывает, что по многим причинам нецелесообразно сокращать расходы на прикладные и фундаментальные космические исследования.

Для повышения их эффективности (для снижения вероятности повторения печальной судьбы двух наших «Фобосов») необходимо эту небольшую часть нашего космического бюджета отдать в распоряжение ученых. Хотелось бы обратить внимание на важность программ, связанных с орбитальными станциями, так как это наше магистральное направление в освоении околоземного пространства.

Мы мечтаем о новой орбитальной станции «Мир-2», в то время как многие космические державы (девять стран Западной Европы, Япония, Канада и др.) планируют проводить свои работы на американской орбитальной станции нового поколения «Фридом». Не расточительно ли ныне самоизолироваться? Генеральный конструктор НПО «Энергия» Ю. П. Семенов утверждает, что на «Мире-2» можно будет орга-

низовать опытно-промышленное производство уникальных кристаллов, сплавов, лекарственных препаратов в количестве 100 кг в год («Правда». 1989. 13 мая). Если речь идет о проведении опытов в космосе, то для этого и существующей станции «Мир» вполне достаточно. Для промышленного же производства орбитальная станция — малоподходящее место (на технологические процессы отрицательно действуют виброускорения в результате деятельности космонавтов на борту). Для промышленного производства уникальных материалов в космосе целесообразнее использовать автономные технологические модули («Правда». 1989. 17 мая).

Теоретически технологический модуль можно пристыковать к станции «Мир» нежестко с помощью длинного троса. Но и без этого сегодня орбитальный комплекс очень сложен и объемно, и архитектурно. В его составе станция «Мир», корабль «Союз» и три модуля. Возможности ремонтно-восстановительных работ, поддерживающих комплекс в рабочем состоянии уже на пределе. Вспомним, как тяжело было работать в открытом космосе А. Я. Соловьеву и А. Н. Баландину в июле 1990 г. Не поможет космонавтам и «космический мотоцикл» УМК (устройство для маневрирования космонавта), созданный под руководством Г. И. Северина на заводе «Звезда» и опробованный в открытом космосе А. С. Викторенко и А. А. Серебровым. Американцы же считают, что будущее за телеуправляемыми роботами.

Возникают сомнения и в целесообразности пристыковки астрофизических модулей типа «Квант» к станции «Мир». Сотрудник Института космических исследований К. И. Грингауз пишет: «Если бы «Квант» был автономным беспилотным спутником с солнечными батареями и ориентацией по заданной программе и по командам с Земли (что технически вполне возможно), то он мог бы быть запущен на такую орбиту, при которой общее время его наблюдений резко возросло бы, повысив эффективность и отдачу телескопов» («Правда». 1989. 25 марта).

И наконец, необходимо ответить на вопрос: не расточительно ли сегодня использовать одноразовые грузовые корабли «Прогресс»? Известно, что из всего огромного «Прогресса» спасается только небольшая капсула. Может быть, экономичнее целесообразнее разрабатывать многоразовый «Прогресс», используя имеющуюся инфраструктуру ракетно-космического комплекса «Энергия—Буран»?

Доводка частично многоразовой космической системы «энергия — буран»

При существующей экономической ситуации в стране продолжать сегодня доводку орбитального корабля «Буран» — непозволительная роскошь. И по многим другим причинам целесообразно пока его поставить «на запасной путь». Сэкономленные при этом немалые средства могут быть вложены в увеличение надежности и мощности РН «Энергия», на развитие конверсии, а также на создание более прогрессивной наукоемкой основной продукции. На это, в первую очередь, и должна быть ориентирована инфраструктура ракетно-космического комплекса «Энергия—Буран», что значительно сэкономит средства и время.

«НАТУРАЛЬНАЯ» КОНВЕРСИЯ НТП

Так будем называть конверсию, ориентированную, в основном, на внутренние потребности страны. Она предполагает налаживание производства высококачественной «гражданской» продукции на предприятиях оборонных отраслей на основе технологий, разработанных при создании основной продукции РКП.

В США так называемый коэффициент натуральной конверсии составляет 7—14, т. е. каждый доллар, вложенный в РКП, приносит от 7 до 14 долл. Внедрение разработок в рамках только одной программы «Аполлон» позволило использовать в быту тефлоновое покрытие кухонной утвари, сухозамороженные продукты питания, кварцевые часы, а также протезы конечностей, хирургические спектрометры, сердечные стимуляторы... Этот список можно продолжить.

В нашей стране коэффициент натуральной конверсии не превышает пока 1,5, и то, в основном, за счет доходов от спутниковых систем связи, навигации, метеорологии, исследования природных ресурсов Земли, картографирования, экологического мониторинга и др.

Конечно, достижения ракетно-космического НТП использовались и до официального начала конверсии. Мы уже привыкли к телемостам, осуществляемым при помощи спутников связи, к космическим снимкам циклонов и антициклонов, облегчающим прогноз погоды, и т. п. Все большее распространение получает компьютерная связь через спутники. Тем не менее космическая информация все еще с трудом просачивается

в первичные звенья лесного, сельского, рыбного и других отраслей хозяйства. Общее количество разработок, базирующихся только на одной теме «Энергия—Буран» и рекомендованных для внедрения в народное хозяйство, превышает сотню. В прежние времена все это пришлось бы внедрять в народное хозяйство силовыми методами. Сегодня в рамках конверсии предполагается не только перепрофилировать высвобождаемые мощности, но и создать в оборонных отраслях новые мощности по производству «гражданской» продукции. Такой маневр конверсии (диверсификация производства) должен привести к снижению капиталовложений в 1,5 раза благодаря использованию существующей инфраструктуры «оборонки» (энергетики, социального сектора и др.). Важно не утратить высокую организацию и дисциплину труда на оборонных предприятиях и использовать их для повышения качества выпускаемой гражданской продукции.

Натуральная конверсия потребует не только определенного времени, но и значительных материально-технических и финансовых затрат. Потребуется реконструировать и оснастить новым оборудованием сотни предприятий и цехов, освоить новые технологии, переподготовить десятки тысяч специалистов оборонных предприятий. Кроме того, должны быть увеличены поставки сырья, материалов, комплектующих узлов и деталей, выпускаемых в других отраслях народного хозяйства.

Необходимо, чтобы эти предприятия занялись выпуском наукоемкой гражданской продукции (например, протезов, медицинских барокамер, видеотехники, персональных компьютеров и т. д.), только тогда они не окажутся в проигрыше. Предприятия же, вынужденные создавать оборудование для производства туалетного мыла, сухих, сухарей и т. п., будут лишь безвозвратно растрачивать накопленный научно-технический потенциал.

Поэтому сегодня нужен Закон о конверсии. В нем должно быть дано юридическое подтверждение дальнейшего развития процесса демократизации нашего общества. В частности, в Законе в первую очередь должны быть закреплены гарантии социальной защищенности и занятости специалистов оборонных отраслей и дана возможность оборонным предприятиям самим определять перечни продукции, выпускаемой по конверсии.

Сегодня же оборонным предприятиям эти перечни навязываются «сверху». Будет ли эта продукция высокого качества? Мало-

вероятно. Ведь лишь линейные руководители (начальники участков, цехов, отделов) знают все потенциальные возможности как своих подразделений в целом, так и каждого работника в отдельности. Только получив относительную свободу для формирования временных творческих коллективов, предприятие сможет выпускать высококачественную конкурентоспособную гражданскую продукцию. Именно такая организация конверсии обеспечит прибыль предприятиям оборонных отраслей в условиях перехода к рыночной экономике.

«КОММЕРЧЕСКАЯ» КОНВЕРСИЯ НТП

Этим понятием определяется выход предприятий оборонных отраслей на мировой ракетно-космический рынок, оказание различных коммерческих космических услуг, совместная с зарубежными партнерами деятельность по разработке, изготовлению и эксплуатации новейших материалов, технологий, изделий, а также продажа их на коммерческой основе другим странам.

При этом часть вырученной валюты может быть израсходована на приобретение зарубежной высококачественной гражданской продукции с целью ее реализации на внутреннем рынке. Как показывают расчеты, «коммерческая» конверсия на порядок эффективнее «натуральной» конверсии.

Сегодня на мировом рынке лидирует консорциум «Арианспейс», объединяющий 14 стран Западной Европы и Канаду, где «тон задают» Франция и Германия. Французский космодром Куру, откуда запускаются одноразовые РН «Ариан» («Ариан-1, -2, -3, -4» и в перспективе «Ариан-5»), расположен в очень удобном для запусков месте (Французская Гвиана). Поэтому коммерческие спутники выводятся на геостационарную орбиту с большой точностью и функционируют там достаточно долго. Ежегодная чистая прибыль этого консорциума составляет несколько десятков миллионов долларов. На оставшуюся часть мирового рынка претендуют США, наша страна, консорциум «Азиасат» (Китай, Великобритания, Гонконг и американская фирма «Хьюз эйркрафт компани») и др. Изо всех сил рвется на рынок Япония, вкладывающая огромные средства в развитие своих ракетно-космических программ. Чтобы занять одно из ведущих мест на мировом ракетно-космическом рынке, наша страна должна осуществить буквально прорыв в тех областях ракетно-космической техники, где мы имеем бесспорные приоритетные достижения.

Запуски зарубежных космонавтов и полезных грузов

Сегодня это уже реальность. Раньше мы «катали» наших друзей почти бесплатно, в основном для получения политических дивидендов. Ныне, чтобы слетать на станцию «Мир», встали в очередь космонавты Германии, Франции, США и других стран, готовые за полет платить валютой. (Стоимость недельного полета колеблется от 10 до 20 млн. долл. в зависимости от количества совместных экспериментов). Мы уже осуществили коммерческие запуски двух индийских и нескольких отечественных спутников «Фотон» с зарубежными технологическими установками на борту.

Существуют планы по коммерческим запускам советских РН и с зарубежных стартовых комплексов. Наибольший интерес за рубежом проявляется к РН «Зенит». Сегодня она является самой прогрессивной одноразовой РН в мире. Заключительный этап ее подготовки к запуску полностью автоматизирован (установка РН в вертикальное положение, пристыковка пневмогидравлических и электрических штеккеров, заправка топливом и т. д.). В ближайшее время между Главкосмосом и австралийским консорциумом «Кейп-Йорк спейс эйдженси» может быть подписан контракт, согласно которому с 1995 г. с австралийского «космопорта» Кейп-Йорк будут совершаться коммерческие запуски РН «Зенит» со спутниками различных стран. Успех этого предприятия во многом зависит от позиции США. До сих пор координационный комитет по контролю над экспортом в социалистические страны (КОКОМ) всячески препятствует этому.

Может решиться судьба и другой нашей замечательной РН «Протон». Основное ее достоинство — высокая надежность, основной недостаток — экологически грязное топливо всех трех ступеней. Если модернизировать «Протон», уровень загрязнений значительно уменьшится («Правда». 1990. 17 мая). Если к тому же стартовый комплекс будет расположен неподалеку от океана (как, например, в Японии, Индии, Бразилии, Аргентине) и азимуты запусков выбраны с учетом розы ветров, то сколько-нибудь опасное загрязнение побережья и акватории можно вообще избежать.

Во время своего визита в Индию в 1986 г. М. С. Горбачев предложил создать на территории этой страны международный центр для совместных исследований и разработок образцов космической техники по заказам развивающихся стран. При таком центре функционировали бы школа для под-

готовки специалистов из этих стран, в том числе космонавтов, а также полигон для запуска космических объектов. Ответа индийского правительства на это предложение в открытой печати не последовало. Заключение подобных контрактов сегодня тормозится отсутствием международных правовых норм по коммерческой деятельности. Руководствуясь ими, соответствующие международные органы смогли бы осуществлять контроль за назначением зарубежных коммерческих спутников. Это в первую очередь необходимо для обеспечения не только международной безопасности, но и безопасности страны, поставляющей по контрактам свои РН другим странам.

Получение уникальных материалов и препаратов на орбитальной станции «Мир»

Модульная конструкция станции «Мир», а также возможность обеспечить приемлемые условия микрогравитации в течение длительного времени позволяют проводить опыты по получению новых сплавов, кристаллов и сверхчистых лекарственных препаратов. Во всяком случае, на пилотируемой станции «Мир» таких возможностей больше, чем на шаттлах или «Буране».

Недавно между Главкосмосом и НАСА США заключено несколько контрактов, в соответствии с которыми на «Мире» будут размещены американские технологические установки. Несколько месяцев назад грузовой корабль «Прогресс М-2» доставил на борт станции первый американский «черный ящик» фирмы «Пэйлоуд системс». В нем находилось 112 герметичных ячеек с жидким белком. В феврале 1990 г. Викторенко и Серебров на «Союзе ТМ-8» возвратили «черный ящик» на Землю. По признанию американских специалистов, результаты этого эксперимента весьма обнадеживающие. Выращено много кристаллов белковых веществ, что позволит получать лекарственные препараты для лечения таких болезней века, как рак, лейкоemia, СПИД, диабет и др. По контракту американцы должны платить по 10—15 тыс. долл. за каждый килограмм «черного ящика». Это хорошая плата, но здесь уместен вопрос: а сколько мы заплатим впоследствии, покупая у них лекарства, фактически полученные на нашей станции?

Уже несколько лет на наших орбитальных станциях «Салют-7» и «Мир» проводятся подобные опыты на отечественных технологических установках «Таврия», «Светлана», «Ручей» и др. Результаты пока малоутешительные: невысокий научно-технический уровень наших технологических установок.

Причин этому много, но главной, на наш взгляд, является то, что у нас до сих пор не принят закон об охране интеллектуальной собственности и остаются фактически невостребованными такие «стратегические ресурсы» человеческой личности, как талант, творчество, интеллект. Использование этих ресурсов в цивилизованных странах дает почти половину прироста национального дохода.

Создание совместных предприятий

В настоящее время различными организациями интенсивно ведутся работы в этом направлении. НПО «Композит», например, уже создало совместные предприятия с Германией и Италией по производству новейших материалов. Ищут зарубежных партнеров и другие предприятия. Для оборонных предприятий это совершенно новое дело, поэтому необходимо строгое соблюдение экологической безопасности при расположении на территории страны вредных производств, а также определение перечней материалов, топлива, технологий, изделий, не подлежащих вывозу за границу, и т. п.

Так, уже сегодня совместно с Национальным центром космических исследований (Франция) может быть создан концерн (консорциум) по разработке, изготовлению и эксплуатации космической системы вертикального запуска «Мини-Энергия — Гермес». При этом советские предприятия могут разрабатывать и изготовить частично многоразовую РН «Мини-Энергия» (вместо проектируемой западноевропейской одноразовой РН «Ариан-5»), а французские партнеры — пилотируемый орбитальный корабль «Гермес». Поскольку между РН и кораблем предполагаются только пассивные механические связи (будут отсутствовать пневмогидравлические и электрические связи), эти работы могут быть выполнены на высоком уровне каждой стороной независимо друг от друга.

Первую ступень РН предлагается выполнить на базе планера орбитального корабля «Буран», и она будет крылатой беспилотной полностью многоразовой ракетной ступенью. В хвостовой ее части устанавливается один двигатель с первой ступени РН «Энергия». После разделения со второй ступенью она разворачивается, совершает крейсерский полет с помощью турбореактивных двигателей и приземляется как самолет в автоматическом режиме на аэродром вблизи космодрома Куру. Вторая ступень РН выполняется на базе кислородно-водородных

разгонных блоков, спроектированных для РН «Энергия». На ней установят один двигатель со второй ступени РН «Энергия». После окончания работы эта ступень входит в плотные слои атмосферы, частично разрушается и падает в океан. Сверху второй ступени устанавливается орбитальная ступень.

«Мини-Энергия» будет универсальной РН, которая позволит обеспечивать запуски коммерческих полезных грузов как в грузовом, так и пилотируемом варианте. В грузовом варианте в качестве орбитальной ступени может использоваться груз, общая масса которого превышает массу полезного груза, выводимого РН «Протон». В пилотируемом варианте РН орбитальной ступенью может служить орбитальный корабль «Гермес», во внутреннем отсеке которого возможно размещение нескольких полезных грузов общей массой, близкой к массе груза, выводимого РН «Союз». В грузовом варианте РН позволит запускать коммерческие полезные грузы на любые геоцентрические орбиты, в том числе геостационарную. В пилотируемом варианте РН позволит запускать коммерчески полезные грузы на любые геоцентрические орбиты, в том числе геостационарную. В пилотируемом варианте РН обеспечит не только вывод коммерческих, полезных грузов на околоземные орбиты, но и возможность проводить на этих орбитах транспортно-техническое обслуживание (диагностику, ремонт, дозаправку топливом и др.) спутников и орбитальных станций.

«Мини-Энергия» по сравнению с «Арианом-5» будет иметь целый ряд преимуществ:

потребуется меньших интегральных (за всю «жизнь» РН) экономических затрат за счет более низкой удельной стоимости каждого запуска;

более высокие «социальные» характеристики (благодаря частичной «многоразовости»); снизятся затраты на изготовление ступеней (одноразовой останется только вторая ступень), и рабочие, ранее занятые этим, пройдя соответствующую переподготовку, будут привлечены к более разнообразной и творческой работе по обслуживанию (диагностике, ремонту и т. д.) многоразовой первой ступени;

исключается понятие «отчуждаемых территорий», поскольку крылатая первая ступень, возвращаясь самостоятельно к месту старта, не требует отчуждения дополнительных земель (или акваторий), а одноразовая вторая падает в океан;

крылатая первая ступень позволит осуществлять всеазимутальные запуски, что

обеспечит в конечном итоге более точное выведение коммерческих полезных грузов в точки назначения на орбитах с меньшими расходами;

наличие на борту относительно чистого горючего (керосина и жидкого водорода) не только обеспечит отсутствие загрязнения земельных площадей и акваторий вблизи стартовых комплексов, но и существенно снизит степень разрушения озонового слоя Земли («Ариан-5» будет уничтожать в 400—800 раз больше озона).

Таким образом, РН «Мини-Энергия» по сравнению с РН «Ариан-5» будет иметь более приемлемые энергетические, экономические, экологические и другие характеристики. Сегодня наиболее важны энергетические характеристики: проект корабля «Гермес» уже несколько раз пересматривался в целях снижения его массы. При использовании РН «Мини-Энергия» этой проблемы не будет.

В последнее время в открытой печати обсуждался международный проект создания авиационно-космической системы «Молния» с горизонтальным запуском на основе самолета АН-225 («Мрия»). Конечно, по известным причинам, еще остаются неопубликованными многие проекты, рожденные в стенах «оборонки». Но автором еще в 1979 г. была предложена бывшему Генеральному

конструктору НПО «Энергия» В. П. Глушко концепция ракетно-космической системы с вертикальным запуском на основе РН «Мини-Энергия». Несмотря на то, что прошло немало лет, она морально не устарела. Более того, даже по сравнению с авиационно-космической системой «Молния» она имеет лучшие энергетические, экономические и экологические характеристики. Безусловно, будущее принадлежит одноступенчатым авиационно-космическим системам с горизонтальным запуском. Но это относительно далекое будущее. А пока оптимальной останется ракетно-космическая система с вертикальным запуском на основе РН «Мини-Энергия». Ее можно создать достаточно быстро и с наименьшими затратами благодаря использованию уже имеющейся инфраструктуры ракетно-космического комплекса «Энергия—Буран» и сложившейся кооперации работ в нашей стране. Кстати, создать такую РН сегодня не может ни одна страна, в том числе и США.

В заключение хотелось бы выразить надежду на то, что сказанное выше не только поможет выработать практические рекомендации по проведению конверсии в отечественной РКП, но и окажет влияние на развитие процесса гуманизации НТП в стране.

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

Новый независимый научный журнал ГИПОТЕЗА

Журнал «Гипотеза» публикует работы по проблемам естественных и гуманитарных наук, выходящие за рамки господствующих парадигм, однако удовлетворяющие общепринятым научным критериям, включая такой, как возможность экспериментальной проверки. Цель журнала — не пропаганда, а обсуждение: публикуются не только оригинальные работы, но и их критика. Свобода дискуссий обеспечивается частным характером издания, гарантирующим его независимость от любых ведомств и организаций.

Продается в магазинах «Академкнига» Москвы, рассылается по заявкам частных лиц и организаций.

Адрес редакции: 117313, Москва, а/я 129. Телефон: 138-61-06.

ЧУМА — ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

Для большинства живущих сегодня людей чума — болезнь далекого прошлого. Сегодня мало кто знает, что в мире еще существуют природные очаги, где возбудитель этой страшной болезни человека поражает диких грызунов — ее естественных носителей. В нашей стране насчитывается 43 таких очага (6,5 % всей территории), на которых отмечаются постоянные или периодические эпизоотии. Причины устойчивости этих процессов давно занимают исследователей. До настоящего времени большинство исследователей объясняли этот факт непрерывностью эпизоотического процесса. Однако накопленные за последние годы факты дают основание для появления альтернативных гипотез. Мы предлагаем читателям две точки зрения на возможный механизм чумных эпизоотий.

Социально-исторический и биологический аспекты чумы

М. П. Козлов, Г. В. Султанов

В ПОСЛЕДНИЕ десятилетия о чуме говорят как о явлении «в прошлом». Это неслучайно, хотя сведения о заболеваниях чумой людей в нашей стране до недавнего времени были секретными. Дело в том, что в наши дни эпидемии этой болезни исчезли во всем мире. Вместе с тем нельзя не заметить, что в умах людей прочно укоренилось представление о высокой смертности, социальных бедствиях и страхе, ассоциирующихся с чумой. Видимо, поэтому даже в медицинских аудиториях такие болезни, как сальмонеллез и СПИД, называют «чумой XX века».

С профессиональной точки зрения, это недоразумение, создающее ложное представление как о СПИДе и сальмонеллезе, так и о чуме. Особенности возбудителей этих заболеваний, клинических проявлений, патогенеза и характера распространения не дают никаких оснований думать, что СПИД и сальмонеллез, подобно чуме, могут вызывать опустошительные эпидемии, равно как и отсутствие эпидемий чумы еще не значит, что с нею все покончено. Это мешает объек-

тивному представлению о реальной потенциальной опасности этих болезней.

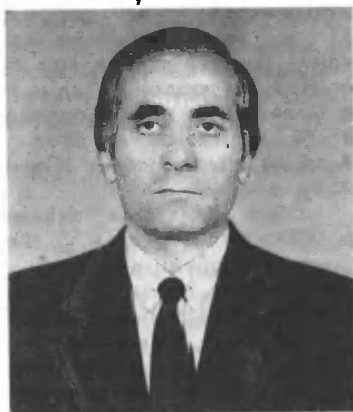
ЧУМА В ПРОШЛОМ

Из всех известных заразных болезней человека наиболее древние сведения сохранились о чуме, сопровождающей развитие человеческой цивилизации до наших дней. Первые литературные описания этого социального бедствия относятся к III тысячелетию до н. э. Так, Утнапишти в эпосе о Гильгамеше, правителе города Урука (Южное Двуречье) пишет: «Народ мой урукский гибнет, мертвые лежат на площадях, мертвые плывут в водах Евфрата»¹. В Библии упоминается война израильтян с филистимлянами (1320 г. до н. э.), во время которой эпидемия чумы вспыхнула в городе Азот и затем охватила еще четыре города-государства. В первой книге Самуила указы-

¹ Даниэл М. Тайные тропы носителей смерти. М., 1990. С. 105.



Михаил Прокофьевич Козлов, доктор медицинских наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского противочумного института Кавказа и Закавказья. Специалист в области эпидемиологии особо опасных инфекций. Автор многочисленных работ по чуме, холере, бруцеллезу, общей эпидемиологии и иммунологии. Монографии: Чума (природная очаговость, эпизоотология, эпидемические проявления). (М., 1979); Энзоотичные районы и эпидемические проявления чумы в прошлом и настоящем в мире. Атлас. (Ставрополь, 1987).



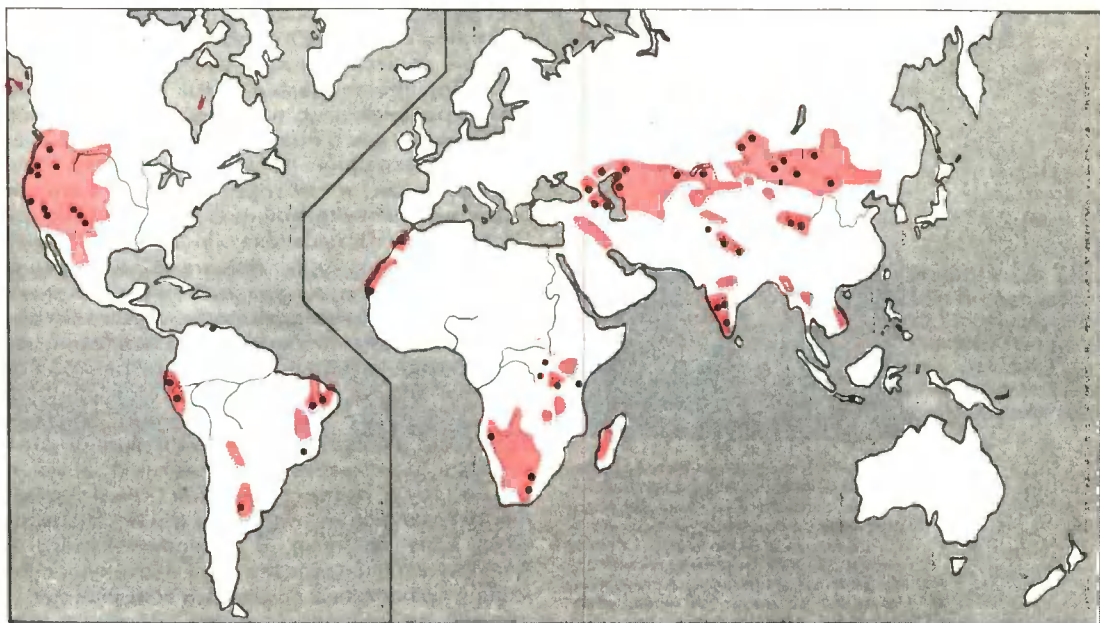
Галиб Велибекович Султанов, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии Дагестанского медицинского института. Область научных интересов — современная эпидемиология, социальная экология.

вается, что среди людей вспыхивает болезнь: в паховой области у них появляются наросты-язвы, и от этой болезни азотяне гибнут.

То, что эпидемии чумы были именно в этих районах и до нас дошли их описания, объяснимо, как с позиций современных знаний о географии природных очагов этой болезни, так и с точки зрения истории развития человеческой цивилизации. К концу III и началу II тысячелетия (2500—1500 лет до н. э.) только в районе Средиземноморья, Двуречья, да еще на берегах р. Хуанхэ (Китай) начало складываться классовое общество и появляться первые рабовладельческие города-государства с концентрацией поселений вокруг, что создавало условия для эпидемического распространения заразных болезней. Географическое положение этих городов вписывается в известную в наше время зону распространения чумы среди диких грызунов — так называемую энзоотичную зону по чуме. В то время Европу и Азию населяли разрозненные охотничьи племена и возможные локальные вспышки чумы широко не распространялись, оставаясь неизвестными для истории. Подтверждением тому служат небольшие самоликвидирующиеся вспышки заразных болезней, в том числе и чумы, обнаруживаемые ретроспективно до последних лет в редконаселенных пустынных районах Средней Азии.

Во II тысячелетии до н. э. лишь в Центральной Европе (между Причерноморьем и Атлантикой) начали складываться хозяйства, сочетающие земледелие и скотоводство, что способствовало концентрации населения в мелких населенных пунктах. Разреженность и низкая численность населения ограничивали эпидемическое распространение заразных болезней. Но уже за 700 лет до нашей эры в Египте во время эпидемии чумы умерло 18 500 чел., в Израиле во время царствования Давида — 60 тыс. В последующем, с возникновением городов в Европе и на юго-востоке Азии, в этих районах появились «повальные болезни», в том числе и чума. В начале нашей эры ее эпидемии наблюдались в Ливии (300 г.), Италии (501 г.), Китае (в провинции Хэнань в 192—296 гг. и 565—682 гг.), Константинополе и Закавказье в VI в. н. э.

В 542 г. н. э. в г. Пелусий, на юго-восточном побережье Средиземного моря (Нижний Египет), во время царствования Юстиниана вспыхнула первая пандемия, получившая название «Юстинианова чума». За пять лет она поразила Францию, Италию, Грецию, Египет, Тунис, Балканы и унесла около 100 млн. жертв. Византийский историк Прокопий Кесарийский писал: «От



Известные и предполагаемые очаги (обозначены кружками) и районы энзоотий чумы (выделены цветом).

чумы не было человеку спасения, где бы он ни жил — ни на острове, ни в пещере, ни на вершине гор. Много домов опустело, и случалось, что многие умершие, за неимением родственников и слуг, лежали по нескольку дней несожженными... Вся торговля замерла, все ремесленники бросили свое ремесло...»²

Этот период совпал с наступлением кризиса рабовладельческого строя. Но и в средневековье (по XIII в.), во время всеобщего обнищания, упадка городов, сокращения численности населения, нарушения торговых связей между городами, упадка ремесла, возврата земледелия к более низкому уровню, чума не покидала Европу и государства Ближнего Востока.

В XIV в. (1347—1350 гг.) разразилась вторая пандемия чумы, вошедшая в историю под названием «черная смерть». Возникнув на сей раз в Азии, за два года она унесла 50 млн. жертв, охватила 35 государств — от Китая до западных берегов Европы — и была занесена в Северную Африку, Италию, Францию, Англию, Норвегию, Шлезвиг-Гольштинию, Ютландию, Германию, Польшу, Россию, Сирию, Армению, Далмацию и страны Малой Азии.

В последующем, вплоть до конца XIX в., эпидемии чумы вспыхивали в отдельных городах Германии, Франции, Италии, Голландии, Турции, Польши, Венгрии, Швеции, Сирии, Месопотамии, Китая. Число жертв иногда исчислялось тысячами. В конце XIX в. третья пандемия, начавшись в Гонконге (в 1894 г.), за год проникла в ряд портовых городов Китая и Японии, а также в Пакистан и за 10 последующих лет — в 87 портовых городов Азии, Европы, Африки, Северной и Южной Америки и Австралии.

Эта пандемия знаменита тем, что в 1894 г. А. Йерсен и С. Китозато впервые описали возбудителя чумы, что стало началом нового подхода к ликвидации эпидемий и их предупреждению. Спустя три года А. Йерсен и Э. Ру сформулировали теорию роли крыс в распространении чумы. В начале XX в. было установлено заболевание чумой диких грызунов (в 1908 г. — сусликов в Северной Америке, в 1911 г. — тарбаганов в Забайкалье, в 1914 г. — песчанок в Средней Азии). В 1898 г. П. Л. Симонд обнаружил бактерии чумы в пищеварительном тракте блох и экспериментально доказал способность таких блох заражать крыс. Эти открытия явились поворотным моментом в борьбе с чумой. Если в добактериологическую эру борьба с чумой велась бессистемно, то с открытием возбудителя, источников заражения

² Там же. С. 107.

Таблица 1

Заболеваемость чумой в 1899—1980 гг., чел.

Страна	1899—1920	1921—1940	1941—1960	1961—1980
Индия	10 594 772	1 850 292	332 911	1 444
Индонезия	84 648	129 902	16 557	148
Мьянма	80 089	85 311	10 866	3 233
Вьетнам	?	?	986	31 887
Китай	81 000	33 159	50 154	38
Остальные страны Азии	2 556	990	1401	55
Мадагаскар	709	38 566	3 012	829
Кения	15 000	7 526	1 968	402
Уганда	33 851	28 797	930	—
Конго	?	133	590	245
Танзания	—	1 454	1 174	524
Лесото	—	16	566	151
Остальные страны Африки	71 571	23 588	7 058	129
Аргентина	6 200	520	243	—
Бразилия	5 638	3 253	1 739	3 003
Боливия	?	4148	203	1103
Венесуэла	406	38	32	7
Перу	15 857	5 513	1 319	1 729
США	808	109	20	139
Эквадор	6 213	4 941	895	1 644
Европа	2 328	3 182	721	—
Всего	11 001 646	2 221 438	433 354	46 710

и переносчиков возбудителя болезни она стала принимать направленный характер. С каждым годом накапливался опыт не только ликвидации эпидемий, но и их профилактики, основанный на борьбе с крысами, на предупреждении распространения инфекции на путях передачи, проведении специфической вакцинации населения. В конечном итоге эпидемии постепенно угасали, а к середине XX в. заболеваемость чумой во всем мире резко снизилась (табл. 1).

СОВРЕМЕННОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЧУМЫ

За 100 лет, прошедших со времени описания возбудителя чумы, расширились знания об этой болезни. Установлено, что чума прежде всего — болезнь диких грызунов и зайцеобразных, а человек, как правило, не обязательная жертва, что возбудитель чумы передается здоровому животному или человеку блохами или при непосредственном контакте с зараженным животным или человеком. При возникновении эпидемии легкой чумы среди коллективов людей чумной микроб передается воздушно-капельным путем. Установлено существование древних очагов чумы в природе среди диких животных в Евразии, Африке, Северной и Южной Америке, на Мадагаскаре, о-ве Ява и Гавайских о-вах.

В природных очагах, занимающих об-

ширные пространства, независимо от человека непрерывно протекают циклические эпизоотические процессы среди диких грызунов, благодаря которым чумной микроб сохраняется в одних и тех же районах, одних и тех же популяциях неопределенно длительное время. Такие очаги находятся в полупустынных и пустынных районах Нижней Волги, равнинных и горных районах Кавказа и Закавказья, Казахстана, Средней Азии и Забайкалья, в поселениях сурков, сусликов, полевков, песчанок и пищух.

В первой и второй половине текущего столетия не только снизилась заболеваемость чумой в мире, но и сократилось число стран, в которых регистрируются вспышки или спорадические случаи заболевания: в начале 30-х годов таких стран было 38, в 1980 г. — 10—12. Активное выявление энзоотичных по чуме территорий, своевременное обнаружение эпизоотий среди диких зверьков, целенаправленные профилактические мероприятия (вакцинация, наблюдения за населением, дератизация и дезинсекция) резко снизили заболеваемость чумой среди населения и возможности возникновения эпидемий. Чума как бы вошла в «берега» природных очагов и проявляется отдельными случаями даже при интенсивных эпизоотиях. В последние 15 лет крупные вспышки чумы отмечались лишь в Танзании, Перу, Кении, Вьетнаме, Бразилии (табл. 2). Лечение антибиотиками больных чумой значительно со-

Таблица 2

Случаи заболевания чумой в 1974—1988 гг.

Страна	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Ангола	—	49	—	—	—	—	21	6	—	—	—	—	—	—	—
Кения	—	—	—	—	166	227	5	—	—	—	—	—	—	—	—
Лесото	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ливия	—	—	19	11	—	—	—	—	—	—	8	—	—	—	—
Мадагаскар	38	55	47	58	25	23	11	44	39	24	39	85	29	23	93
Намибия	102	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ЮАР	—	—	—	—	—	—	—	—	19	—	—	—	—	—	—
Уганда	—	—	—	—	—	—	—	—	153	—	—	—	—	—	—
Танзания	—	—	—	2	—	—	49	9	76	569	609	129	360	356	647
Заир	20	1	12	4	—	1	—	—	1	—	—	—	—	476	369
Зимбабве	23	34	—	—	—	—	—	—	3	1	—	1	—	—	—
Боливия	14	2	24	29	68	10	26	21	1	21	12	—	94	2	2
Бразилия	291	496	97	1	11	1	98	59	151	82	37	64	58	43	25
Эквадор	—	—	8	—	—	—	—	8	—	65	7	3	—	—	—
Перу	8	3	1	—	6	—	—	27	11	17	413	44	—	31	10
США	8	20	16	18	12	23	18	13	19	40	31	17	10	12	15
Китай	?	?	?	?	?	8	30	—	—	25	—	6	8	7	6
Мьянма	700	275	673	591	171	73	73	1	165	96	—	—	—	—	—
Вьетнам	1552	536	593	667	314	306	108	11	116	127	196	137	104	107	196
Всего в мире (без СССР)	2756	1479	1505	1478	785	661	511	200	753	1067	1346	486	1003	1055	1363

Таблица 3

Случаи заболевания чумой в СССР в 1940—1989 гг.

Очаг	1940—1949	1950—1959	1960—1969	1970—1979	1980—1989
Забайкальский	—	—	1	—	—
Тувинский	—	—	—	—	—
Горно-Алтайский	—	—	—	—	—
Среднеазиатский пустынный	320	71	60	7	7
Волго-Уральский (песчаный и степной) и Зауральский	45	1	—	5	1
Тянь-Шанский	8	2	3	—	1
Памиро-Алтайский	—	—	—	—	—
Гиссарский	—	—	—	—	—
Таласский	—	—	—	—	—
Северо-Западный Прикаспийский	2	1	—	1	—
Терско-Сунженский	—	—	—	—	—
Дагестанский равнинно-предгорный	—	—	—	—	—
Дагестанский горный	—	—	—	—	—
Закавказский равнинно-предгорный	14	—	—	—	—
Приараксинский	—	—	1	—	—
Закавказский высокогорный	—	1	—	1	—
Всего	390	76	65	14	9

кратило смертность среди заболевших и ограничило распространение инфекции.

До единичных спорадических случаев снижена заболеваемость человека чумой в природных очагах чумы на территории нашей страны (табл. 3). В 10 из 18 природных очагов заболеваний не было в последние 50 лет, а в некоторых — более 100 лет.

Ряд зарубежных ученых считает, что мир переживает сейчас очередной меж-эпидемический период, что подобные пе-

риоды были и в прошлом и что еще возможны эпидемии на фоне периодических эпизоотий чумы среди диких и синантропных грызунов³. Насколько обоснован такой прогноз? Что противопоставляет наука потенциальной опасности природных очагов чумы? Ретроспективный анализ опыта борьбы

³ Громашевский Л. В. Общая эпидемиология. М., 1949. С. 186.

с чумой позволяет ответить на эти вопросы с большой определенностью.

В конце XIX — начале XX в., когда распространение заразных болезней носило эпидемический характер, основную задачу составляло выяснение причин и условий возникновения эпидемий, а также организация противоэпидемических мероприятий. Эту задачу эпидемиология решила успешно в первые десятилетия текущего столетия, завершив при этом и первую фазу своего развития как науки о заразных болезнях. На основе опыта борьбы с эпидемиями были сформулированы классические законы эпидемиологии и разработаны достаточно эффективные меры по предупреждению и ликвидации эпидемий⁴.

Казалось, ключ к ликвидации многих инфекционных болезней, в том числе и чумы, найден. Но полностью избавиться от чумы не удалось. Стало очевидным, что даже эффективная профилактика не защищает от эпидемий. Возникла настоятельная необходимость понять, что же обеспечивает сохранение возбудителя чумы в природе.

На наш взгляд, определяющим моментом в выходе эпидемиологии из этого кризиса явилось системное представление о существовании паразитарных видов возбудителей болезней человека и животных. Такой подход определил развитие теоретических основ эпидемиологии и новый принцип борьбы с инфекционными болезнями. На основе общей теории систем, предложенной в 30-е годы Л. Берталанфи, и теории всеобщей организации наук А. А. Богданова в последние годы разработана концепция саморегуляции паразитарных систем, давшая новый класс мер в борьбе с заразными болезнями на основе расшифровки механизма саморегуляции эпидемических (эпизоотических) процессов отдельной паразитарной системы, в том числе и чумы⁵.

Согласно модели биогеоценоза, разработанной В. Н. Сукачевым, биоценоз, будучи составной частью биогеоценоза, включает в себя два основных компонента: зооценоз и фитоценоз. Эта модель дает объективное представление о крупных «блоках» системы биоценоза, принципиально разных по составу элементов, весьма сложных по структуре, но объединенных в «единое функциональное целое».

Исходя из графического изображения биоценоза, данного В. Н. Сукачевым, эпизоотии чумы можно рассматривать как паразитарную систему, входящую в зооценоз. Подобных паразитарных систем в зооценозе отдельных биоценозов множество: в одних это паразитарные системы туляремии и лептоспироза, в других — псевдотуберкулеза и листериоза и т. п. Свои паразитарные системы имеют и фитоценозы. Будучи относительно самостоятельными в саморегуляции, они постоянно взаимодействуют между собой, имея иногда общие элементы.

Паразитарные системы биоценозов эволюционно вторичны, т. е. возникли как экологическая ниша и источник патогенных микроорганизмов⁶. Общее свойство таких систем, независимо от типа, в том, что каждый из элементов может одновременно входить в несколько систем «не целиком», а лишь своими отдельными признаками, определяющими стойкость той или иной системы. В пространственной структуре ряда отличных по структуре биоценозов (пустыни, полупустыни, горные степи и др.) определенное место занимают паразитарные системы чумной эпизоотии.

Эта сложная биологическая система состоит из трех основных элементов: теплокровных животных-грызунов (носителей чумы), насекомых — блох (переносчиков чумы) и чумного микроба (возбудителя болезни). Каждый из этих связанных между собой элементов имеет свою организацию и функционирует как система на основе саморегуляции в условиях внешней среды⁷.

Это общее положение наглядно представлено в моделях авторегуляции численности грызунов и насекомых⁸.

Используя модель Г. И. Викторова, можно графически изобразить схему саморегуляции трех основных участников эпизоотического процесса чумы и их взаимодействия. Внешние и внутренние факторы регуляции численности популяции грызунов, насекомых и паразитарных бактерий сходны. Это не мешает их объединению в эпизоотическом процессе, где переносчик и возбудитель чумы, паразитируя на теплокровных животных, имеют общую пищевую основу. Восприимчивые к чуме грызуны обеспечивают пищей (кровью) и паразитирующих на них блох, и чумной микроб, причем не

⁶ Павловский Е. Н. // Вестн. АН СССР. 1939. № 10. С. 98—108.

⁷ Черкасский Б. Л. Системный подход в саморегуляции эпидемиологического процесса. М., 1988.

⁸ Шилова С. А., Шилов М. И. // Зоол. журн. 1977. Т. 56. Вып. 10. С. 1529—1536; Викторова Г. И. Экология паразитов-энтомофагов. М., 1976. С. 150.

⁴ Беляков В. Д., Голубев Д. Б., Каминский Г. Д., Тец В. В. Саморегуляция паразитарных систем. М., 1987. С. 235.

⁵ Козлов М. П. Чума (природная очаговость, эпизоотология, эпидемические проявления). М., 1979. С. 190.

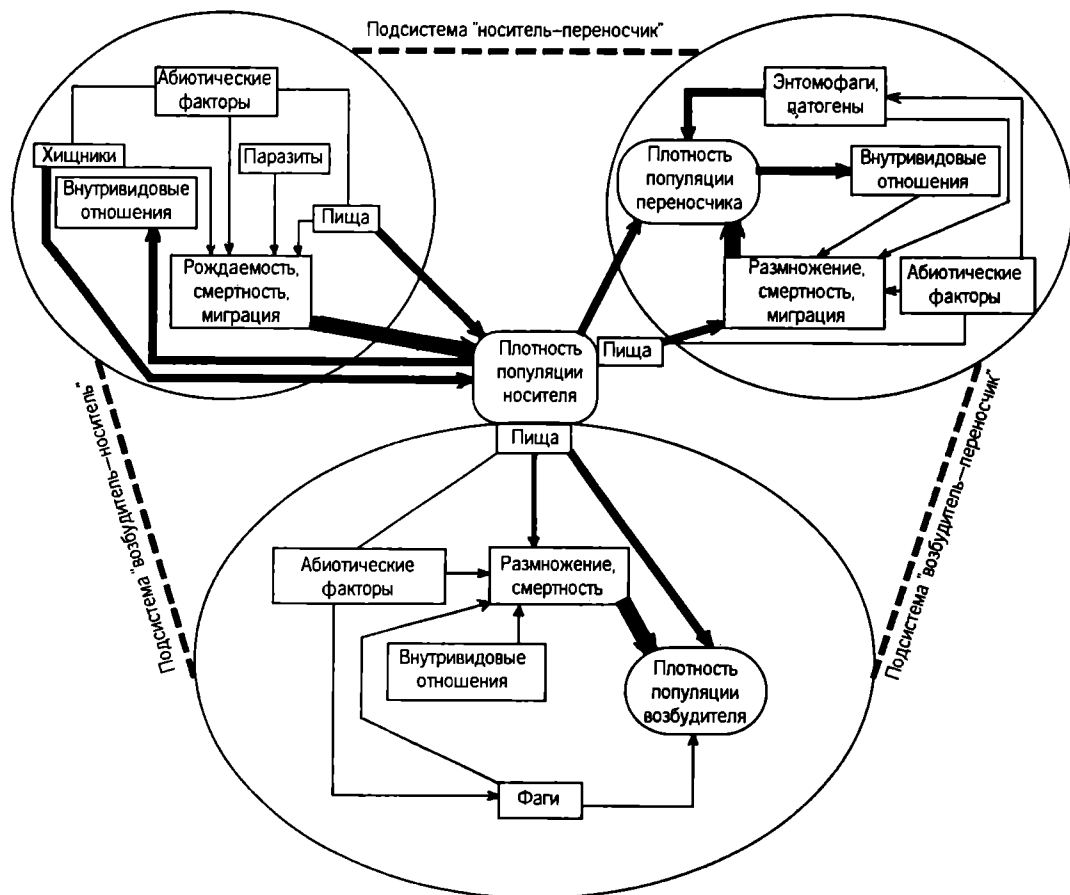


Схема взаимоотношений между элементами эпизоотической системы на популяционном уровне.

только пока он находится в организме теплокровного животного, но и тогда, когда он с кровью попадает в желудочно-кишечный тракт блох. При повторном кровососании этих насекомых на больных или здоровых животных чумной микроб активно размножается в преджелудке и желудке блох вплоть до образования микробной пробки. Это затрудняет поступление крови при питании насекомого, и смывы с такой пробки при очередных попытках к кровососанию попадают в ранки животных, заражая здоровых особей чумой. Непрерывность передачи чумного микроба от одного животного к другому в популяциях зверьков обеспечивается авторегуляцией численности носителей чумы (грызунов) и переносчиков (блох), а также скорректированностью их взаимосвязей.

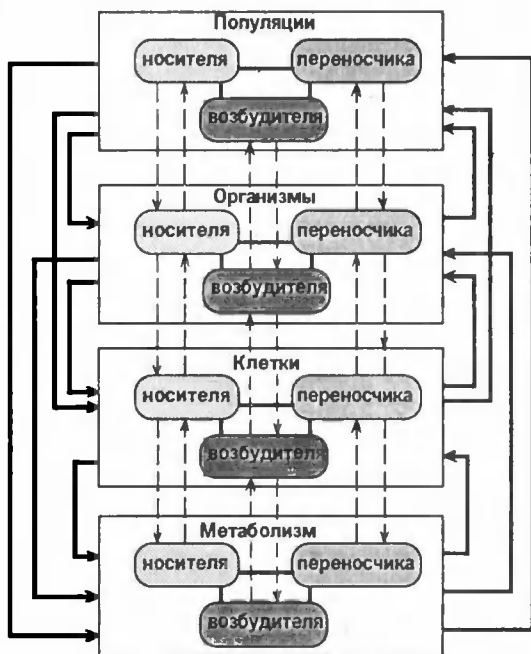
Интенсивные эпизоотии обычно возникают в популяциях грызунов, восприимчивых к чуме, при высокой плотности их поселений, достаточной численности переносчиков возбудителя чумы и при наличии вирулентных штаммов. Но, как и во всяком другом биологическом явлении, в развитии самой эпизоотии заложено ее диалектическое самоотрицание. Его сущность заключается в том, что в силу общего закона устойчивости биологических систем система, в которой протекает эпизоотический процесс, удерживается от разрушения за счет ее сопротивления внутренним и внешним отрицательным воздействиям. В системе эпизоотического процесса чумы это обеспечивается нарастанием сопротивления в популяциях грызунов и блох движению чумного микроба за счет гибели больных чумой зверьков, снижения численности блох и скорости переноса возбудителя болезни от зверька к зверьку, а также благодаря иммунитету у переболевших чумой. В этих условиях ин-

тенсивность эпизоотии снижается достаточно часто до критического предела, когда эпизоотии затухают. Но и при этом движение возбудителя чумы в популяциях носителей не прекращается... В дальнейшем, по мере снижения «давления» паразитарного вида (микробы чумы) на популяцию носителей, численность грызунов повышается, одновременно восстанавливается физиологическая реактивность популяции за счет нового поколения. С увеличением численности зверьков нарастает численность блох, что улучшает условия переноса чумного микроба и повышает его вирулентность. Наступает новый цикл развития интенсивных эпизоотий.

Качественные проявления эпизоотического процесса то в виде эпизоотий, то в виде спорадических заболеваний зверьков — по существу, лишь «надводная часть айсберга» паразитарной системы, обычно обнаруживаемая на организменном, клеточном и молекулярном уровнях. Это предопределяет необходимость изучения системы эпизоотического процесса чумы на всех уровнях структурно-иерархической организации одновременно, комплексно, программно. Успех в изучении этого сложного явления лежит на пути улучшения организации и методологии научных исследований.

Наиболее сложна задача предупреждения спорадических случаев заражения людей в природных очагах. Такое заражение возможно не только во время интенсивных эпизоотий среди диких грызунов, но и когда эпизоотический процесс еле теплится. Предупредить заражение человека чумой не представляется возможным без глубокого изучения механизма саморегуляции эпизоотического процесса на всех фазах его развития и без серьезного вмешательства в природные биоценозы. Это обстоятельство обязывает к продолжению разработки научно обоснованных методов управления численностью носителей и переносчиков чумы, а в конечном итоге и эпизоотическим процессом. Как же решается эта проблема в нашей стране?

Изучением природной очаговости и эпизоотий чумы, разработкой профилактических мер, направленных на предупреждение заболеваний чумой людей и возникновения эпидемий, у нас занимаются шесть специализированных институтов. Под их руководством на огромной энзоотичной по чуме территории 29 научно-производственных станций и более 50 противочумных отделений ведут караульную службу, осуществляя эпидемический надзор в очагах, и одновременно с этим принимают экстренные меры в случае эпидемических осложнений. Этой



Горизонтальные и вертикальные связи между элементами эпизоотической системы на различных уровнях. Между составляющими блока на каждом уровне действуют функциональные (сплошные линии) и генетические связи (пунктир).

огромной научной и практической деятельности мы обязаны относительным благополучием с заболеваемостью чумой в нашей стране в последние 50 лет.

Но, к сожалению, в изучении сложного явления природной очаговости и эпизоотий чумы пока еще господствует дисциплинарная разрозненность. На примере отдельных элементов эпизоотической системы (чумного микроба, отдельных видов грызунов и блох) изучаются зачастую общеприкладные вопросы, имеющие слабое отношение к пониманию самой системы. Внесистемное накопление новых фактов, иногда весьма интересных, вводит в сторону от главной цели и тем самым усложняет борьбу с чумой. Труднопреодолимым оказался переход в НИИ к междисциплинарным комплексным программным исследованиям на программно-целевой основе. Между тем программно-целевое планирование — залог реальности решения задачи, стоящей перед здравоохранением в области борьбы с чумой.

Природная очаговость чумы

А. И. Дятлов



Алексей Ильич Дятлов, доктор биологических наук, заведующий лабораторией медицинской зоологии Научно-исследовательского противочумного института Кавказа и Закавказья. Занимается вопросами природноочаговых бактериальных болезней, особенно чумы, а также вопросами эволюции. Автор монографии: Эволюционные аспекты в природной очаговости чумы (Ставрополь, 1989 г.). Впервые опубликовался в «Природе» в 1948 г.

БОРЬБА с описательной, интуитивной и в этих случаях почти всегда априорной оценкой фактов и явлений в естествознании, основанной на однажды принятой научной концепции,— трудное и часто весьма драматическое занятие. Вместе с тем вся история научного прогресса связана с отказом от старых концепций, не согласующихся с новыми фактами. Причины ошибочности старых взглядов вполне закономерны, так как они формировались в полном соответствии с современным им уровнем знаний и доступными методами исследования.

Нельзя винить Птолемея в том, что он не разобрался в механике Вселенной, или Ньютона за непризнание эффектов релятивистской физики. Конечно, Ламарк не мог себе представить, насколько «вирулентными» окажутся созданные им «возбудители научных заблуждений» в форме совершенно очевидных, но тем не менее ни на чем не основанных утверждений о «внутренних стимулах к совершенствованию» и о «наследуемости приобретенных признаков».

Видимо, не столь обширным, но не менее ошибочным стало представление о существовании возбудителей бактериальных инфекций в природных очагах исключительно благодаря непрерывной цепи пассажей между восприимчивыми теплокровными (носителями).

Так, Д. К. Заболотный, выделив в 1911 г. возбудителя чумы человека от больного сурка, рассматривал этот факт как последнее подтверждение высказанной им ранее (1899) гипотезы о постоянном независимом от человека существовании чумного микроба в природе среди грызунов некоторых видов. Вначале научная общественность отрицательно отнеслась к такой возможности. Однако вскоре гипотеза обрела многих сторонников. В 1910—1920 гг. этому способствовали многочисленные факты естественной зараженности чумой грызунов разных видов и их специфических блох (переносчиков чумы) на громадных просторах юга нашей страны. Разветвленная сеть противочумных станций, появившаяся в последние 30—40 лет, ежегодно исследовавших на чуму

миллионы диких грызунов и их блох, значительно увеличила число таких фактов.

Зона природной очаговости чумы на территории нашей страны с общей площадью более 150 млн. га ограничивается на севере 51° с. ш. (на юге она уходит далеко за пределы государственных границ) и распадается на ряд отдельных очагов, где иногда на десятках участков и независимо друг от друга, ежегодно или с перерывами (в несколько лет или несколько десятков лет) обнаруживают зараженных животных.

Такие эпизоотии среди грызунов, представляющих в ряде случаев угрозу для человека, с одной стороны, стали основой профилактики чумы, с другой — позволили собрать громадный научный материал о механизме природной очаговости болезни. В результате большой ряд закономерностей эпизоотологии и природной очаговости чумы, заявленных в первые десятилетия исследования этого природного явления, были поставлены под сомнение.

Чумной микроб — достаточно строгий ауксотроф. Для его нормальной жизнедеятельности необходимы незаменимые аминокислоты (для разных рас разные), которые имеются в организме теплокровных хозяев, но которых мало (или нет совсем) во внешней среде, в том числе и в почве.

Наиболее вероятной средой обитания микроба, кроме организма хозяина и переносчика, может быть только почва, где чумной микроб в неизменной форме может существовать в разных условиях от нескольких дней до месяцев и даже одного-двух лет (в некоторых случаях даже размножается). Но, как полагает большинство исследователей, в почве количество клеток постепенно снижается, а затем отмирает, так что, видимо, в этой среде чумной микроб долго не живет.

Неспособность возбудителя чумы к устойчивому существованию в паразитарной системе «грызун — блоха» и отсутствие каких-либо иных сред обитания (при том, что чума сохраняется на протяжении многих десятилетий) сделали проблему механизма энзоотии этой болезни открытой.

В последние годы появились всевозможные альтернативные гипотезы этого механизма. Но главный вывод, который можно сейчас сделать вполне определенно, — отказ от непрерывности эпизоотического процесса¹. Оказалось, что эпизоотии,

как правило, быстро прекращаются после первичных заражений животных или небольшого числа пассажиров между ними и возобновляются без связи с предыдущими через неопределенные промежутки времени (нередко через многие десятилетия).

За многие годы получен большой материал, проливающий свет на возможный механизм энзоотии чумы. Это дает повод обратиться к широкому читателю. Тем более, что ограничение подобных публикаций в прошлом привело к полной неосведомленности населения о проблеме чумы в нашей стране. Вместе с тем чума не должна быть обречена на полное забвение хотя бы потому, что, несмотря на сегодняшнее относительно благополучие с ней, нужно помнить: на протяжении истории она унесла больше человеческих жизней, чем все войны вместе взятые.

Находка в природе зараженного чумой какого-либо животного не доказывает никакой из версий о механизме существования возбудителя в очаге. Подобный факт удовлетворяет любую гипотезу. Доказать самоликвидацию эпизоотий среди грызунов и их блох, количество которых в природных очагах часто исчисляется миллионами, очень сложно, так как для этого необходимо обследовать всех животных без исключения.

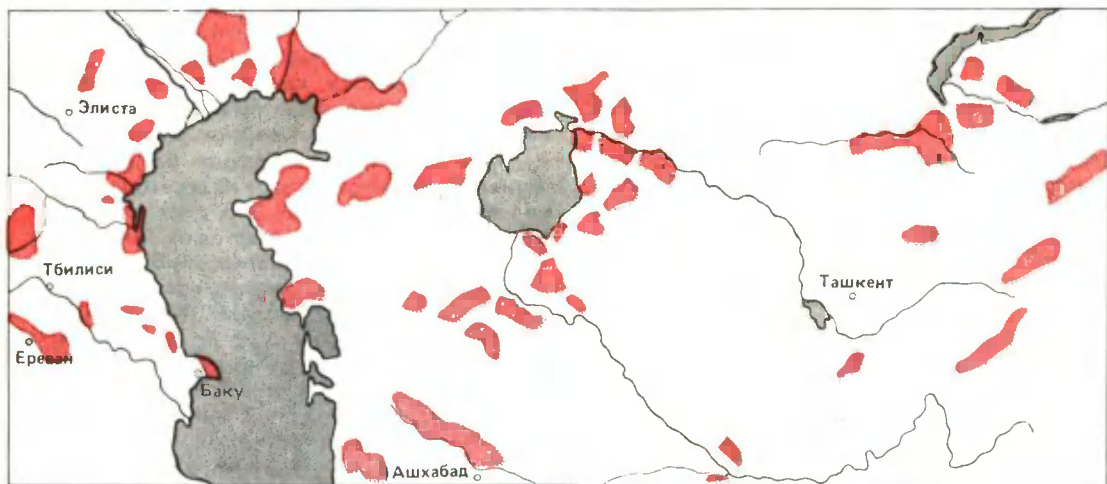
Одно из главных условий существования природного очага чумы, которое предусматривает концепция непрерывного пассивирования возбудителя, — наличие больших пространств, заселенных грызунами-носителями и блохами-переносчиками с устойчиво высокой численностью.

Сейчас известны десятки случаев, когда возбудителя чумы обнаруживали в изолированных поселениях грызунов площадью всего в несколько гектаров. При этом огромная близлежащая территория была свободна от чумы на протяжении многих десятков лет. К тому же в таких местах плотность населения грызунов часто была небольшой и не отличалась устойчивостью — микроб чумы находили всего у одного или двух-трех животных.

Следовательно, если большие пространства поселений носителей чумы не составляют неперемного условия устойчивости ее энзоотии, то в мелких поселениях эту устойчивость должны обеспечивать какие-то иные механизмы. В данном случае речь идет о механизме вечного существования чумного микроба в природном очаге чумы, обеспеченного устойчивыми биологическими причинами.

Самое тщательное обследование но-

¹ Более подробно эти проблемы рассматриваются в кн.: Дятлов А. И. Эволюционные аспекты в природной очаговости чумы. Ставрополь, 1989.



Обобщенные участки местных проявлений чумы в основных ее очагах (цветные пятна).

сителей и переносчиков в наиболее вероятных местах сохранения микроба между эпизоотиями не выявляет эпизоотический процесс. Вместе с тем зачастую на этих территориях после многолетнего перерыва наблюдаются спорадические одиночные заражения животных одновременно в десятках — сотнях отдельных, не связанных между собой пунктах. Это говорит о множественности мест «сохранения» возбудителя и о сравнительной простоте задачи выявления чумы в очаге в любое время, если бы она не исчезла полностью, а сохранялась путем непрерывного пассирования возбудителя.

В пяти равнинных природных очагах Кавказа за последние 40 лет учтено 122 отдельных проявления эпизоотий чумы среди грызунов на автономных участках, обнаруженных после длительного (5—40 лет) отсутствия зараженных животных, или на участках, где их никогда не было. Всего обнаружено 435 пунктов с зараженными животными (грызуны и блохи). Из общего числа проявлений чумы при повышенной численности грызунов и блох отмечено 22 проявления (18 %); при низкой численности — 58 (48 %), остальные 34 % случаев приходятся на условия с недостаточно выраженной плотностью населения. Значит, возрождение эпизоотий после длительного перерыва не связано с численностью носителей и переносчиков чумы. При эпизоотическом механизме энзоотии чумы такая связь отмечалась бы обязательно.

Если посмотреть с другой стороны, то при длительных межэпизоотических периодах значительные подъемы численности носителей и переносчиков в очагах не вызывали их активизацию. В большинстве случаев активность очагов увеличивалась независимо от численности носителей и переносчиков (т. е. независимо от механизма передачи). Кстати, анализ других возможных причин, вызывающих активизацию очага, не выявил связи между состоянием климатических или биотических факторов и моментом активизации очага. Несмотря на большое внимание, которое уделяет противочумная служба прогнозированию возможной активизации очага, в большинстве случаев она непредсказуема.

Почти в половине пунктов первичного выявления чумы после длительных периодов покоя регистрируются достоверно одиночные заражения животных, выздоравливающих или погибающих от чумы без дальнейшего развития эпизоотии. Иногда одиночно зараженных, случайных в носительстве чумы грызунов находят в местах, где нет типичных носителей.

Известны большие по площади участки очаговости, в которых по каким-либо причинам исчез основной носитель или отсутствует переносчик, но чума проявляется в форме эпизоотий или одиночных заражений случайных носителей (Забайкальский очаг, Прикаспийский северо-западный очаг, Калининский и Степанованский районы в Закавказском высокогорном очаге). Места первичного проявления чумы часто приурочены к мезофильным участкам в ксероморфном ландшафте (более 80 %), что может объясняться причинами, не связанными с возникновением эпизоотий.

Все эти наблюдения, основанные на большом фактическом материале, свидетельствуют о существовании чумного микроба и о возможности заражения животных помимо эпизоотического процесса.

В передаче возбудителя чумы блохами от одного грызуна к другому необходимо выделить два важных момента. Во-первых, у блох-переносчиков должен образоваться так называемый чумной блок преджелудка — закупорка его комком микробных клеток. Без этого блохи не способны заражать. У видов блох-переносчиков такой способностью обладает только часть особей (10—80 %), причем «блокированная» блоха погибает через несколько дней. Во-вторых, у наиболее распространенных грызунов-носителей (большая песчанка, обыкновенная полевка и др.) часть особей (10—90 %) обладает относительной устойчивостью к чуме (не заболевает или болеет остро и выздоравливает без возникновения бактериемии). Такие зверьки не могут передавать возбудителя через блох. Популяции грызунов обычно полиморфны по признаку «инфекционная чувствительность». Для передачи заболевания необходима некоторая вероятность распространения возбудителя из одной норы в соседнюю или более отдаленные. Она складывается из вероятностей заноса зараженной блохи в соседнюю нору, возникновения у нее блока преджелудка и попадания ее на грызуна, способность заболеть с образованием бактериемии.

Расчеты показывают, что в реальной обстановке эпизоотический процесс прекращается через один-два пассажа. Наблюдения в природе — на участке, где встречались естественно зараженные носители и переносчики — также показали отсутствие эпизоотического процесса. Об этом же говорят и эксперименты.

В одну-две сложные норы выпускалось по 8—10 больших песчанок, выловленных в удаленных друг от друга местах, а также по 2—3 тыс. блох, собранных в соседних норах. Пробные индивидуальные обследования показали, что из 100 блох в каждой группе чумой были заражены 20—30 %. Однако после полутра месяцев наблюдения заражение и гибель песчанок от чумы в опытных норах не отмечались. В изолированных, искусственно созданных норах больших песчанок подобные опыты продолжались несколько лет, не обнаруживая заражения этих грызунов.

Таким образом, экспериментально было доказано, что в природных очагах чумной микроб существует, несмотря на неустойчивость эпизоотического процесса. Для

бесконечно долгого существования микроба в природных очагах должен действовать какой-то иной, по-видимому непаразитарный, механизм.

Выяснением причин устойчивости энзоотии чумы исследователи занимаются уже несколько десятилетий. Наряду со всеобщим признанием нерешенности вопроса, эпизоотический механизм считается «классическим», официально признанным способом существования возбудителя чумы в ее природных очагах. Такое устойчивое противоречие не вызывает особого протеста ни у исследователей, ни у министерского руководства, ведающего профилактикой болезни, так как пока нет достаточно достоверной альтернативы. Вместе с тем такие обоснованные заключения, как недостаточность эпизоотического процесса для существования энзоотии чумы, пребывание микроба на определенных территориях независимо от заселенности ее носителями и переносчиками и их обилия, уже сейчас должны использоваться в профилактической стратегии этой болезни. Но, к сожалению, практическое здравоохранение в используемых принципиальных основах профилактики сильно отстает от достижений науки.

Известно более 30 гипотез устойчивого существования возбудителя чумы в природных очагах. Они представлены в многочисленных научных сообщениях и доступны только специалистам. В науке есть большая группа интуитивно определенных, но непроверенных утверждений об адаптивной сущности некоторых свойств эпизоотической триады: носитель, возбудитель, переносчик. В частности, таково утверждение о глубокой специализации чумного микроба к паразитизму.

Поэтому, если начинать все сначала, освободившись от утверждений, не обоснованных фактическими наблюдениями, то современные знания природной очаговости чумы, которые имеют отношение к выяснению ее механизма, могут быть сведены к следующему.

Природные очаги чумы распространены в нашей стране в открытых ландшафтах на части территории, заселенной грызунами-норниками и их блохами, независимо от их систематического положения, размера и плотности поселений, динамики численности и экофизиологических особенностей. Участки с местными проявлениями чумы, независимыми от других территорий, имеют размеры от нескольких гектаров до сотен тысяч гектаров и, как правило, приурочены к местам с повышенным увлажнением грунта (приморские, приречные и приозерные рав-

нины, места с благоприятными условиями накопления атмосферных осадков, с повышенным подпором грунтовых вод, высокогорья, где количество атмосферных осадков резко увеличено по сравнению с равнинами и др.). В ряде случаев доказана приуроченность стойких проявлений чумы к местам с повышенным содержанием в почве органики различного происхождения. Обычно эпизоотии у грызунов прекращаются через один-три пассажа, что соответствует 1—4 мес. В большинстве случаев одиночное первичное заражение животных не вызывает эпизоотии чумы. Только у больших песчанок в пустынях Средней Азии и Казахстана, где масса блох-переносчиков создает благоприятные условия для эпизоотического процесса, он длится иногда продолжительное время. Всегда первичное заражение грызунов происходит не паразитарным путем, продолжающим непрерывную цепь передач между восприимчивыми животными, а из какого-то иного, сегодня еще не выясненного источника заражения. На основании многолетних наблюдений за природными очагами чумы можно прогнозировать новые эпизоотии или одиночные заражения животных. Но нельзя определить время их появления, так как пока не удалось обнаружить их связи с земными или космическими периодическими явлениями, состоянием климатических почвенных и растительных факторов, а также с численностью носителей и переносчиков.

Итак, любая эпизоотическая цепь передач возбудителя конечна. Заканчиваясь, каждая эпизоотия теряет возбудителя, так как в единственной из возможных иных сред его обитания — почве — он погибает намного раньше, чем кончается текущий межэпизоотический период.

Значит, если микроб отмирает после каждой эпизоотии и возбудитель очередной болезни генетически не связан с предыдущей, то чумной микроб не совершенствуется как паразит. Все эволюционные сдвиги (отбор на успех в паразитизме в организме хозяина и переносчика) утрачиваются в конце эпизоотии. Возникающая на этом же месте через три-пять или 100 лет новая эпизоотия, вызывается «неискушенным» в паразитизме микробом. Если сделать более широкое обобщение, то чумной микроб не должен иметь адаптивных приспособлений к паразитизму. Попробуем проверить правоту такого предположения.

На чем основывается всеобщая убежденность в приспособлении чумного микроба к паразитизму? На том, что он кровепаразит. Но это совершенно неверно: он не способен к гемолизу эритроцитов; не имеет органы

тропности; задерживается в печени, селезенке и регионарных лимфоузлах, как в фильтрах, попадает в различные органы и в кровь только после развития сепсиса — неспециализированной формы инфекционного процесса, свидетельствующей о несовершенстве и эволюционной молодости взаимоотношений макро- и микроорганизмов.

Как приспособление к паразитизму рассматривают и наличие у чумного микроба капсулы, несущей основной антиген, так называемую фракцию 1. Это свойство микроба детерминировано специальной плазмидой — внутриклеточным вирусоподобным включением. Микроб образует капсулу только в организме теплокровного хозяина или на искусственных питательных средах при температуре 37 °С. При более низких температурах, а следовательно, и во внешней среде эта и другие плазмиды исчезают. Может ли капсула служить признаком адаптации к паразитизму? Ведь именно на капсульный антиген макроорганизм вырабатывает антитела, а сам по себе он не связан с вирулентностью.

К адаптивным признакам паразитизма у чумного микроба относят и присутствие токсинов. Считается, что ядовитость токсинов — приспособление к умерщвлению теплокровного хозяина. Но если даже не обращать внимание на то, что основным направлением эволюции всех форм паразитов — мутуализм (т. е. терпимые отношения с хозяином), а не совершенствование средств убийства, то все равно непонятен механизм эволюции ядовитости. Самым ядовитым токсином обладает палочка ботулизма — сапрофит. Возникновение токсина у нее связано не с паразитизмом (она ведь утилизирует мертвую органику), а скорее с несовершенством биохимических процессов, происходящих в клетке в анаэробных условиях. Такое несовершенство обменных процессов возможно и у чумного микроба, так как по сравнению с ближайшим родственником — псевдотуберкулезным микробом — у него выключен крупный сектор хромосомы. Токсин чумного микроба может быть просто шлаком, выбросом продукта неполноценного обмена.

Следовательно, представление об отсутствии у чумного микроба специальных приспособлений к паразитизму не так уж необоснованно. Вполне возможно, что этот микроб-убийца эволюционно очень молод и не имеет адаптивных приспособлений к паразитизму.

Принимая во внимание конечность любой эпизоотической цепи, неспособность

чумного микроба постоянно обитать в почве — единственно возможной среде обитания, остановимся на версии о глубокой изменчивости чумного микроба с приобретением способности к существованию в почве (как сапрофит).

Чумной микроб *Versinia pestis* входит в группу родственных микроорганизмов *V. enterocolitica* и *V. pseudotuberculosis*, причем оба они — типичные сапрофиты. Между чумным микробом и псевдотуберкулезным много общего, а различия, в основном, количественные. Это прежде всего подвижность псевдотуберкулезного микроба (часть его штаммов содержит подвижные клетки) и отсутствие у него плазмид возбудителя чумы. Ареал микроба псевдотуберкулеза гораздо шире чумного, и он всегда присутствует в местах чумных эпизоотий. Известны факты изменчивости чумного микроба, приобретающего, в частности, форму не отличимую от микроба псевдотуберкулеза. Часть из них произошла случайно, в старых культурах чумного микроба, другая — в воспроизводимых экспериментах при воздействии на чумной микроб бактериофага или антибиотиков. У новообразованных штаммов появляются отсутствующие у чумного микроба (и имеющиеся у псевдотуберкулезного) ферменты, так что можно говорить об идентичности геномов обеих форм и о том, что часть генома у чумного микроба подавлена. Это и определяет генетический механизм различия обеих форм. У новообразованного псевдотуберкулезного микроба исчезают плазмиды (возможно, встраиваются в геном) и капсула, что под-сказывает, как она образовалась.

О превращении псевдотуберкулезного микроба в чумной ученые знали еще с 20-х годов нашего столетия. Однако это интереснейшее явление до сих пор не изучено. Одной из главных причин этого было опасение впасть в лысенковщину, где взаимопревращение видов, пожалуй, краеугольный камень. На первый взгляд, и в нашем случае происходит видообразование псевдотуберкулезного микроба из чумного. Однако нельзя забывать, что критерии вида в зоологии и ботанике совершенно не применимы к

прокариотам и бактериям. В частности, здесь нет не только репродуктивной изоляции, на которой основано понятие вида, но, как правило, даже пола и объединения наследственного материала. Виды у бактерий — всегда формальная таксономическая единица, образованная по произволу исследователя, хотя в большинстве случаев и на основе существенных различий. Мнения разных исследователей могут не совпадать, и возможный арбитр был бы в крайнем затруднении, так как четких критериев нет. Так, международный таксономический подкомитет по *Versinia* решил считать чумной микроб подвидом псевдотуберкулезного. Отечественные же бактериологи, учитывая большое практическое значение обоих микробов, не согласились с этим решением, основанным только на биологических характеристиках.

Значит, превращение чумного микроба в псевдотуберкулезный в лабораторных условиях нельзя считать нарушением концепции о невозможности перехода одного вида в другой. Здесь речь не о биологических видах.

Значение описанной изменчивости микробов для понимания механизма природной очаговости трудно переоценить. Все непонятные факты внезапного появления зараженных чумой животных, часто в самых неподходящих с точки зрения паразитарного механизма эпизоотии местах, нашли бы простое объяснение: чумной микроб образуется из постоянно обитающего в почве сапрофитного псевдотуберкулезного микроба. В десятках случаев при отсутствии эпизоотий чумы и даже за пределами их природных очагов (скажем, в Ленинграде) от разных видов грызунов выделялись штаммы с признаками как псевдотуберкулезного, так и чумного микроба. Эти факты поддерживают жизнеспособность версии, но не решают проблемы. Она ждет своих любознательных исследователей.

Рассматриваемый вопрос, по-видимому, значительно шире одной только проблемы чумы, хотя и она достаточно серьезна. Похоже, сходное положение и с природной очаговостью лептоспирозов, туляремии, холеры и других бактериальных инфекций.

Всемирная стратегия охраны природы на 90-е годы

В. А. Красилов,

доктор геолого-минералогических наук
Институт охраны природы и заповедного дела
Москва

21 октября 1991 г. в Москве на конференции в тогда еще существовавшем Министерстве природопользования и охраны окружающей среды СССР была оглашена новая Всемирная стратегия охраны природы. В тот же день она обсуждалась и принималась еще в 60 столицах мира. Обширный документ получил название «Забота о Земле — стратегия устойчивого существования».

Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) совместно с Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и Всемирным фондом дикой природы (ВВФ) впервые выдвинули идею разработки Всемирной стратегии в конце 70-х годов. В ней фокусировалось внимание на опасных изменениях в биосфере Земли и предлагался ряд мер по их смягчению. В первой стратегии подчеркивалась необходимость учета экологических факторов в процессе социально-экономического развития и впервые был применен термин «устойчивое развитие».

В конце 80-х годов стало очевидным, что необходим новый документ, учитывающий происшедшие в мире изменения и опыт реализации первой стратегии. Он появился в итоге трехлетней работы правительственных и неправительственных организаций, сотен ученых и экспертов многих стран, в том числе и нашей, под руководством МСОП, ЮНЕП и ВВФ.

Документ состоит из трех частей. В первой провозглашаются девять принципов «устойчивого существования»: уважать и заботиться о всем существе на Земле; повышать качество жизни; сохранить жизнеспособность и разнообразие экосистем; предотвратить истощение невозобновляемых ресурсов; развиваться в пределах потенциальной емкости экологических систем; изменить сознание человека и стереотипы его поведения; поощрять социальную заинтересованность общества в сохранении среды обитания; выработать национальные концепции интеграции социально-экономического развития и охраны окружающей среды; способствовать достижению единства действий на мировом уровне. Во второй и третьей части даются рекомендации для претворения этих принципов устройства рационального общества в жизнь, изложена предполагаемая последовательность мероприятий.

ВСЕМИРНАЯ стратегия — это обобщение мирового опыта природоохранной деятельности и мировой природоохранной философии. В то же время она прокладывает путь в будущее. Стратегия имеет как практическое, так и этическое значение, причем последнее, на мой взгляд, важнее. Практические шаги — прерогатива национальных программ, и Стратегия, ни в коей мере не заменяя их, дает только основные ориентиры. Поэтому главное — это этические принципы, которые в ней содержатся.

Стратегия ставит две основные цели: выживание человечества и философское определение смысла жизни человека. Выживание не является сугубо человеческой задачей (в этом смысле человек мало отличается от других живых существ). Перспектива сохранения человека как вида сейчас проблематична. Нам кажется, что угроза гибели человечества, подобно библейским пророчествам, носит отдаленный и отвле-

ченный характер. Для меня же, как палеонтолога, эта угроза вполне реальна. Палеонтологическая летопись зафиксировала вымирание десятков миллионов видов, и среди них есть виды, принадлежащие к человеческому роду. Нужны большие, может быть сверхчеловеческие, усилия, чтобы нас не постигла судьба видов, вымерших на протяжении геологического времени.

Когда молодой вид вступает на арену эволюционной борьбы, он обладает большой агрессивностью и стремится заполнить весь мир своим потомством, но это не удается, и перед ним возникает альтернатива: исчезнуть с лица Земли или приспособиться. Чтобы приспособиться, т. е. войти в экосистему как ее необходимый компонент, не нужна чрезмерная агрессивность. Только при поверхностном знакомстве с эволюционной теорией может сложиться впечатление, что более сильные и агрессивные являются наиболее приспособленными. На самом деле это не так, ин-

че Земля давно была бы населена сверхгигантами. Успех в жизненной борьбе приносят не эти качества, а способность найти свою экологическую нишу и не мешать остальным. В переполненном автобусе агрессивный пассажир может какое-то время расчищать себе место, расталкивая других, но в конце концов его выбросят из автобуса. Это грубая метафора, но, по существу, с человечеством может произойти нечто подобное. Человечество — молодой вид, ему всего несколько десятков тысяч лет, что по эволюционным масштабам срок небольшой. Находясь в наиболее агрессивной стадии своего развития, он пытается осознать, что либо он «впишется» в биосферу, приспособится к ней, найдет в ней свою экологическую нишу, либо его постигнет судьба вымерших видов.

Среди принципов, провозглашенных в Стратегии, наиболее спорный и не совсем привычный для нас — регуляция численности, или семейное

планирование. Ведь у нас, как и в других тоталитарных государствах, всегда традиционно поощрялся рост рождаемости.

К числу наиболее острых проблем сегодня относится сохранение традиционного образа жизни малочисленных народов. Мы начинаем понимать, что человек может прожить полноценную и счастливую жизнь, как его предки на Чукотке или в Амазонии. Однако такой традиционный образ жизни возможен лишь при сохранении низкой численности населения. Когда эскимосы при малой плотности популяции имели возможность перемещаться по побережью Чукотки, не нанося ущерба среде, традиционный образ жизни и традиционное природопользование могли сохраняться веками. С ростом населения сохранение традиционного образа жизни становится все проблематичнее.

Другой полюс — западная цивилизация, которую мы считаем современной. (При этом, люди жившие вдали от нее, вряд ли были менее счастливы, но их удалось соблазнить блеском разноцветных стеклянных бус.) В конечном счете, вся машинная цивилизация — это те же бусы, которые все больше прельщают население земного шара и ведут к унификации образа жизни. Сила же человека и его способность к выживанию — в разнообразии жизненных укладов.

Возвращаясь к регулированию численности населения, следует сказать, что западная цивилизация нуждается в нем не меньше, чем области традиционного природопользования. Она не может существовать при большей плотности населения, чем достигнута сегодня в развитых странах.

В Стратегии уделено немало внимания устойчивому («неистощительному») использованию ресурсов. Эта тема нова и вряд ли нуждается в комментариях. Достаточно сказать, что только такое отношение к ресурсам оставляет надежду на пользование ими будущим поколениям.

Еще одна проблема, тесно связанная с использованием ресурсов и плотностью населения, — экологическая емкость

природных зон. Так, в бореальных лесах (в отличие, например, от саванн) человеческие популяции не могут достигать высокой численности, не уничтожая существующих экосистем. Результаты их перенаселения — так называемые германские миграции, а в сущности, борьба за жизненное пространство и бесконечная череда войн. Стратегия гармонизации человеческой деятельности и природы заключается в том, чтобы лес оставался лесом, степь — степью, тундра — тундрой, несмотря на использование их ресурсов.

В Стратегии имеются определенные ориентиры в отношении сокращения количества отходов и загрязнений. Очевидно, что, как и регулирование численности человеческих популяций, это необходимо, чтобы выжить.

Что же касается этических и философских проблем, то и у высших животных существуют определенные нормы поведения, но они распространяются только на родственные организмы, на представителей данной генетической линии. Только домашние животные включают в сферу своей этики человека, но это аномалия. Несомненно, человек в начале своего эволюционного пути вел себя в этическом плане как животные, т. е. этично только по отношению к ближайшим родичам. На следующем этапе нормы распространились на племя, затем — на нацию или расу, что тоже имеет генетическую основу, хотя и расширенную. Только в последнее время утвердился гуманистический принцип эпохи Возрождения, который заключается в том, что человек вообще, каждый в отдельности, представляет высшую ценность. Но те принципы гуманизма, которые так гордо звучали еще недавно, сейчас представляются недостаточными. В литературе для них появилось новое обозначение — специализм, видовой эгоизм. Человек еще только подходит к мысли, что в сферу этики должно быть включено все живое. Звание «разумный» было дано человеку в виде большого аванса, и до сих пор он его не оправдал. Сейчас мы много говорим о духовной жизни и духовных потребностях, связывая

их главным образом с соблюдением церковных ритуалов. На самом деле духовность — это наличие целей, отличающихся от целей простого выживания. В Стратегии такая цель сформулирована, пусть в неявном виде. Это забота о Земле. Ей еще предстоит получить признание в качестве высшей цели, определяющей смысл человеческого существования.

И последний принцип — единство действия. Думается, сейчас он звучит реалистичнее, чем в начале 80-х, когда враждующие стороны могли принести в жертву все, включая этические нормы, для достижения своих целей. Сейчас мир представляется более единым. К сожалению, в нашей стране тенденции противоположные. Стратегия подсказывает необходимость интеграции и обеспечения единства действий и в пределах бывшего Союза. Следующие направления сотрудничества выглядят сейчас наиболее актуальными:

- разработка общих принципов природоохранного законодательства и экологической этики;

- согласование общих подходов к оценке хозяйственных воздействий на природную среду и экологическому нормированию хозяйственной деятельности;

- сохранение и развитие общей системы экологического мониторинга;

- экологическое прогнозирование для всех республик;
- резервирование территорий для развития заповедной сети;

- разработка интегрированной системы мер для сохранения и рационального использования биологического разнообразия;

- экологический контроль в области внешнеэкономической деятельности республик, включая экологическую экспертизу импортируемых товаров и лицензирование экспорта биологических ресурсов;

- выполнение обязательств по международным договорам в области охраны природной среды, ратифицированным СССР.

Международное акционерное общество **«ИнтерГЛЭКОРС»**

объявляет конкурс проектов улучшения экологической обстановки.

Принимаются к рассмотрению конкретные предложения по зонам экологических бедствий, экологической безопасности, защите населения от стихийных и техногенных аварий и катастроф, переработке и утилизации отходов, производству экологически чистых продуктов, ресурсосберегающим технологиям, рекультивации, дезактивации и т. п. В конкурсе могут принять участие юридические и физические лица независимо от места жительства и гражданства.

МАО «ИнтерГЛЭКОРС» окажет всемерную помощь в реализации наиболее перспективных предложений.

Для лауреатов конкурса установлены премии:

первая — 100 акций МАО «ИнтерГЛЭКОРС» (пакет Учредителя);

две вторых — по 25 акций;

три третьих — по 15 акций;

пять поощрительных — по 5 акций (номинальная цена акции — 1000 р.)

Заявки, содержащие название и описание предложения, оценку его эффективности, необходимых затрат и сроков реализации, а также сведения, подтверждающие наличие прав собственности или возможность их приобретения, принимаются до 20 апреля (дата определяется по факту поступления или почтовому штемпелю отправки).

Предложения не рецензируются и не возвращаются.

Победители конкурса будут оповещены о результатах до 1 июля 1992 г.

Наши реквизиты:

129085, Москва, Б. Марьинская, 96, МАО «ИнтерГЛЭКОРС» на конкурс;
тел. 215-36-70, 251-80-86.

Золото черных сланцев

А. М. Портнов



Александр Михайлович Портнов, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Комплексной геолого-геофизической экспедиции ПГО «Аэрогеология». Занимается аэрогеофизическими методами поиска рудных месторождений, а также отдельными вопросами геологии, геохимии и минералогии. Неоднократно выступал в «Природе».

НА КОСМИЧЕСКОМ снимке в центре пустыни Кызылкум среди светлого моря песка, как острова, темнеют невысокие горные хребты — Ауминзатау, Джетымтау, Даугызтау, Бельтау. Они вытянуты в субширотном направлении и образуют небольшую горную страну, тяготеющую на восток, к отрогам гигантского массива Северного Тянь-Шаня.

Склоны этих хребтов действительно темные, поскольку сложены в основном черными плитчатыми сланцами. Сухие русла древних рек, ненадолго оживающие ранней весной, привлекали сюда лишь пастухов-кочевников. Но так было до 50-х годов, пока здесь не обнаружили месторождения урана, а затем уникальные коренные месторождения золота. Вслед за ними на геологических картах появились контуры многочисленных рудопоявлений серебра, вольфрама, ртути. В рудах золота были обнаружены примеси платиноидов и других элементов...

Невзрачные черные холмы оказались в центре внимания — не всей страны, конечно, а правительственных и партийных органов. Был принят ряд секретных решений, в соответствии с которыми в глубь пустыни потянулись шоссейные и железные дороги, мощные водоводы, линии высоковольтных передач. Как по мановению волшебной палочки, среди барханов встали вышки с автоматчиками и обнесенные колючей проволокой концлагеря — средоточие бесплатной рабочей силы.

Посреди пустыни выросли большие города: Учкудук, прославленный популярной песенкой, в которой нет ни слова об уране — главной причине его рождения, а следом — красавец Зарафшан, тоже построенный заключенными и до сих пор окруженный концлагерями. Зарафшан с примыкающими поселками долгое время был одним из крупнейших в СССР центров по добыче коренного золота. Ныне он находится в суверенном Узбекистане. Собственно, только поэтому и можно о нем говорить:

Засекреченность геологических запасов в СССР не позволяла публиковать прав-



Карьер по добыче золота (месторождение Мурунтау).

Здесь и далее фото автора



Горы отвалов урановых рудников, выросшие в пустыне.

дивую информацию. Но она все же просачивалась — пусть без названий месторождений, без страшных для советской цензуры слов «уран» или «золото». Невозможно, например, было скрыть, что ценнейшие руды — золото, уран, серебро, вольфрам — как-то связаны с черными сланцами. Поскольку подобные типы руд встречались в сходной геологической обстановке и за рубежом, геологи во всем мире собирали сведения о Мурунтау — наиболее характерном месторождении золота черносланцевой формации.

Сначала разведка этого месторождения шла традиционно — по золотоносным кварцевым жилам с содержанием золота

10—15 г на тонну породы. Но жилы быстро исчезали с глубиной, запасы были небольшими — и тогда решили опробовать окружающие черные сланцы. Золота в них оказалось немного: 2—3 г/т, но зато запасы таких бедных руд были огромны. Резко снизив так называемое бортовое содержание (т. е. предельно низкую концентрацию, определяющую границу между породой и рудой), здесь удалось создать одну из крупнейших в мире фабрик по добыче золота, выдающую ежегодно до 50—60 т благородного металла.

Конечно, следует учесть наши «советские» особенности: низкую заработную плату рабочих и инженеров, широкое исполь-

зование труда заключенных — все это резко снижало уровень расходов. Но нельзя при этом не учитывать и нашу бесхозяйственность, при которой расходы энергии и материалов совершенно бесконтрольны и потому резко завышены. Так или иначе, но гигантский строго охраняемый карьер около пос. Мурунтау, ежегодно выдает огромный объем горной массы с бортовым содержанием золота 2,5—3 г/т; «центр» выкачал отсюда сырья на миллиарды долларов.

В окружающих горах расположены десятки месторождений и рудопроявлений золота и серебра, разведка которых продолжается. Изучение закономерностей размещения оруденения в черных сланцах Кызылкума позволит в дальнейшем искать аналоги по всей планете.

Почему в этих породах концентрируется столько руды?

ЧТО ТАКОЕ «ЧЕРНЫЕ СЛАНЦЫ»

Черные сланцы возникли из песчанистого или кремнисто-глинистого ила, отложившегося на дне давно исчезнувших морей и океанов. Движения земной коры привели к тому, что заполненные им глубокие впадины морей превратились в сланцевые горы на континентах. Черный или темно-серый их цвет обусловлен тонкой примесью органического вещества — остатков бактерий, простейших, водорослей, которые и сейчас, как сотни миллионов лет назад, накапливаются в донном иле морей.

Распыленное органическое вещество создает здесь восстановительную среду, способствующую сорбции тяжелых металлов. Поэтому нередко сланцы обогащены ураном, ванадием, свинцом, серебром, цинком.

Геологическое строение района Кызылкума довольно сложное. Здесь выделяются два типа черных сланцев: древние кремнистые «звонкие» сланцы (поздний протерозой, 600 млн. лет назад) и лежащие выше по разрезу песчано-слюдистые сланцы (ранний палеозой, 400—450 млн. лет назад). В стенах карьеров видно, что эти сланцы перемежаты, как слоеное тесто, пересечены многочисленными разломами и кварцевыми жилами. Кроме того, здесь имеются огромные гранитные массы, внедрившиеся в сланцевые толщи около 270 млн. лет назад, в конце палеозоя.

Кремнистые сланцы содержат много урана (до 10^{-3} %) и мало щелочных элементов (K и Na) и тория. Песчано-слюдистые сланцы нижнего палеозоя резко

отличаются от них высоким содержанием щелочных элементов (2 % K и 1,5 % Na), повышенным содержанием тория (до 15×10^{-4} %) и пониженным — урана (1×10^{-4} %). Высокая концентрация натрия в последних связана с тем, что в них наряду с обычной калиевой слюдой — тонкочешуйчатым мусковитом — содержится много натриевой слюды — парагонита.

Таким образом, разновозрастные сланцы резко отличаются друг от друга по содержанию радиоактивных элементов, что делает их хорошо различимыми при дистанционной аэрогамма-спектрометрической съемке. В то же время это свидетельствует о разных условиях их образования.

Важную информацию об этих породах дает соотношение в них концентраций калия и его геохимического аналога — рубидия: если в протерозойских сланцах K/Rb=600—800 (как в океанических базальтах), то в нижнепалеозойских сланцах — 250, т. е. приближается к характерному для гранитно-метаморфического слоя земной коры. Как оказалось, большая разница значений K/Rb в сланцах позволяет «распознавать» источники калия, который активно накапливается в зонах рудообразования.

РУДООБРАЗОВАНИЕ

Черные сланцы — это та среда, в которой отложились различные руды. Когда и как это произошло?

Чтобы узнать, когда возникло золото-серебряное оруденение, калий-аргоновым методом определили возраст новообразованного мусковита рудных зон, заместившего натриевую слюду — парагонит черных сланцев. Он оказался позднепалеозойским (260 млн. лет назад), что соответствует эпохе так называемой герцинской складчатости. Иными словами, горячие растворы, воздействуя на осадочную породу, привели к ее полному замещению. Возникла новая порода — кварц-серпентиновый метасоматит, содержащая до нескольких граммов на тонну золота. Как правило, метасоматиты окружают кварцевые жилы, где содержание золота в несколько раз выше.

Таким образом, калиевые метасоматиты — это еще и ореол рудных металлов вокруг наиболее богатой зоны. На многих месторождениях Кызылкума переработка метасоматитов экономически выгодна: даже при низком содержании в них благородных металлов эти породы соответствуют понятию «руда».

Время образования золоторудных зон совпадает с началом грандиозного процес-

са — раскола гигантского древнего континента Гондваны. А здесь, в центре нынешней Азии, в эту эпоху начал формироваться мощный «гранитный слой», превращая океаническую кору с характерными черными кремнистыми сланцами, прослоями базальтов и морскими отложениями в типичный континент, причем гранитное вещество при этом поступало непосредственно из мантии.

До «гранитного слоя», конечно, добраться трудно, но среди черных сланцев в пустыне гранитные массивы выходят на земную поверхность. Аналогичные выходы верхнепалеозойских гранитов известны и в соседних районах — Султануиздаге и Восточном Устюрте. Судя по соотношению концентраций изотопов стронция¹, все эти граниты не переплавлены из корового материала, как было принято считать, а родились непосредственно в верхней мантии: величина $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в них составляет 0,7017—0,703.

На региональных картах гравитационного и магнитного полей район Кызылкума выглядит как огромная впадина на фоне участков земной коры с редуцированным «гранитным слоем», таких, например, как районы, прилегающие к Каспийскому морю с востока, где «базальтовый» слой относительно близок к поверхности.

Согласно геологической интерпретации этих полей, на глубине, под песками и черными сланцами, залегает огромная линза гранитных пород с выпуклостью примерно в центре пустыни — там, где сквозь черные сланцы выходят на поверхность верхнепалеозойские граниты.

В масштабе планеты эта структура выглядит, конечно, не столь грандиозно. Если бы некий наблюдатель мог взглянуть на Землю из космоса, он отметил бы лишь, что в позднепалеозойское время над «базальтовым слоем» земной коры чечевичным зерном «всплыла» порция гранитной мантийной выплавки, приподняв при этом более легкие пласти черных сланцев... Но в наших человеческих масштабах перемещение миллионов кубических километров гранитного расплава, обладающего огромным запасом тепловой энергии и содержащего массу летучих соединений-минерализаторов, представляется грандиозным явлением. Такие

гранитные гиганты получили собственное название — «батолиты».

Сочетание неровной поверхности батолита с крупными тектоническими разломами и продолжавшимся сотни миллионов лет разрушением древних горных систем привело к тому, что кое-где в хребтах Кызылкума открылись «эрозионные окна». Через них можно наблюдать весь геологический разрез: в основании его — граниты, а над ними последовательно сменяются протерозойские и нижнепалеозойские сланцы. Сверху они местами перекрыты глинами и песками мелового, палеогенового и неогенового возраста.

Итак, рудообразование в черных сланцах совпало во времени с формированием «гранитного» слоя, частью которого является гигантский батолит Кызылкума, с его выступающими среди сланцев отдельными гранитными массивами. Сами граниты руды не содержат: все рудные тела расположены за их пределами, в черных сланцах. Но контакты гранитов со сланцами — это та «печка», от которой можно начинать рассматривать рудообразование, поскольку месторождения разных элементов располагаются зонально, концентрируясь на разном удалении от гранитов.

Ближе всего к гранитам располагаются высокотемпературные месторождения урана и вольфрама с примесью золота. Изучение газово-жидких включений показало, что эти руды сформировались при температуре до 400 °С. Дальше от контакта находятся высокотемпературные месторождения золота (тип знаменитого Мурунтау) с примесью вольфрама и платиноидов, температура их образования до 350 °С. Еще дальше — среднетемпературные золото-серебряные месторождения, температура образования до 300 °С. Еще дальше от кровли гранитов располагаются серебряные руды с примесью золота, температура образования которых не превышала 250 °С. Наиболее удалены от контакта ртутные рудопроявления, образовавшиеся из растворов с температурой не более 150 °С.

Горизонтальная зональность на геологической карте отражает реально существующую вертикальную зональность, например близость к контакту сланцев с гранитным батолитом для уран-вольфрамовых месторождений или удаленность — для месторождений серебра с примесью золота: такая зональность была описана американским геологом У. Х. Эммонсом более полувека назад.

При прогнозе оруденения важно знать относительное расстояние от земной поверх-

¹ Сайдыганиев С., Аскарлов Ф., Хамрабаев И. О петрогенетических исследованиях гранитоидных образований Узбекистана по данным изотопов стронция // Эндогенные источники рудного вещества. М., 1987. С. 75.

ности до контакта с гранитами. Но как определить его, если граниты залегают полого где-то на глубине, т. е. не выходят на поверхность? В этом случае на помощь приходит анализ магнитного поля.

ПИРРОТИНОВАЯ МАГНИТНАЯ «ШУБА» ГРАНИТОВ

Детальная аэромагнитная съемка Кызылкума показала, что массивы мантийных гранитов, которые сами по себе немагнитны, окружены ореолом интенсивного магнитного поля шириной до нескольких километров. На первый взгляд, в этом нет ничего удивительного: геологам известны зоны измененных (перекристаллизованных и ставших магнитными) пород — роговиков с примесью магнетита (Fe_3O_4). Но вот в чем странность: наземные геофизические профили, проложенные по этим магнитным аномалиям, не обнаружили магнитных пород на поверхности — это были немагнитные черные сланцы. Приходилось строить гипотезы о том, что с глубиной сланцы сменяются основными вулканическими породами типа базальтов.

Этот парадокс был раскрыт лишь при бурении глубоких скважин на флангах месторождения Мурунтау. Здесь на глубине нескольких сотен метров начинается зона обильной вкрапленности магнитного минерала пирротина (Fe_8S_9). Мощность магнитных черных сланцев превышает несколько километров, что сопоставимо с широкими магнитными ореолами вокруг гранитных массивов. По намагниченности такие черные сланцы не отличаются от сибирских траппов, создающих интенсивнейшие магнитные аномалии.

Но почему магнитных сланцев нет в щебне на склонах гор? Дело в том, что пирротин — один из самых неустойчивых минералов в условиях земной поверхности. При воздействии богатых кислородом грунтовых вод он за несколько лет превращается в растворимый сульфат железа, полностью «уходя» из породы. В пустыне время его переработки — миллионы лет, и поэтому пирротин смог сохраниться лишь на большой глубине. Итак, километровые зоны пирротинизации черных сланцев создают мощное магнитное поле, которое, как шуба, окутывает гранитные массивы. Разрастанию этой зоны способствовало обилие органического вещества — в сочетании с дефицитом серы оно привело к созданию резко, восстановительной среды, в которой возникает именно пирротин, а не лишенный магнитных свойств пирит.

А нельзя ли по интенсивности магнит-

ного поля узнать, на какой глубине находится кровля батолита и, соответственно, каков состав оруденения?

Аэромагнитная съемка показала, что интенсивные магнитные поля соответствуют уран-вольфрамовым и высокотемпературным золотым месторождениям типа Мурунтау, а пониженные — золото-серебряным и серебряным месторождениям. В самых низких по интенсивности магнитных полях расположены ртутные рудопроявления, максимально удаленные от гранитных батолитов.

Таким образом, магнитное поле позволяет представить территорию пустыни в виде крупных блоков с различной потенциальной рудоносностью. Но как среди однообразных выветренных сланцев распознать рудоносные?

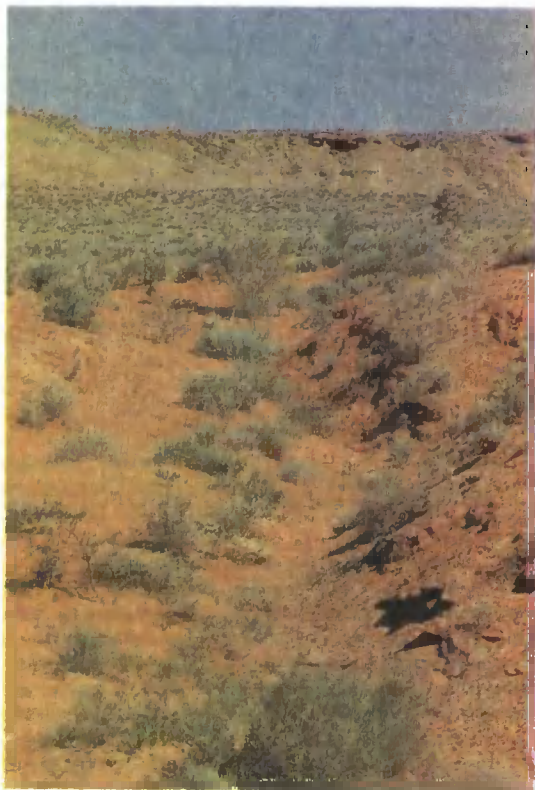
КАЛИЙ — ИНДИКАТОР ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Выше уже отмечалось, что на золотом гиганте Мурунтау рудой оказались сами черные сланцы с рассеянным в них бедным золотом. Но это верно лишь в первом приближении. Дело в том, что содержащие золото черные сланцы — это уже не первичные серицит-парагонитовые сланцы с высокой концентрацией натрия и калия, а глубоко измененные породы, в которых почти весь натрий замещен калием.

Аэрогамма-спектрометрические измерения на больших территориях Кызылкума в сочетании с обычными химическими анализами проб показали, что в золотосодержащих черных сланцах калия вдвое больше, чем в безрудных². Поскольку калий радиоактивен, карьер Мурунтау и многие его отвалы выглядят на аэрогеофизических картах как интенсивные калиевые аномалии.

Калий — один из главных элементов, образующих породы. Но благодаря его радиоактивности он же является индикатором рудных зон в черных сланцах. Соотношение K/Rb позволяет проследить пути его миграции, сделать выводы о происхождении рудных зон. Аэрогаммасъемка показала, что рудоносные калиевые метасоматиты содержат вдвое больше калия, чем окружающие сланцы. На серебряных месторождениях они почти не отличаются по величине K/Rb от неизмененных черных сланцев. Значит, калий был заимствован из вмещающих рудные зоны нижнепалеозойских сланцев, где

² Портнов А. М., Федоткин А. Ф., Могилевский В. Е. и др. // Изв. вузов. Сер. геол. 1990. № 9. С. 67—75.



Разноцветные пески и глины мел-палеогенового возраста, перекрывающие часть рудоперспективных площадей.

величина K/Rb близка к 250, и перемещался преимущественно «по горизонтали». В метасоматитах средне- и высокотемпературных типов золотого оруденения отношение $K/Rb=400-500$, т. е. заметно увеличивается по сравнению с окружающими палеозойскими сланцами. Это указывает на принос калия из глубины, из черных сланцев протерозоя, где $K/Rb=600-800$. Увеличение в метасоматитах отношения K/Rb — показатель значительного вертикального размаха оруденения, благоприятный прогноз на глубину.

Обилие калия и натрия в сланцах, резкое накопление калия в рудных метасоматитах — свидетельство того, что золото откладывалось в щелочных растворах. Но для его переноса необходима кислая среда. Можно предположить, что сначала рудообразующие растворы были кислыми — скорее всего, за счет высокой концентрации CO_2 . Кислые растворы выщелачивали калий, переносили золото, способствовали его концент-

рированию в крупных трещинных структурах, уходящих на большую глубину, к кровле батолита. Вероятно, потеря углекислоты при падении давления в верхних горизонтах и обилие здесь калия определили высокую щелочность, кристаллизацию калиевых слюд и отложение золота.

Какие именно породы были источником рудных металлов? Это один из наиболее сложных вопросов. Вероятно, однозначный ответ на него дать невозможно. Концентрация урана в протерозойских черных сланцах вполне достаточна для формирования ураноносных рудных жил. Что же касается золота, серебра и вольфрама, то в батолите количество этих элементов оценивается миллионами тонн. Концентрация их в отделяющемся от гранита флюиде также резко повышена.

Вопросом об источниках золота в месторождениях Кызылкума занимались многие исследователи. Существует, например, мнение о метаморфогенном происхождении оруденения — за счет концентрирования рассеянного в сланцах металла. Действительно, черные сланцы содержат повышенные количества многих тяжелых металлов, в том числе и золота.

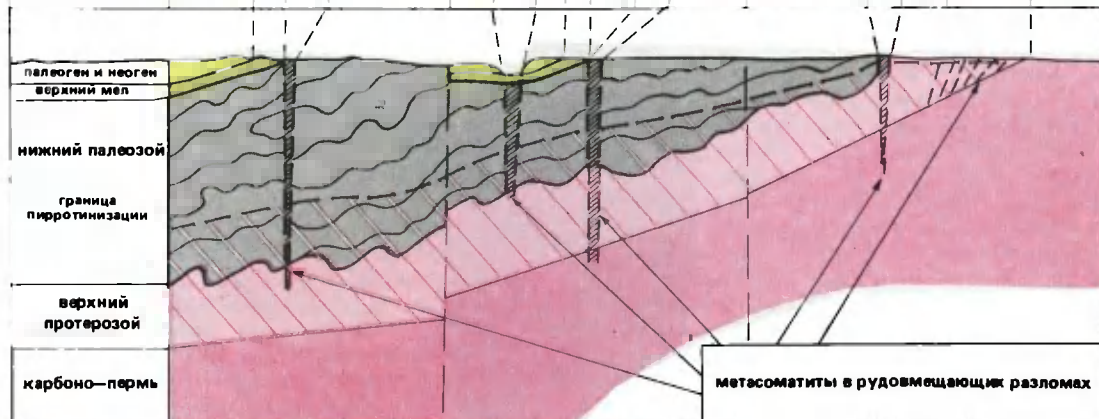
Результаты наших исследований также показывают, что в рудных зонах накапливался калий из черных сланцев. Но калий очень подвижный элемент. Может ли и золото вести себя, как калий?

Установленная нами пространственная зависимость золотого оруденения от расстояния до гранитного батолита, а также синхронность формирования оруденения и внедрения гранитов свидетельствуют об активной роли гранитов в рудоотложении.

При решении вопроса об источнике золота в месторождениях Кызылкума следует взглянуть на металлогеническую карту страны, где еще в 1959 г. Е. Карпова выделила Бельтау-Кураминский вулканоплутонический пояс, возникший в герцинскую эпоху. Этот пояс объединил черносланцевые горы Бельтау с огромными гранитными массивами и вулканическими кальдерами Кураминского хребта, отрога Северного Тянь-Шаня. На западном и восточном окончаниях этого пояса, как ведра на коромысле, повисли многочисленные месторождения золота. Но если на западе они расположены в черных сланцах, то на востоке — преимущественно в крупных вулканических структурах герцинской эпохи.

Карта показывает, что золото, серебро, уран и вольфрам гранитных Кураминских гор приурочены к системе глобальных субширотных разломов, сопровождаемых

Тип оруденения	серебряный				серебряно-золотой							уран-вольфрамовый (с золотом)				
Относительный уровень магнитного поля	низкий				средний							высокий				низкий
U, г/т	1-2	6	7	3	1-2	6	1-2	6	8	3	3	3	9	6	9	4
Th, г/т	4	10	14	10	4	10	4	10	16	12	10	10	6	6	6	10
K, %	1,5	4	5	2	1,5	4	1,5	4	4	5	2	2	4	1	1	3
K/Rb	150	250	250	250	150	250	150	250	400	250	250	250	500	800	800	200



- Глинистые пески палеогена
- Песчаники и глины верхнего мела
- Черные сланцы нижнего палеозоя
- Черные сланцы верхнего протерозоя
- Граниты карбоно-перми

Схематический разрез, отражающий размещение разных типов оруденения в зависимости от их удаленности от мантийных гранитов герцинской эпохи. Вверху в виде таблицы представлены геохимические и геофизические параметры, позволяющие оценить позицию оруденения и его масштабы.

пермь-карбоновыми изверженными породами. Золотоносный пояс пересекает различные типы пород и везде оставляет благородные и редкие металлы (уран, вольфрам и др.). Месторождения золота верхнепалеозойского возраста размещены и среди черных сланцев Кызылкума, и в светлых сланцах, и в вулканических лавах или гранитах Кураминского хребта. Эти данные свидетельствуют о том, что золото и сопровождающие его металлы поступали из глубины планеты в эпоху глобального процесса формирования «гранитного» слоя земной коры.

Отсюда вытекает закономерность связи между накоплением мощных толщ черных сланцев (типичных осадков субокеанической коры) и последующим внедрением

гранитов, отражающим очередной этап развития литосферы — переход к континентальному типу коры. Именно на этом этапе огромные батолиты формируют «гранитный» слой, придающий блокам земной коры жесткость, способность к хрупким деформациям и в конечном итоге к образованию трещинных структур, благоприятных для размещения оруденения.

Очевидно, что основным фактором концентрации руд в месторождениях Кызылкума являлась энергия герцинского тектоно-магматического цикла, которая выразилась в формировании «гранитного» слоя. Не было бы здесь гранитных батолитов — не было бы и золота.



Степной орел

А. В. Давыгора,
кандидат биологических наук
Оренбургский педагогический институт

ЭТОГО крупного пернатого хищника — одного из наиболее характерных хищных птиц степей и полупустынь Евразии — можно встретить везде: на холмике, возвышающемся среди серебристого ковыля, парящим в сизом мареве жаркого летнего полдня, на опоре линии электропередач близ пыльной дороги. Какую-нибудь сотню лет назад заселенные степным орлом (*Aquila nipalensis*) участки тянулись сплошной полосой от степей Европы до Забайкалья. Но из-за интенсивного сельскохозяйственного освоения открытых ландшафтов его гнездовой ареал сократился, упала численность, и степной орел попал в «Красную книгу СССР». Сегодня от обширного ареала этого хищника остались лишь отдельные районы и островки, разделенные десятками, а то и сотнями километров сплошных сельскохозяйственных угодий.

Достоверных сведений о современном гнездовании степного орла в Восточной Европе нет. В пределах бывших границ СССР наибольшие изменения претерпел ареал в Европейской части, численность орла начала здесь снижаться уже в первой трети XX в., а к началу 60-х годов он перестал гнездиться в Молдавии, Краснодарском крае, резко сократилось число этих птиц в Ставрополье, Донских и Сальских степях. Западная граница сплошной части ареала отодвинулась почти на 1000 км и стала проходить по восточным районам Ростовской области, а за пределами ее — в Аскания-Нове, Азово-Сивашском заповеднике, Стрелецкой степи — гнездились лишь отдельные пары. Обычным степной орел оставался в южных районах Волгоградской и Астраханской областей, в Калмыкии. Именно в ее полупустынях да еще в Заволжье и Западном Казахстане и сейчас обитают самые многочисленные и жизнеспособные популяции этого хищника. Сохранился он и в степном Предуралье, где главные очаги его гнездования находятся на возвышенных участках Илекского плато и в Северных Мугуджарах, отдельные пары изредка встречаются на водораздельных сыртах Урало-Самарского междуречья. Но во многих местах ареала орел исчез. Так, теперь его уже нет на Украине (по-

следняя пара гнездилась в Аскания-Нове в начале 80-х годов), чрезвычайно редким он стал в Предкавказье и Воронежской области.

Перечисленные районы составляют современное ядро гнездового ареала степного орла. Края ареала размыты за счет отдельных скоплений и пар, которые гнездятся в еще пригодных для птиц участках степи и северной пустыни. Реже, чем прежде, встречается хищник и в восточной части ареала, правда, там обитает более крупный и темноокрашенный подвид орла — *A. n. nipalensis*. Кстати, о систематике. Долгое время орнитологи считали степного орла одним видом — *Aquila garah*, где бы он ни обитал: в Европе, Западной или Центральной Азии, Индии или Африке. Но в последние годы некоторые специалисты стали выделять два вида, один из которых — *A. nipalensis* — обитает в Палеарктике, а другой — *A. garah* — в Африке и Индии и отличается от первого меньшими размерами, деталями окраски и некоторыми чертами экологии. В свою очередь, палеарктический вид делится на два подвида: *A. n. nipalensis* и *A. n. orientalis*. Замечу, что в «Красной книге СССР» степной орел рассматривается как один вид — *A. garah*.

Из семи орлов отечественной фауны степной по размерам уступает лишь легендарному беркуту да ширококрылому могильнику. Впрочем, в природе их мало кто, кроме орнитологов и любителей охоты с ловчими птицами, различает. Как многие другие крупные хищные птицы, степной орел не отличается ярким оперением: окраска взрослых птиц однотонно темно-бурая (к очередной линьке она выгорает), а молодые орлы много светлее — глинисто- или бледно-бурые, с двумя-тремя охристыми полосами на крыле. Красота степного орла — в точности форм и строгой окраске наряда. Мощная, полная скрытой силы фигура (масса самок достигает 4—5 кг, самцы несколько мельче), двухметрового размаха крылья, большой загнутый клюв, вооруженные цепкими когтями лапы, зоркие, орехово-бурые глаза. Таков его «портрет».

Многое из написанного здесь о степном



Яйцо, расклеванное грачом.

Здесь и далее фото автора



Это гнездо, как и большинство, построено в зарослях кустарников на склоне увала.

орле почерпнуто из разных литературных источников, мои же многолетние наблюдения за ним принесли сведения более частного характера. На стационаре площадью около 140 км², расположенном в долине р. Уртабурти (правобережный приток Урала), т. е. в центре степного Предуралья, на территории Урало-Илекского междуречья, с конца 70-х годов я проследил за жизнью более 40 пар степного орла и выяснил немало любопытного.

В Предуралье он прилетает с зимовок во второй половине марта — начале апреля и сразу занимает гнездовые участки, которыми каждая пара владеет много лет. Считается, что время появления орла совпадает с выходом из нор малого суслика — основной добычи хищника. Однако из этого правила бывают исключения. Например, в 1986 г. первые птицы появились у нас в последних числах марта, но в степи еще лежал глубокий снег, и, стало быть, суслики оставались под землей.

Вернувшись с зимовки, орлы большую часть светлого времени суток проводят в полете. В солнечные, почти безветренные дни подолгу парят в восходящих потоках теплого весеннего воздуха, нередко забираются на огромную высоту, где почти невидимы глазом.

Любой другой крупный хищник, залетевший на гнездовой участок, для пары его владельцев — потенциальный конкурент, которого нельзя не прогнать. До настоящих стычек обычно не доходит: хозяева выполняют несколько фигур брачного полета, демонстрируя этим, что территория занята, а затем километр-полтора преследуют пришельца.

Супружеские пары, видимо, постоянны, но брачный ритуал совершается ежегодно. Он удивительно красив. Паря в восходящих потоках, орел кругами поднимается на несколько сотен метров, отвесно пикирует с почти полностью сложенными крыльями, снова взмывает вверх и, зависнув на мгновение в верхней точке фигуры, опять устремляется к земле. И так четыре-пять раз. Бывают и парные полеты: один из орлов, набрав высоту, в пике ныряет на партнера, сблизившись, птицы резко разворачиваются и, оказавшись «лицом» друг к другу, разлетаются. Воздушные игры сопровождаются характерными каркающими криками, которые в другое время редко услышишь.

Вскоре орлы приступают к постройке гнезд. В выборе места для них хищник непритязателен, главное, чтобы был хороший обзор и возможность беспрепятст-



Гнездо на опоре электрелинии — не такая уж и редкость.

венно сняться с гнезда, когда грозит опасность. Из 44 обследованных гнезд 18 я обнаружил в зарослях степных кустарников на рано освобождающихся от снега южных склонах увалов, четыре — на их вершинах, шесть — на одиночных деревьях. Охотно поселяется орел на копнах соломы, оставленных возле полей (13 гнезд), а последние годы — и на опорах электролиний (три гнезда). В других районах гнезда иногда находят на триангуляционных вышках.

Обычно на гнездовом участке у пары имеются два-три гнезда, которые она использует попеременно. Считается, что благодаря смене гнезд птицы освобождаются от эктопаразитов, зимующих в гнездовой подстилке.

Каркас гнезда, диаметр которого может достигать 1—1,5 м, сооружается из сухих ветвей кустарников, крупных костей погибших животных, проволоки. Материалы для выстилки лотка разнообразнее. Чего здесь только не найдешь: коровий кизяк, сухие дерновины злаков, тряпки, обрывки полиэтиленовой пленки, газет, коробки из-под сигарет и множество других самых неожиданных предметов. В одном гнезде я увидел сплотившиеся под солнцем куски гондолы метеозонда.

В середине апреля большинство самок начинает откладывать яйца. Только в этом случае птенцы вылупятся в конце мая, когда из нор сусликов выйдут и начнут расселяться молодые зверьки. Они малоопыт-

ны и становятся легкой добычей степного орла, выкармливающего птенцов.

Усаживание самки на гнездо — своеобразный ритуал, длящийся от нескольких часов до суток. Она то подолгу неподвижно стоит на лотке, то начинает суетливо умащиваться, привстает, беспокойно вертит головой. Наконец садится. В полной кладке обычно одно — три яйца, лишь в одном гнезде я обнаружил четыре. Однако там, где много сусликов, например в Калмыкии, кладки из четырех яиц — не редкость. Яйца крупные, округлой формы (длина 64,5—72 мм, ширина 52,3—57,3 мм), окрашены они неярко: по матово-белому фону разбросаны редкие, буровато-фиолетового тона пятна.

Больше 40 суток длится насиживание, и в конце мая, на пороге близкого лета, когда хорошо пригревает солнце, в гнездах появляются необыкновенно симпатичные птенцы. Они покрыты густым белоснежным пухом, одинаково хорошо защищающим и от жгучих солнечных лучей, и от случающихся еще холодов. Совершенно беспомощные в первые недели жизни, птенцы нуждаются в постоянной родительской заботе: обогреве ночью и защите от перегрева днем, кормлении маленькими кусочками мя-

Рацион степного орла в благоприятных (май — начало июня) и неблагоприятных (середина июля — август) условиях в 1982 г.

Вид добычи	Количество жертв	
	Май — июнь	Июль — август
Малый суслик	31	1
Большой суслик	9	1
Ушастый еж	1	—
Степной хорь	1	—
Слепушонка	1	1
Зяцз-русак	2	1
Большой тушканчик	1	—
Млекопитающие (всего)	46	4
Лунь (два вида)	—	5
Пустельга (два вида)	—	6
Тетерев	—	1
Серая куропатка	—	6
Перепел	—	5
Сова (два вида)	1	9
Жаворонок (два вида)	—	6
Чернолобый сорокопуд	—	1
Грач	2	—
Сорока	—	2
Птицы (всего)	3	41



Чтобы выстлать лоток этого гнезда пригодились и шарф, и обрывки тряпок, газет, полиэтиленовой пленки, и пуховые перья орлицы.



Пуховички еще беспомощны и беззащитны.

Добыча, принесенная заботливым отцом.



са из клюва в клюв. Долгое время насиживания и первые две недели выкармливания птенцов орлица почти не покидает гнезда. Отлучается ненадолго, чтобы проглотить пищу, которую для нее и выводка добывает самец. А рацион степного орла, надо сказать, не отличается разнообразием. В степном Предуралье, как, впрочем, и в других местах, главная его добыча — малый суслик (его доля в рационе боль-

ше 60 %), изредка хищник приносит в гнездо молодых зайцев-русáков, слепушонок, пищух, больших тушканчиков и даже ушастых ежей. Известно, что лишь иногда степной орел охотится на птиц. Но случается и по-иному. Лето 1982 г. в Предуралье было жарким, засушливым. Уже в начале июля суслики носили пучки сухой травы, чтобы выстлать свои подземные гнезда, и 15—20 июля большинство их залегло в но-

ры. Птенцы к этому времени едва покрылись оперением, нужно было еще три-четыре недели, чтобы они поднялись на крыло. Бескормица заставила орлов добывать птиц, и теперь они составляли больше 90 % рациона выводков (табл.). С подобными переменами в питании орлов мне не приходилось больше сталкиваться, не встречалось упоминание о них и в литературе.

Добычей орла становились прежде всего плохие летуны: куропатки и перепелы, с их тяжелым прямолинейным полетом, совы, сороки, слетки жаворонков, молодые луны и пустельги (почти три четверти выловленных орлами птиц имели следы интенсивной линьки). Кое-где в пищевых отбросах попадались останки тетеревов и чернолобых сорокопутов.

Переход на питание птицами сопровождался изменением охотничьего поведения степного орла. Добывая сусликов, хищник высматривает их с присад, в плавном парящем полете, поджидает зверьков, притаившись у выходов нор. А в поисках птиц орлы стремительно облетали охотничьи участки на небольшой высоте, обнаружив добычу, брали ее в коротком стремительном



Еще не может обороняться, но способен напугать.

Затаяться в траве — пока еще самый надежный способ сохранить жизнь.



Этот уже может и постоять за себя.



Можно спрятаться и в куче камней.



Три птенца в одной семье — в Предуралье нередки.

броске прямо с земли или на взлете. Пытались также поймать на лету то пустельгу, то слетка жаворонка, настойчиво преследуя жертву в маневренном полете.

Эти наблюдения свидетельствуют, что степной орел владеет разнообразными способами поимки добычи. Могу утверждать, что в его арсенале есть ничуть не менее эффектные атаки, чем, к примеру, у сапсана или беркута, которых традиционно считают одними из лучших охотников. До-

статочно раз увидеть бросок парящего на высоте нескольких сотен метров степного орла на жертву, даже суслика. Заметив добычу, хищник складывает крылья и стремительно, почти отвесно пикирует с огромной скоростью. Лишь в нескольких метрах от земли резко расправляются двухметровые крылья, мгновенно выбрасываются вперед мощные лапы, короткий выпад — и оцепеневшая от страха жертва замирает в острых когтях. А орел сидит с полураскрытыми крыльями, гордо озираясь вокруг.

К исходу первого месяца жизни птенцов их пуховый наряд постепенно покрывается светло-бурым оперением. К этому времени орлята уже способны самостоятельно передвигаться: И уже не тянут, как в первые недели, к руке человека открытый клюв, забавно щуря полуоткрытые глаза, а грозно шипят, отбиваясь крыльями и лапами. Все чаще покидает их орлица. В поисках корма вместе с орлом она облетает охотничьи угодья.

Разрывать на куски принесенную добычу месячные, да и более старшего возраста птенцы не могут, это делает за них самка. Орел добычу не рвет и птенцов не кормит, он просто оставляет ее в гнезде и улетает. Крупная жертва лежит нетронутой до прилета самки, мелких же зверьков и птиц нередко удаётся заглотить целиком самому шустрому и голодному орленку.

В жаркие дни, когда нещадно жжет солнце, выбеливая усыхающий ковыль и типчак, орлята уползают от гнезда в редкую тень степных кустарников — спиреи и чилиги. Здесь и сидят почти весь день, тяжело дыша широко раскрытыми клювами. Но на ночь снова забираются в гнездо. Если пара орлов поселилась на участке, где часто бывают люди, птенцы рано, почти в месячном возрасте, покидают гнездо. Целый месяц, до вылета, ковыляют они по близлежащей степи от укрытия к укрытию, которыми им служат куртины кустарников и кучи камней. Любопытно, что в местах временных «стоянок» птенцов родители нередко строят своеобразные гнезда, скорее символические, чем настоящие: в каркасе едва ли наберется с десяток сухих ветвей, а лоток «выстлан» несколькими кусками ковьего кизяка.

Лишь в конце июля — начале августа, более чем через два месяца после вылупления, орлята совершают первый в жизни полет. Доживают до него далеко не все птенцы: в степном Предуралье в лучшем случае — около половины, в худшем — не более 10—20 %. В среднем на орлиную

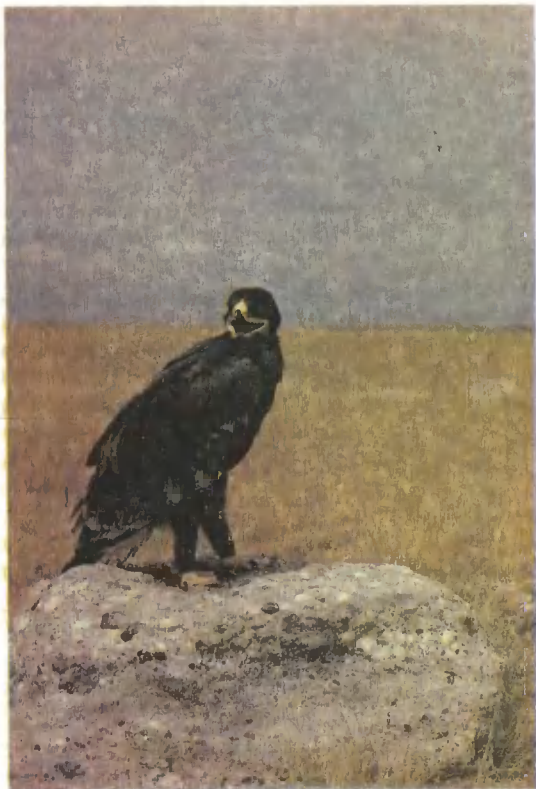
семью приходится всего 0,3—0,8 птенца, доживших до самостоятельности. Это очень тревожный показатель.

Во всех 17 зафиксированных мной случаях гибели кладок и птенцов повинен человек. Из четырех гнезд яйца и птенцы были изъяты, в шести уничтожены, одно погибло при степном пожаре, шесть кладок оставили родители из-за чрезмерного беспокойства. Последний фактор особенно губителен для орлов в период насиживания кладки и первые недели жизни птенцов. Потревоженная родительская пара, как правило, гнездо не защищает, а долго переживает опасность вдалеке, и тогда оставленные птенцы могут пострадать от перегрева или переохлаждения. В последние годы большую опасность для кладок и птенцов представляют вороньи птицы — грачи, например, не прочь полакомиться яйцами. Как и в других районах гнездового ареала, в степном Предуралье орел гибнет и на сельских электролиниях.

И все же общая численность степного орла как на отдельных участках, так и в целом по ареалу, пока достаточно велика. В Урало-Илекском междуречье (площадь около 30 тыс. км²), по моим подсчетам, в разные годы гнездится от 360 до 720 пар. Численность вида на территории бывшего СССР В. М. Галушин и В. И. Перерва оценивают в несколько десятков тысяч пар. Поддерживается она, видимо, за счет популяций в малоосвоенных полупустынных районах. С их вовлечением в сферу интенсивной хозяйственной деятельности численность степного орла и здесь будет неизбежно снижаться, как это произошло в степной зоне.

Что же ждет этого хищника, еще недавно столь обычного для степей? Мои наблюдения вселяют оптимизм, ибо степной орел, как оказалось, может жить рядом с человеком в сильно измененной среде обитания при наличии достаточного количества сусликов. Гнездиться он может даже среди сплошных агроценозов — на оставленных копнах соломы и кормовых трав. И что очень важно — птицы постепенно привыкают к присутствию человека, фактор беспокойства перестает быть столь губительным.

Мне пришлось наблюдать за парой орлов, которая гнездилась три года на куче соломы близ края поля, в семи метрах от грунтовой дороги. Самка в первый же год привыкла к проходящему транспорту, не снималась с гнезда, а лишь насто-



Через несколько дней он впервые поднимется над родной степью.

раживалась и плотно вжималась в лоток. Когда я попытался осмотреть гнездо, подьехав к нему на мотоцикле и оставив его буквально в двух-трех метрах, самка не улетела, а лишь отошла на несколько метров. Стоило мне уехать, она возвратилась к птенцам. Все это свидетельствует, что степной орел — очень пластичный вид. Чтобы он гнезвился рядом с человеком, не оставившим птице нетронутых мест, нужно не так уж много: не преследовать его и свести к минимуму беспокойство, особенно во время насиживания кладок и в первые три-четыре недели жизни птенцов. А гибель хищника на сельских электролиниях можно предотвратить, поставив на их опорах специальные защитные устройства, которые пока применяются довольно редко. В общем, если человеку дороги дети природы, им нужно помочь выжить в тех непривычных условиях, которые он сам же создал.

ПРОИНФОРМИРУЙТЕ СВОИХ КОЛЛЕГ!

Российская академия наук, Союз ученых, Информационный центр А/О «Научные приборы» формируют базу данных «Люди науки», русская и английская версии которой основаны на принципах обработки информации, соответствующих международным стандартам. Английская версия будет передана одному из крупнейших банков данных США (DIALOG, BRS, ORBIT, EASYNET) и, поступив в международную компьютерную сеть, станет доступной в режиме ONLINE миллионам подписчиков, включая банки, университеты, фирмы, фонды, что облегчит вам заключение прямых контрактов на выполнение научных исследований.

Участник базы данных при подписке на русскую версию получит скидку 30 %.

Отпечатанные ответы на анкету с указанием номера и даты почтового перевода или копией платежного поручения (с отметкой банка об оплате), подтверждающих оплату регистрационного взноса, необходимого для покрытия расходов на сбор и обработку информации, вышлите с пометкой «Люди науки» по адресу:

198103, С.-Петербург, пр. Огородникова, 26, Информационный центр.

Регистрационный взнос в размере 20 руб.

переведите на р/с «Информационного центра»

№ 37000467152 ОПЕРУ Ком ПСБ, МФО 161046
(191011, С.-Петербург, Невский пр., 38).

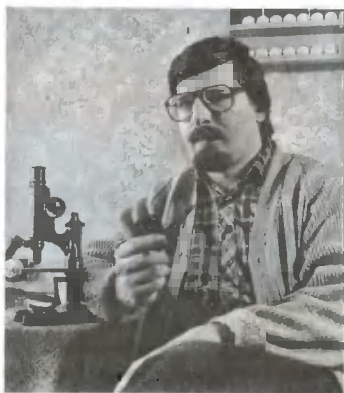
АНКЕТА

1. Фамилия, имя, отчество (русс. и англ.)
2. Пол
3. Место и дата рождения
4. Семейное положение
5. Образование (какие учебные заведения, когда и по какой специальности окончили)
6. Степень/звание
7. Членство в академиях, научных обществах, научные награды, почетные звания и премии
8. Должность или должности (для совместителей)
9. Домашний и служебный адреса (с указанием почтового индекса, названия государства), телекс, телефон, факс (с указанием международного кода города)
10. Русское и английское название организации, где вы работаете (с указанием отдела/лаборатории)
11. Языки общения
12. Основные направления научной деятельности и конкретная специализация
13. Научные труды, изобретения (5 основных за последние 5—7 лет с полными ссылками)
14. 10 ключевых слов, характеризующих вашу научную деятельность.
15. Области науки или промышленности, в которых вы могли бы считать себя экспертом
16. Фамилии и места работы 10 ведущих специалистов в вашей области исследований
17. Наиболее значимые научные достижения, которые могли бы заинтересовать иностранных партнеров (не более 5 машинописных строк) и характер поддержки, необходимой для развития ваших исследований
18. Личная подпись и дата

Парадокс формы мозга

С. В. Савельев

Сегодня нельзя, пожалуй, найти человека, оспаривающего достижения генетики — науки, прошедшей долгий и мучительный путь к пониманию основных законов наследственности и изменчивости организмов и методов управления ими. Разрабатываемый ныне грандиозный проект «Геном человека» имеет своей целью создать «чертеж» всех генов человеческого организма — от тех, что определяют цвет глаз, до тех, что вызывают болезни. Но можно ли все процессы, определяющие развитие организма, объяснить только с позиций молекулярной генетики? На рабочем совещании по теоретическим и математическим проблемам морфогенеза, проходившем 21—24 октября 1991 г. в г. Пущине, были представлены разные подходы к этой проблеме. Один из них предлагается вниманию читателей в этом номере, о других мы надеемся рассказать в дальнейшем.



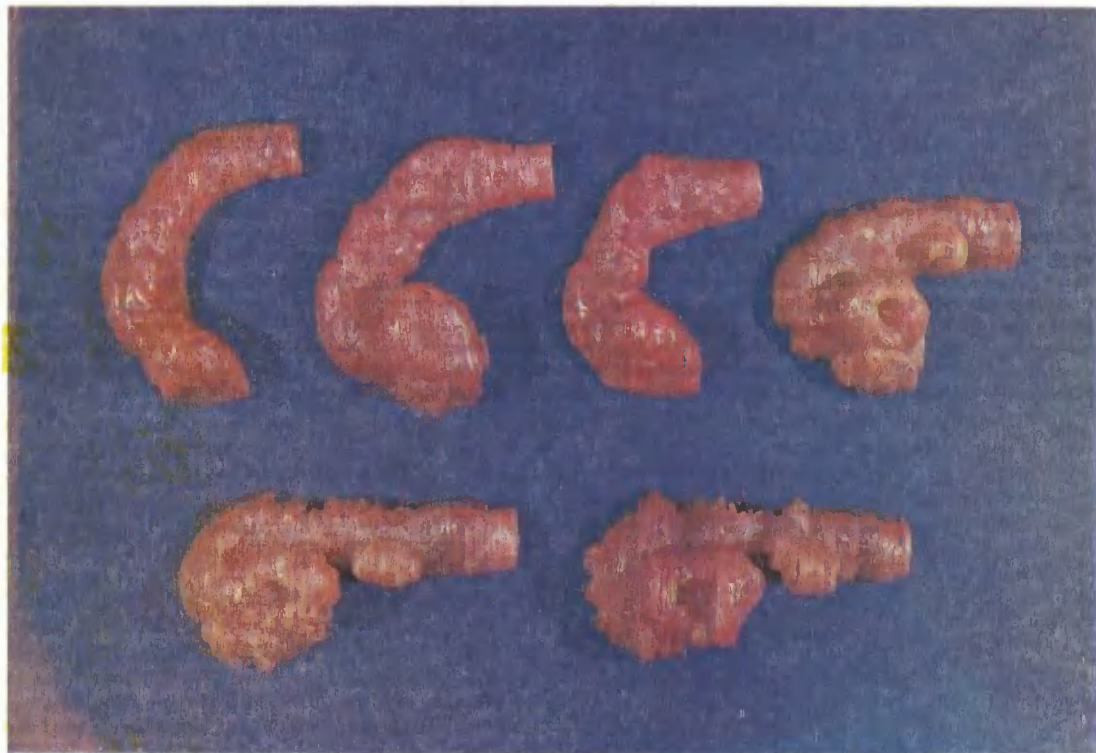
Сергей Вячеславович Савельев, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института морфологии человека, АМН. Специалист в области эмбриологии нервной системы человека и животных, а также механики развития.

В ЭМБРИОНАЛЬНОМ развитии мозга, как и любого другого органа, существует проблема причины и детерминации развития. По каким законам развивается мозг? На этот вопрос существуют два ответа. Один из них предполагает генетическую обусловленность развития. Если принимать гипотезу генетического планирования развития, то в конечном итоге в каждую клетку необходимо посадить по гомункулусу с ЭВМ и вернуться к теории преформизма в молекулярно-генетическом варианте. С другой стороны, модели самоорганизации, сочетающие в себе разнородные морфогенетические события, пока не дали полноценных объяснений эмбрио-

нальному развитию. При решении поставленной проблемы необходимо рациональное сочетание обоих подходов.

Эмбриональное развитие нервной системы включает в себя цепь событий, трансформирующих однородный пласт нейрозодермальных клеток, в сложную трехмерную структуру мозга. Взаимодействия между клетками в это время весьма разнообразны, но их общая цель — закономерное усложнение формы мозга. Понятно, что эти изменения происходят под влиянием сил, возникающих в самих клетках мозга в результате длинной цепи молекулярно-генетических и цитологических событий эндогенного характера. Это приводит нас к проблеме самоорганизации нервной системы. В проблеме самоорганизации эмбриона есть два основных вопроса. Во-первых, о природе пространственно-временной разметки наблюдаемых морфологических событий. Ведь каждая клетка должна регулярно получать и передавать информацию для осуществления согласованных реакций в развивающемся мозге. Во-вторых, необходимо знать, откуда берутся и как действуют силы, меняющие форму мозга. Поиск таких сил был начат довольно давно. Еще в конце XIX в. В. Ру и О. Гертвиг пришли к выводу, что эмбриональное развитие зародышей невозможно без участия механических взаимодействий, а В. Гис считал отрицание роли механических средств в формировании живых существ разновидностью ненаучного мистицизма. Современные исследования подтверждают правильность этой мысли.

Эмбриональное развитие нервной системы начинается с формирования нервной трубки — нейруляции. При этом веретеновидные клетки превращаются в колбовидные. Нейруляция позволяет оценить силы,



Динамика развития головного мозга обыкновенного тритона от стадии нервной трубки до начала активного питания личинок.

действующие на раннем этапе эмбрионального развития нервной системы.

В опыте между краями нервной пластинки тритона помещали два электромагнита, которые отталкивались друг от друга во время нейруляции. По разнице напряжения удалось вычислить силу стягивания краев нервной пластинки. Она оказалась равной $(4,25 \pm 0,25) \cdot 10^{-2}$ дин для альпийского тритона и $(10 \pm 1) \cdot 10^{-2}$ дин для аксолотля. Реальная сила взаимодействия в нервной пластинке выше, поскольку, сворачиваясь, она преодолевает сопротивление растягиваемой эктодермы.

За механическими взаимодействиями в мозге эмбриона можно проследить и в более простых опытах. Если стенку нервной трубки или эмбрионального мозга надрезать, то края сечения разойдутся. Реакции нейроэпителиальных стенок мозга на рассечения позволили исследовать систему механических натяжений в нервной трубке. Выяснилось, что механические напряжения мозга эмбриона неоднородны. Они различаются по форме, времени жизни и силе.

Механические натяжения и сжатия в нейроэпителиальных стенках эмбрионального мозга имеют внутреннее происхождение. Их формируют клетки, которые вытягиваются (поляризуются) или асимметрично изменяют форму, в основе чего лежит перестройка цитоскелета и наружной мембраны. В пластине нервной ткани суммируются силы одиночных клеток, что приводит к согласованному изменению формы.

Наиболее важным выводом из описанных экспериментов является участие отдельных клеток в создании механических напряжений всего мозга, что позволяет создать простую систему кодирования позиционной информации. В качестве наглядного примера можно рассмотреть систему механических напряжений в нервной пластинке. При этом достаточно ограничиться двумя основными линиями натяжений-сжатий. Вдоль оси тела эмбрион растянут, поперек — сжат. Результирующий вектор напряжения в каждой клетке нервной пластинки различается по величине и направлению. Позиционная информация будет одинаковой только в симметрично расположенных клетках. Интересно, что результирующие векторы механических напряжений совпадают с направлениями движения кле-

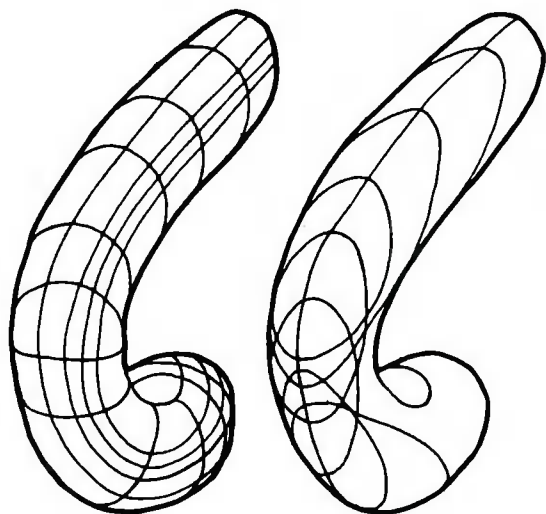
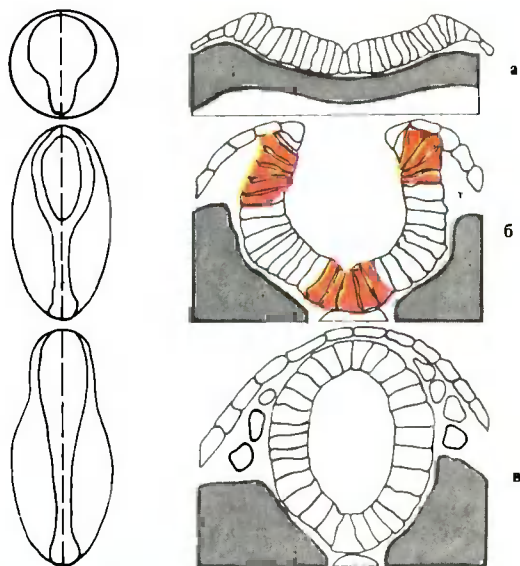


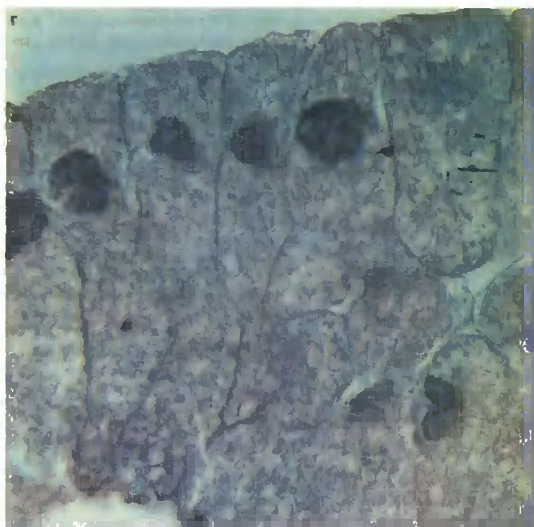
Схема механических напряжений в мозге хвостатых амфибий. Показаны основные линии механических напряжений, одновременно присутствующие в нервной трубке.



ток, которые были установлены при помощи цейтраферной киносъемки.

Механическая напряженность нейроэпителия возникает в результате изменения формы клеток, но существование натяжений-сжатий ограничено во времени. Клетки как бы «узнают», какой величины достигло созданное ими напряжение, и перестают изменять форму. Видимо, чувствительность нейроэпителиальных клеток к механическим воздействиям связана с механозависимыми ионными каналами, существующими в большинстве тканей животных и растений¹. Механохимические воздействия на клетки могут не только останавливать сборку цитоскелета, но и влиять на состояние генома. Для растений найдена прямая связь между механическим воздействием, экспрессией генов и накоплением РНК². Простое потягивание арабидопсиса стимулирует экспрессию по меньшей мере четырех генов, а уровень мРНК увеличивается в 100 раз. Аналогичные, но менее яркие результаты получены на фибробластах цыпленка и эпителиальных клетках.

Эти данные позволяют воссоздать цепь механохимических регуляций развития. На-

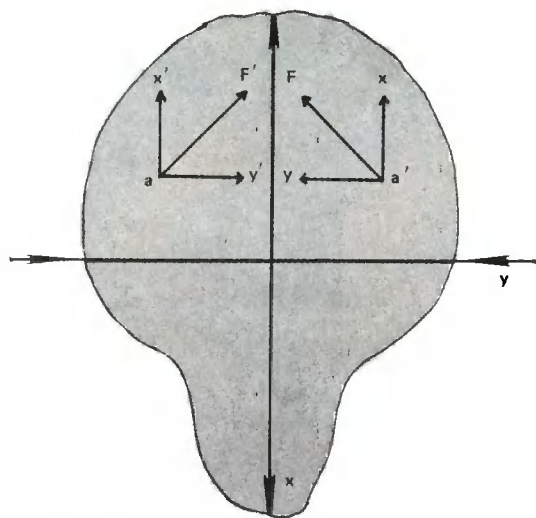


Различные фазы нейруляции и форма нейроэпителиальных клеток у зародышей амфибий: а — начало нейруляции; б — стадия средней нейрулы; в — нервная трубка [справа приведены схемы разрезов, изображающие изменения формы клеток в пластах]; г — микрофотография клеток нервной пластинки обыкновенного тритона.

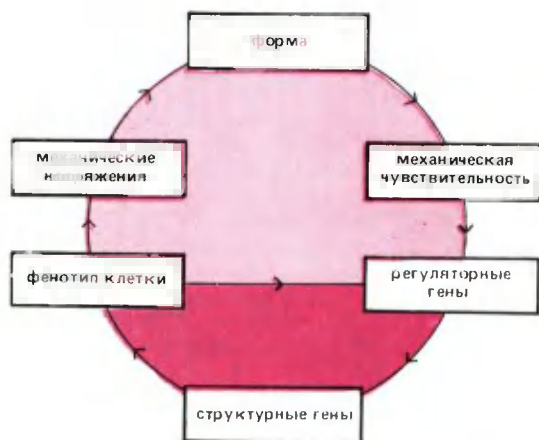
чинается она с изменения формы клеток, приводящего к пластовым натяжениям-сжатиям. Натяжения охватывают весь мозг и кодируют позиционную информацию клеткам. Восприятие механических воздействий на уровне ионных каналов позволяет клеткам считывать эту информацию и в соответствии с полученным сигналом экспрессиро-

¹ Selman G. G. // J. Embryol. Exp. Morphol. 1958. V. 6. P. 448—456.

² Sachs F. // Critical Rev. in Biomed. Engineering. 1988. V. 16. P. 141—169.



Нервная пластинка с системой нормальных механических натяжений. Индивидуальная позиционная информация заключена в векторах FF' , неповторимых для каждой клетки в координатах продольного [X] и поперечного [Y] сжатия.



Связь между формообразованием, биомеханикой мозга и геномом клетки.

вать гены. Так начинается новый цикл морфогенетической активности клеток. Понятно, что по мере развития роль механических взаимодействий снижается, а с момента дифференцировки весь процесс определяется геномом.

В пользу предложенной гипотезы говорят данные о появлении молекул клеточной адгезии нервной ткани у куриных эмбрионов и экспрессии гомеобоксодержащих генов (НОМ-генов) в заднем мозге мыши.

Молекулы клеточной адгезии появляются после дифференцировки нервной пластинки³. НОМ-гены экспрессируются в соответствии с границами ромбомеров (повторяющихся эмбриональных структур нервной трубки), но только после исчезновения их морфологических границ⁴. Эти данные подводят нас к решению одной из самых любопытных задач организации мозга — парадоксу формы.

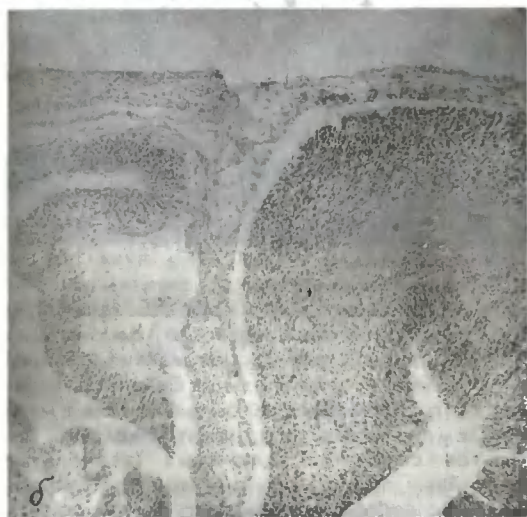
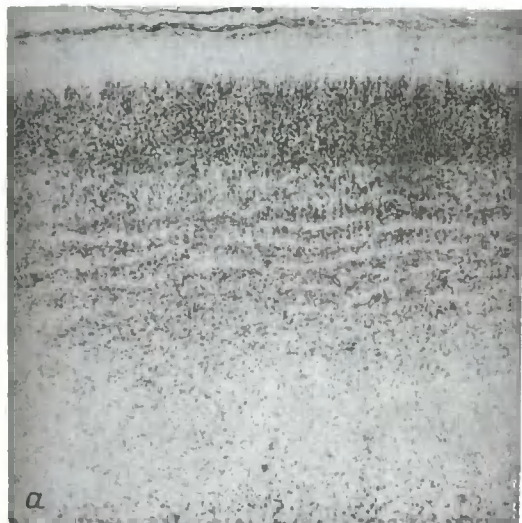
Сложная форма мозга не обусловлена выполнением каких-либо самостоятельных функций. Если в скелете форма и функция неразделимы, то в мозге такой прямой связи нет. Тем не менее сложная пространственная организация мозга возникает в индивидуальном развитии каждого из читающих эти строки.

Отчего мозг не имеет форму шара или эллипса, гармошки или бублика? Логично предположить, что при отсутствии внешних воздействий мозг мог бы приобрести в процессе эволюции более закономерную форму шара или эллипсоида. Однако упрощения его пространственной организации не происходит. У млекопитающих и человека это одна из наиболее сложных структур организма.

Зачем органу, подвешенному в жидкости, покрытому мозговыми оболочками, костями черепа, кожей и в большинстве случаев волосами, нужна какая-либо пространственная организация? Казалось бы, при подобной защищенности от внешнего мира форма мозга не должна иметь значения. Действительно, если рука или нога имеют форму, соответствующую своим механическим функциям, то в мозге ничего подобного нет. Тем не менее отсутствие механических функций у зрелого мозга сочетается с наличием сложной формы. Этот парадокс организации структуры мозга лежит на поверхности, но до сих пор не получил сколь-нибудь ясного объяснения. С точки зрения биомеханической модели эмбрионального развития мозга, правомочен нетривиальный вывод о том, что целью развития формы мозга является детерминация регионально-специфической экспрессии генов. Этот вывод парадоксален тем, что наблюдаемая форма мозга, по сути дела, оказывается побочным продуктом пространственно-временной упорядоченности генной активности, которая не может

³ Bream J., Davis R. M. // Cell. 1990. V. 60. P. 352—364.

⁴ Edelman E. M., Thiery J. P. The cell in contact. N. Y., 1985; Wilkinson D. G., Bhatt S., Cook M. et al. // Nature. 1989. V. 341. N. 6241. P. 405—409.



Стенка переднего мозга эмбриона человека: а — в нормальном развитии; б — при патологии формообразования.

возникнуть на другом субстрате. Понятно, что в структурах, не имеющих пластовой организации, биомеханические взаимодействия очень затруднены, а альтернативные источники позиционной информации пока неизвестны.

За пространственную организацию нервной системы человечество платит очень дорогую цену. Почти каждый второй погибший эмбрион человека имеет аномалию развития мозга. При этом только в трети

случаев аномального развития нервной системы мы можем догадываться о вероятных причинах возникающих патологий. Ими могут быть действия тератогенных веществ, генетические изменения, влияние радиации, температуры, стрессов и инфекции. Но разные причины оказывают сходное воздействие на развитие мозга. И в этом случае мы сталкиваемся с новым парадоксом.

Одно и то же изменение мозга может вызывать любая из названных причин. Эти данные нетрудно объяснить, допустив, что причина возникновения однотипной аномалии при множестве повреждающих факторов кроется в механизмах развития формы мозга. Действительно, в рамках предлагаемой гипотезы неустойчивость развития проявляется только при смене полей механических натяжений и в периоды механочувствительности нейроэпителиальных клеток. Смена полей натяжения за время развития мозга происходит трижды: при переходе от бластулы к гаструре, от гастреры к нервной пластинке и от нервной пластинки к нервной трубке. Наиболее неустойчив период сворачивания нервной пластинки в нервную трубку. В зонах стягивания краев нервной пластинки не только меняются напряжения, но и активизируются механозависимые ионные каналы. Любые, даже непродолжительные тератогенные воздействия в этот период приводят к локальным аномалиям развития нервной системы. При этом причина может быть неспецифична, но если она повлияет на проницаемость ионных каналов или сборку цитоскелета нейроэпителиальных клеток, масштабы патологических изменений будут соответствовать возрасту эмбриона и продолжительности воздействия.

Локальный характер патологических изменений при развитии мозга говорит о том, что в поле натяжения нервной пластинки и нервной трубки нейрообласть устойчива к тератогенным влияниям. Видимо, невосприимчивость клеток обусловлена блокировкой механорецепторов после считывания позиционной информации. Только при переходе из одного механического состояния клетки в другое механорецепторы разблокировываются и развитие мозга становится уязвимым.

Представленные результаты первых шагов в исследовании механизмов формообразования нервной системы не дают универсальных ответов на поставленные вопросы, но намечают путь к познанию развития и строения мозга.

Базальтовый вулканизм и геодинамика

А. Ф. Грачев



Андрей Федорович Грачев, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН. Область научных интересов — эволюция рифтовых областей Земли, современная и новейшая геодинамика, связь магматизма и геодинамики.

СРЕДИ всех горных пород базальты занимают особое место.

Во-первых, они имеют мантийное происхождение, поэтому, изучая базальты, можно судить о температурах и давлениях в мантии Земли. Более того, некоторые типы базальтов содержат включения (ксенолиты) мантийных пород, несущие прямую информацию о составе и свойствах мантии.

Во-вторых, базальты образуются в самых разных тектонических обстановках, и их химический состав связан с тектоническими условиями. Это позволяет использовать геохимические данные для палеогеодинамических построений.

В третьих, вся геологическая история Земли — по крайней мере, доступные прямому изучению последние 3,8 млрд. лет — сопровождалась образованием базальтов. И хотя периоды интенсивного базальтового магматизма сменялись относительно спокойными, базальты можно считать «сквозными» породами, проливающими свет на многие геологические процессы и развитие Земли в целом.

Кроме того, у базальтов имеется еще одно серьезное «преимущество» перед дру-

гими магматическими породами — их очень много. Громадная площадь океанических бассейнов (это примерно 60 % площади Земли) сложена практически одними базальтами. Да и на континентах они распространены достаточно широко.

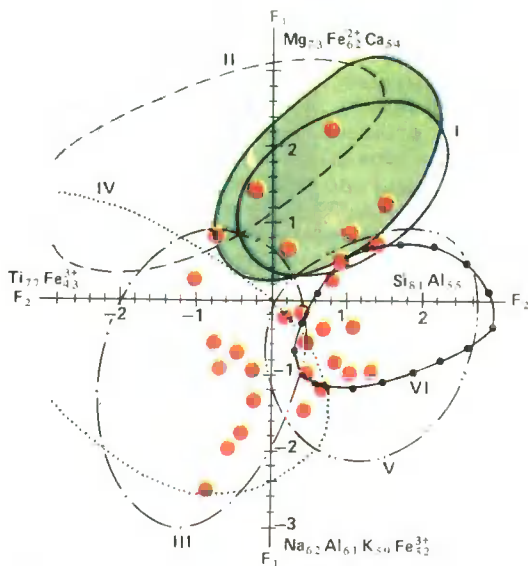
Теперь читателю, наверное, понятно, насколько интересны базальты и почему автор этой статьи занялся изучением базальтового вулканизма. С того начального этапа прошло около 25 лет. За плечами полевые работы в Саянах, Туве, на Становом нагорье и Витимском плато, в горах Северо-Востока СССР, Тянь-Шаня и Малого Кавказа, в Венгрии, Чехословакии, Болгарии, Испании, на Канарских о-вах и в Китае. И все эти годы не только накапливался фактический материал, но и создавался собственный петрохимический банк. Сейчас он содержит более 60 тыс. химических анализов, характеризующих валовый состав базальтов (т. е. соотношение их главных элементов с концентрацией выше 0,1 %), состав редких и редкоземельных элементов, а также немногочисленные пока данные по изотопному составу гелия, аргона, самария, неодима и стронция.

Имея такой банк и персональный компьютер с хорошим математическим обеспечением, можно за короткое время погрузиться в историческую петрологию — новый раздел наук о Земле, изучающий эволюцию магматических пород во времени. Попробуем показать, как это делается. Но сначала рассмотрим, где и как образуются современные базальтовые магмы.

БАЗАЛТЫ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВЕК

Согласно господствующим ныне представлениям, вся твердая оболочка планеты разделена на крупные блоки, или литосферные плиты. Те границы между плитами, где образуется новая кора, получили название конструктивных, а те, где древняя кора уничтожается, — деструктивных.

Классическим выражением конструктивных границ являются срединно-океанические хребты, осевые зоны которых — место максимальной магматической и тектонической активности. Здесь по глубокому расколу земной коры — рифтам — на океаническое дно непрерывно поступает базальтовая магма. Постепенно охлаждаясь и кристаллизуясь, она разделяется на два слоя: базальтовый и габбро (второй и третий слои океанической коры соответственно). Каждый новый импульс магматической активности в области океанических рифтов при-

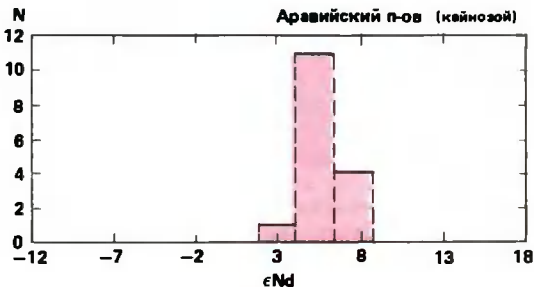
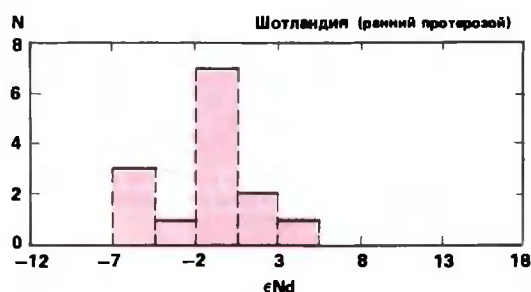
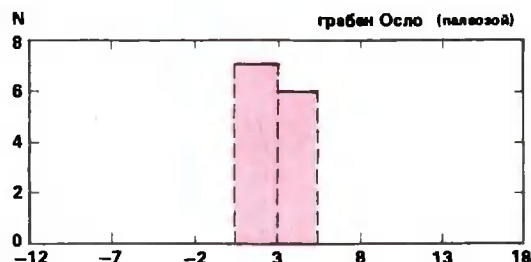
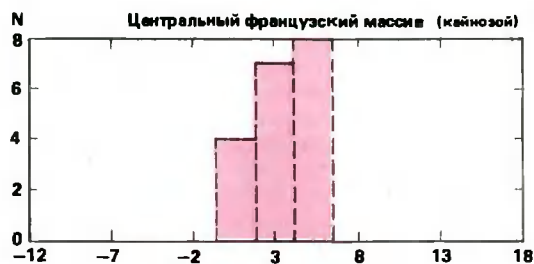
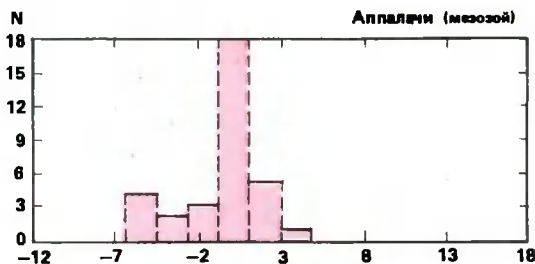


Обобщенная факторная диаграмма полей составов базальтов всех современных геодинамических обстановок в плоскости осей первого (F_1) и второго (F_2) факторов: I — срединно-океанические хребты; II — горячие точки в океане; III — океанические острова; IV — континентальные рифты; V — островные дуги, активные материковые окраины и орогены зон коллизии литосферных плит; VI — окраинные моря. Для сравнения на этой же диаграмме показан состав архейских и раннепротерозойских базальтов (цветные поля), а также средние составы офиолитов палеозоя и мезозоя (цветные кружки).

водит к тому, что новообразованная кора раздвигает более древнюю — происходит спрединг океанической коры.

Для базальтов срединно-океанических хребтов, получивших название абиссальных толентов, типичны низкие концентрации калия, титана и легких редкоземельных элементов — лантана, церия, самария. Глубина генерации таких магм невелика (7—10 км), а зачастую магматические очаги располагаются на еще меньших глубинах (это легко устанавливается по затуханию сейсмических волн).

Другая область магматической активности в океанах — океанические острова, расположенные как вблизи срединно-океанических хребтов и на самих хребтах, так и вдали от них (например, о. Св. Елены, о. Гоф, Канарские о-ва — в Атлантическом океане или о. Пасхи, Галапагосские о-ва — в Тихом). Здесь развит принципиально иной тип базальтов — щелочные базальты, отличающиеся высоким содержанием калия, титана и легких редкоземельных элементов. Характерно, что эти базальтовые распла-



Гистограммы, отражающие соотношения изотопов неодима в кайнозойских рифтовых базальтах (слева), а также в рифтовых базальтах мезозоя, палеозоя и докембрия (справа). Поскольку вариации значений ϵNd для докембрийских и фанерозойских базальтов близки, можно предположить, что исходный мантийный резервуар возник задолго до образования самых древних из них.

вы поступают на поверхность не по трещинам, как в срединно-океанических хребтах, а по магматическим каналам, уходящим на глубину 40—50 км и более. Зарождаются такие расплавы в астеносфере — частично расплавленном слое верхней мантии, по которому движутся жесткие литосферные плиты. Именно щелочные расплавы выносятся на поверхность ксенолиты мантийных пород — лерцолитов, гарцбургитов, дунитов.

Если радиус Земли считать постоянным (по меньшей мере, для последних

200 млн. лет, как это принято в современной геофизике), то кора, образованная в срединно-океанических хребтах, должна где-то поглощаться. Такими зонами, согласно тектонике плит, являются глубоководные желоба, которые протянулись вдоль цепочек островных дуг, опоясывающих Тихий океан с запада, или окаймляют активные континентальные окраины на востоке Тихого океана, у подножия Анд.

Здесь, в зонах Беньоффа, древняя океаническая кора (а точнее, литосфера) погружается под континентальную литосферу до глубины 650—700 км, где происходит ее уничтожение. При этом выделяется огромное количество сейсмической энергии, образуется множество вулканов, корни которых находятся в зоне взаимодействия двух плит.

Своеобразие вулканической активности островных дуг и активных материковых окраин состоит в том, что вулканы здесь извер-

гают лавы, сильно дифференцированные по составу. Кристаллизация этих лав дает целый ряд пород от основных до кислых (базальты, андезиты, дациты, риолиты), в котором последовательно увеличивается содержание кремнезема и щелочных элементов. Вся совокупность пород, образующихся в зонах Бенюффа, получила название известково-щелочной серии.

Отличительная особенность этой серии пород — поперечная геохимическая зональность, обусловленная глубиной залегания зоны Бенюффа. При движении от глубоководного желоба, где океаническая плита начинает погружаться под островную дугу, в сторону самой дуги в базальтах изменяется содержание таких главных элементов, как алюминий, кальций, натрий и калий: толеитовые базальты сменяются высокоглиноземистыми, а затем щелочными. Устойчивая корреляционная связь содержания многих элементов с глубиной зоны Бенюффа указывает на закономерное увеличение глубины генерации магматических расплавов. В лавах вулканов, наиболее удаленных от оси желоба, встречаются ксенолиты мантийных перцолитов.

В непосредственной близости от островных дуг находятся окраинные моря, имеющие в основном очень молодой возраст. Они образовались в результате спрединга океанической коры, как и океанические бассейны. Но причина спрединга (и вулканизма) здесь иная; по мнению многих исследователей, спрединг в этом случае связан с разогревом литосферы вследствие субдукции.

В осевых зонах окраинных морей образуются толеитовые базальты, которые по содержанию одних компонентов близки к абиссальным толеитам, а по содержанию других — отличаются от них. При движении в направлении дуги состав базальтов изменяется — увеличивается содержание натрия, калия и глинозема, что убедительно доказано глубоководным бурением.

Когда океаническая плита оказывается полностью поглощенной в результате субдукции, в соприкосновение приходят континентальные плиты. Их столкновение и подвигание одной под другую приводят в конечном итоге к образованию горных поясов. Так, при столкновении Индийской плиты с Евразийской возникли Гималаи. В тыловой же части континентальной плиты, под которую раньше погружалась океаническая, образуются высокогорные плато (такие, как Тибет).

Рост этих плато сопровождается образованием вулканических пород с высоким со-

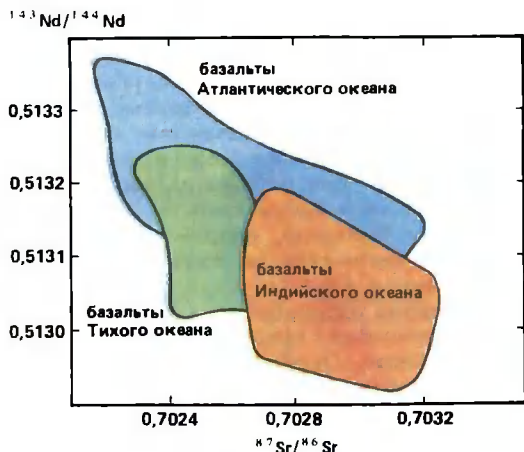
держанием калия, которые занимают промежуточное положение между щелочной и известково-щелочной сериями. Недавно китайский петролог Денг Ванмин обнаружил породы такого состава возраста от 25 до 0,07 млн. лет на северной окраине Тибета. И хотя подобные породы крайне редки, их значение для понимания взаимосвязи геодинамики и вулканизма так же велико, как для биологии, например, находка карликовых бегемотов на берегу оз. Бангвеулу в Южной Африке.

Не менее разнообразен состав базальтов, образующихся в пределах континентальной литосферы. Особенно интенсивен базальтовый вулканизм в зонах континентальных рифтов (Восточно-Африканского, Байкальского, Рио-Гранде и др.), а также на внутриконтинентальных поднятиях земной коры (Монголия, плато Тибести в Африке). В континентальных рифтах на долю базальтов приходится от 60 до 100 % вулканогенных пород.

Континентальные рифты, как и океанические, являются зонами растяжения литосферы, но в отличие от первых скорость растяжения здесь чрезвычайно мала. Поэтому под континентальными рифтами кора лишь становится тоньше в 1,5—2 раза по сравнению с обычной материковой, но сохраняет целостность. В этих условиях при трещинных излияниях образуются щелочные оливиновые базальты, а при извержениях вулканов центрального типа — контрастные дифференцированные серии пород (базальт-трахитовые и базальт-риолитовые). В отличие от известково-щелочных, образующихся в островных дугах, эти серии не полны, так как в них отсутствуют андезиты.

Поразительно сходство вулканических пород, образующихся при извержениях вулканов центрального типа в континентальных рифтах и на внутриокеанических островах: и здесь, и там в ряду химических дифференциатов имеется разрыв в той области, где должны были бы присутствовать породы среднего состава (так называемый разрыв Дели). Это объясняется одинаковой глубиной генерации базальтовых расплавов, а появление в обоих случаях пород с высоким содержанием кремнезема (трахитов, риолитов и др.) обусловлено дифференциацией расплавов в магматических камерах.

Интересны проявления базальтового вулканизма и в местах сочленения континентальных и океанических рифтов, где мощность коры промежуточная между континентальной и океанической (15—20 км). Здесь представлены базальты с составом, переходным от типично абиссальных толеитов



Базальты Атлантического, Тихого и Индийского океанов, отличающиеся по соотношению изотопов стронция и неодима (по Э. Клейну и др., 1988). Принято считать, что мантийный источник базальтов срединно-океанических хребтов однороден, однако на диаграмме хорошо видно, что существуют значимые региональные отличия. Например, выделяется изотопная аномалия для базальтов Индийского океана, контуры которой, судя по данным сейсмической томографии, совпадают с глубоко залегающими плотностными неоднородностями в мантии. Это позволяет предположить, что базальты Индийского океана образовались при плавлении мантийного источника, отличающегося по составу от мантии Атлантического и Тихого океанов.

к щелочным базальтам. Такие базальты встречаются, например, в районе треугольника Афар — месте сочленения континентального и двух океанических рифтов.

В пределах как океанической, так и континентальной литосферы существует еще один, совершенно необычный, способ образования базальтовых расплавов, который связан с так называемыми горячими точками. Еще в 1971 г. американский геофизик Дж. Морган высказал предположение, что Императорско-Гавайский хребет в Тихом океане, состоящий из цепи вулканических островов и подводных вулканов, сформировался в результате движения Тихоокеанской плиты относительно магматически активной локальной области в районе о. Гавайи. Эта идея, в которую поначалу Морган не вкладывал геохимического содержания, впоследствии переросла в концепцию «горячих точек», или мантийных плюмов.

По современным представлениям, такие точки образуются магматическими расплавами, поступающими с больших глубин (их корни, по данным сейсмической томогра-

фии, уходят на глубину 500 км и более), а состав базальтов в этих районах отличается высоким содержанием железа и титана и необычно высоким отношением изотопов гелия — $^3\text{He}/^4\text{He} = (3-5) \cdot 10^{-5}$.

ЭВОЛЮЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БАЗАЛЬТОВ

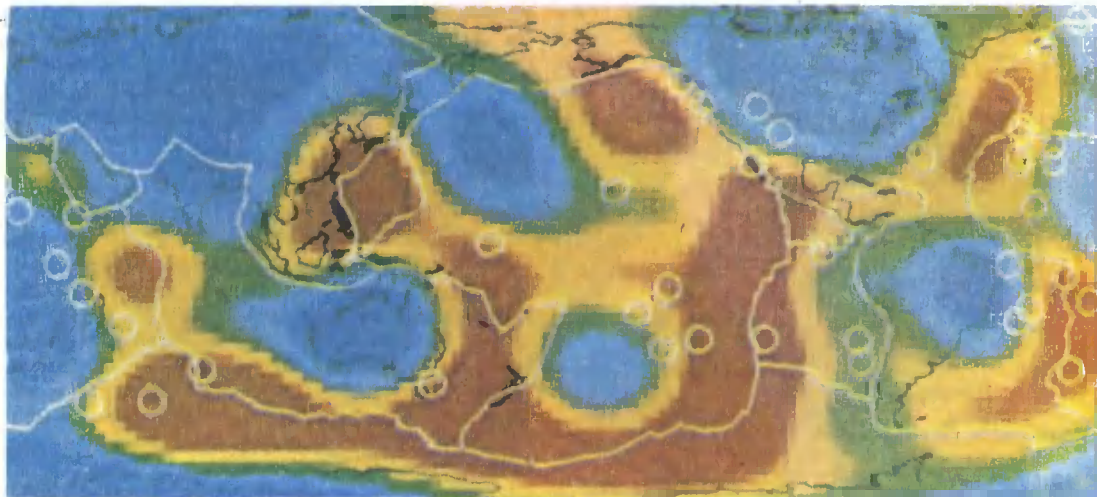
Ясно, что ни один исследователь не в состоянии изучить все типы базальтов. Поэтому и приходится собирать банк данных, подобный упомянутому в начале статьи. При этом важно не только накопить как можно больше информации, но и правильно ее обработать.

Обычно при обработке петролого-геохимических данных применяют бинарные и тройные диаграммы (например, диаграмму «кремнезем — сумма щелочей» — для разделения щелочных и толеитовых базальтов). Однако подобные диаграммы базируются всего на нескольких главных элементах, отражающих какую-то одну петрохимическую особенность породы, например щелочность. Поэтому мы воспользовались методами факторного и кластерного анализа, которые позволяют изучать взаимосвязь всех элементов одновременно, обеспечивая классификацию и диагностику объектов. Например, подобные методы давно используют при идентификации преступников и установлении авторства старинных рукописей.

Один из наиболее дискуссионных вопросов в науках о Земле касается геодинамической обстановки в докембрии. В этой связи особенно интересны древнейшие базальтоидные комплексы, входящие в состав гранит-зеленокаменных поясов архея и раннего протерозоя.

По мнению одних исследователей, эти докембрийские структуры являются аналогами современных островных дуг. Отсюда следует, что механизм тектоники плит действовал уже на самых ранних этапах развития Земли. Другие же считают, что эти структуры относятся к рифтовому типу и что рифтогенез в раннем докембрии не сопровождался субдукцией.

При изучении геологического строения Барбертонского зеленокаменного пояса — одного из наиболее древних на Земле — М. и Р. Вильюны в конце 60-х годов обнаружили в долине р. Комати лавы с необычно высоким содержанием MgO . Как принято в петрографии, этим породам сразу же дали новые названия — перидотитовые и базальтовые коматиты (в зависимости от содержания MgO).



Плотностные неоднородности в мантии Земли, выявленные методом сейсмической томографии: красным показаны области разуплотненной, наиболее разогретой мантии, синим — более плотной, относительно холодной мантии. Кружками обозначены горячие точки, где недеплетированная мантия поступает на земную поверхность. (Рисунок из статьи Д. Л. Андерсона, А. М. Дзавенского, опубликованной в журнале «В мире науки», 1984, № 12.)

Вслед за этим многие исследователи, работавшие в других регионах, стали обращать внимание на специфику вулканизма раннего докембрия. Она заключается в очень большой мощности вулканогенных пород (до 10—15 км), наличии неизвестных в более молодых комплексах лав ультраосновного и основного состава (перидотитовых и базальтовых коматитов) со специфической структурой спинифекс, большой величине отношения $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$, низком содержании калия и титана и высоким — железа. Многие исследователи пришли к заключению, что эти признаки свойственны только раннедокембрийскому вулканизму. Однако это не совсем так.

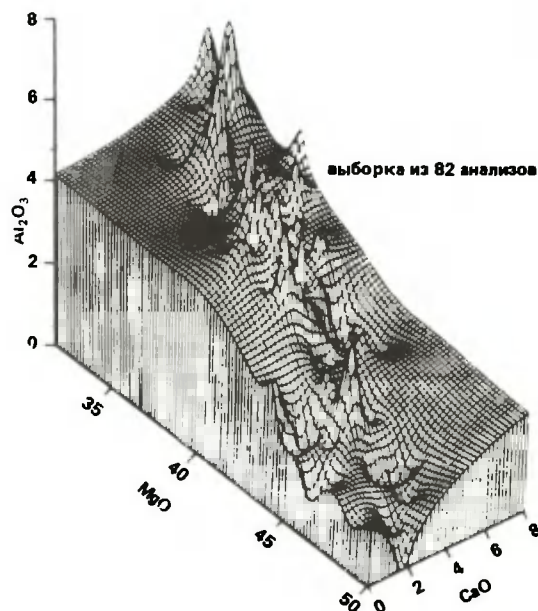
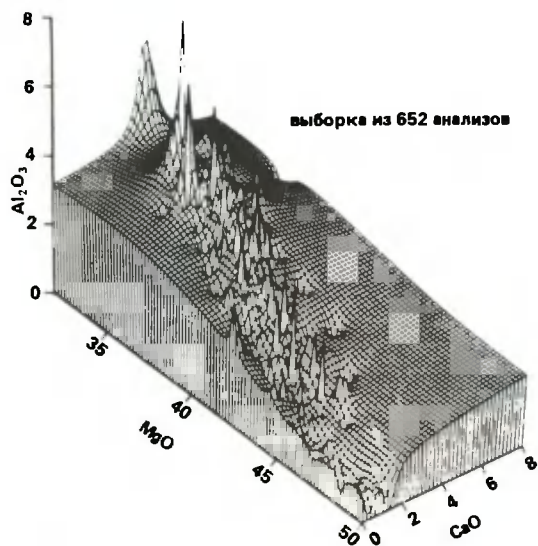
Кластерный и факторный анализ более 3 тыс. валовых составов базальтов, имеющих возраст свыше 2 млрд. лет, показал, что существуют два основных типа базальтов (гиперстенные и кварц-нормативные толеиты), которые по своим петрохимическим параметрам неотличимы от базальтов современных срединно-океанических хребтов. На обобщенной факторной диаграмме, отражающей скоррелированное поведение главных петрогенных элементов, их составы лежат в поле абиссальных толеитов.

Наиболее важный, пожалуй, результат проведенного нами сравнительного анализа химического состава раннедокембрийских и современных базальтов заключается в следующем: среди раннедокембрийских вулкаников отсутствуют щелочные базальты, которые свойственны континентальным рифтам, а также базальты известково-щелочной серии, образующиеся в зонах субдукции.

Анализ широко используемых геологами бинарных и тройных диаграмм показал, что различие в химическом составе базальтовых коматитов и толеитов раннего докембрия в целом такое же, как между высокомагнезильными и толеитовыми базальтами фанерозоя. Что же касается своеобразной структуры спинифекс в коматитах, то такие структуры, образующиеся при быстром охлаждении расплава, не уникальны — их неоднократно описывали и раньше, но под другими названиями.

Таким образом, ультраосновной вулканизм, широко проявившийся в архее, можно считать единственным признаком, указывающим на достаточно резкое изменение условий плавления на рубеже 2,5—2,6 млрд. лет. По оценкам Д. Грина, температура изливавшихся лав перидотитовых коматитов составляла от 1540 до 1650 °C, что на 300—350 °C выше температуры фанерозойских толеитовых расплавов. Это заключение легло в основу оценок архейского теплового потока, который, как полагают, превышал современный не менее, чем в три раза.

По мере развития зеленокаменных поясов объем лав перидотитовых и базальтовых коматитов постепенно уменьшался,



Вариации содержаний (в мас. %) трех наиболее важных компонентов перцолитовой мантии — магния, кальция и алюминия (вверху — для всех континентов, внизу — для вулкана Тумбусун-Дулга в Байкальском рифте). Диаграммы показывают, что пределы химической гетерогенности континентальной мантии Земли в целом сопоставимы с пределами гетерогенности мантии под отдельными вулканами.

вплоть до полного их исчезновения около 2 млрд. лет назад. Этот рубеж стал переломным в истории развития литосферы Земли. С ним связано прекращение формирования гранит-зеленокаменных поясов и становление зрелой континентальной коры, сопоставимой по мощности с континентальной корой фанерозойского типа. Начиная с этого рубежа, при растяжении литосферы вместо зеленокаменных поясов стали развиваться палеоавлакогены (древние рифты), вулканизм которых по ряду геохимических признаков неотличим от вулканизма кайнозойских континентальных рифтов. Именно на этом рубеже широко развиты получают щелочные базальты и лавы ультращелочного состава, в том числе ультракалийные с включениями мантийных ксенолитов.

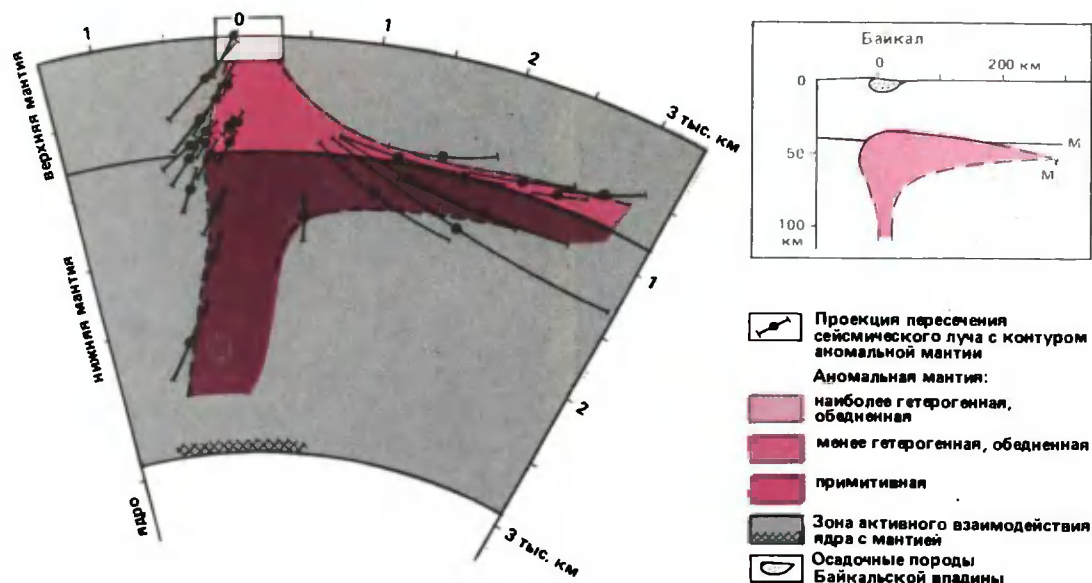
Сходство раннедокембрийских базальтов с толеитами современных срединно-океанических хребтов доказывает, что и те, и другие формировались в условиях растяжения протокрышки базитового состава, т. е. в режиме океанического рифтогенеза.

Кроме того, в раннем докембрии не было, как уже отмечалось, базальтов известково-щелочной серии, характерных для современных зон субдукции. Это свидетельствует об отсутствии тектоники плит в раннем докембрии.

Если считать суммарную площадь раннедокембрийских поясов равной примерно трети площади современного океана, то при отсутствии поглощения новообразованной коры в зонах субдукции мы приходим к выводу об умеренном расширении Земли на протяжении первых 2 млрд. лет со средней скоростью около $5 \cdot 10^{-3}$ см/год.

Несколько особняком стоит вопрос о геодинамической обстановке, в которой образовались широко развитые во всех фанерозойских складчатых поясах офиолитовые комплексы. Офиолиты — это фрагменты древней океанической коры, которая при столкновении континентальных блоков литосферы выжимается (обдущирует) на континентальную литосферу. Принято считать, что базальты офиолитовых комплексов — это аналоги толеитов, образующихся в осевых зонах срединно-океанических хребтов. Однако детальные геохимические и изотопные исследования¹ базальтов из офиолитовых комплексов заста-

¹ McCulloch M. T., Gregory R. T., Wasserburg G. J., Taylor H. P. // J. Geophys. Res. 1981. V. 86. P. 2721—2736.



Сейсмический разрез мантии по профилю Байкал — Южные Японские о-ва (по С. В. Крылову и др., 1984). На врезке — увеличенный разрез земной коры и верхней части мантии через Южно-Байкальскую впадину. Видно, что корни аномальной мантии под Байкальским рифтом уходят глубоко в мантию Земли, как это свойственно горячим точкам.

вили усомниться в правомерности этой точки зрения.

Факторный анализ показал, что по своему составу базальты офиолитовых комплексов близки к базальтам островных дуг и окраинных морей. Реже они попадают в область, отвечающую базальтам внутриокеанических островов, горячих точек и срединных хребтов.

Если исходить из предположения, что внедрение офиолитов происходило вскоре после их образования, то формирующаяся кора должна была быть достаточно горячей — только в этом случае могла реализоваться обдукция.

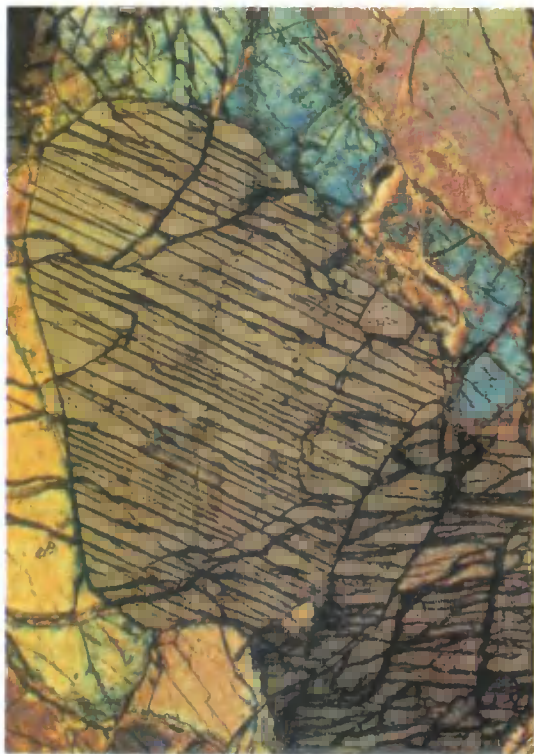
Это исключает возможность образования офиолитов за счет зрелой океанической коры таких бассейнов, как, например, Атлантический океан. Наиболее благоприятна для образования офиолитов океаническая кора бассейнов, формирующихся в тылу островных дуг. Офиолиты могут возникнуть и за счет коры срединно-океанических хребтов, но возраст коры при этом не должен существенно превышать 10 млн. лет (тогда кора остается достаточно пластичной для перемещения).

Однако и в этом случае обдукция должна происходить непосредственно вслед за образованием океанической коры.

Итак, основные типы базальтов, образующиеся сегодня в различных геодинамических режимах, возникли и в геологическом прошлом. Именно это позволило разработать методику восстановления геодинамических обстановок прошлого на основе анализа геохимических признаков. В ней используется состав редких и редкоземельных элементов, породообразующих минералов (главным образом, пироксенов) и валовый состав базальтов. Последний оказался наиболее надежным классификационным признаком.

ХИМИЧЕСКАЯ И ИЗОТОПНАЯ ГЕТЕРОГЕННОСТЬ БАЗАЛЬТОВ

Проблему гетерогенности лучше всего обсуждать, сравнивая базальты одних и тех же геодинамических режимов. Наиболее показательны в этом отношении базальты областей растяжения литосферы, формирующиеся на дивергентных (расходящихся) границах плит. Для них установлен определенный эволюционный ряд составов, отражающий последовательную смену глубин генерации расплавов как функцию уменьшения толщины континентальной литосферы вплоть до ее разрыва и образования океанической коры. Данная закономерность прослеживается во всех областях Земли без исключения.



а

Микрофотографии ксенолитов шпинелевых перцолитов и вмещающего базальта: а — ксенолит деплетированной (литосферной) мантии, в котором 42 % MgO и $^3\text{He}/^4\text{He} = 10^{-6}$; б — ксенолит недеплетированной (астеносферной) мантии, в котором 35,5 % MgO и $^3\text{He}/^4\text{He} = 3 \cdot 10^{-5}$; в — ксенолит со следами мантийного метасоматоза по границам зерен оливины; г — вмещающий ксенолиты оливиновый базальт. Поляризованный свет, увел. 40.

Однако на этом фоне отчетливо проявляются вариации состава базальтов, обусловленные не рифтогенезом, а совсем другими причинами. Одним из важнейших факторов, контролирующих его, является состав исходного мантийного вещества. Критериями же для выявления различий в мантийном субстрате служат химический и изотопный составы вынесенных из мантии ксенолитов.

В щелочных базальтах, где ксенолитов особенно много, преобладают шпинелевые перцолиты. Изучение этих мантийных пород показало, что по химическим и изотопным характеристикам они неоднородны: одна часть шпинелевых перцолитов относится к деплетированной (обедненной) мантии, а другая — к недеплетированной.



б

Наиболее показательны соотношения содержания изотопов гелия ($^3\text{He}/^4\text{He}$), неодима ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$) и стронция ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$).

Рассмотрим, как менялись области развития базальтового вулканизма в ходе эволюции литосферы на дивергентных границах плит.

Классический пример начальной стадии развития таких границ — Байкальский рифт, образовавшийся 15 млн. лет назад при подъеме аномальной мантии. Базальтовые вулканы на юго-западном и северо-восточном флангах Байкальского рифта различаются по составу как главных, так и редких элементов. В первом случае дифференциация магм приводит к образованию нормативных оливин-гиперстенных базальтов, а во-втором — нефелин-нормативных базальтов.

Судя по изотопному составу гелия в ксенолитах и вмещающих базальтах, мантийный источник юго-восточного фланга Байкальского рифта типичен для мантийных плюмов ($^3\text{He}/^4\text{He} = 3-5 \cdot 10^{-5}$). Вместе с тем для северо-восточного фланга это отношение на порядок ниже, что указывает на возможность существования сильно деплетированного мантийного источника. Размеры областей с



В

разными мантийными источниками в данном случае составляют около 100 тыс. км².

Другая область широкого развития внутриплитного базальтового вулканизма — Аравийский п-ов. Базальты, изливавшиеся здесь в течение 30 млн. лет на площади около 1,5 км², мало различаются по составу: его вариации внутри отдельных ареалов сопоставимы с вариациями между ареалами.

Изучение изотопного состава неодиима в лерцолитовых ксенолитах и вмещающих базальтах Аравийского п-ова показало², что значения ϵNd для них перекрываются, меняясь от +4,1 до +6,8. Таким образом, имеются все основания утверждать, что последние 30 млн. лет расплавы базальтов в этом регионе формировались за счет плавления единого мантийного резервуара.

Особый интерес представляют вулканы основного состава, широко распространенные на Западе США. Вулканизм здесь развивался в условиях рифтогенеза, последовавшего за прекращением субдукции Фаралонской плиты в зоне шириной более 1200 км



Г

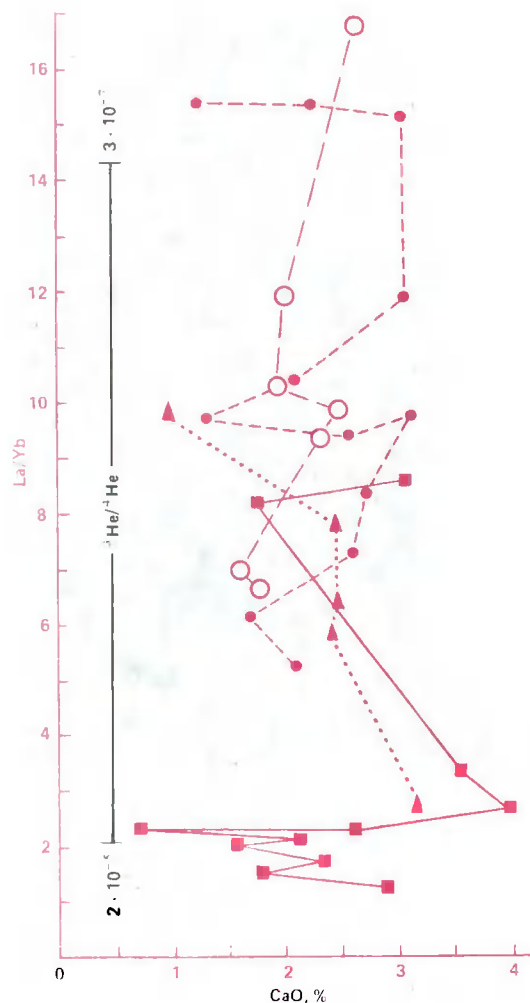
(от Калифорнийского залива на западе до рифта Рио-Гранде на востоке). Субдукция Фаралонской плиты началась в позднем олигоцене и длилась около 10 млн. лет, но уже с позднего миоцена базальтовый вулканизм протекал в условиях обычного, внутриплитного, рифтогенеза.

На обобщенной факторной диаграмме базальты этого региона располагаются в том же поле составов, что и базальты островных дуг и окраинных морей. Это указывает на известково-щелочную тенденцию развития химического состава этих базальтов и, что еще более важно, позволяет говорить о влиянии древней субдуцированной океанической литосферы на генерацию базальтовых расплавов.

Изотопный состав неодиима, самария и стронция в этих базальтах свидетельствует о существовании по крайней мере двух мантийных источников этих пород: обедненной мантии и примитивной мантии, богатой летучими компонентами³. Их пространствен-

² Högner E., Pallister J. S. // J. Geophys. Res. 1989. V. 94. P. 7749—7755.

³ Perry F. V., Baldrige W. S., De Paolo D. J. // Nature. 1988. V. 332. P. 349—353.



■ Вулкан Тумбусун-Дулга (Байкальский рифт)

▲ Панионский бассейн:

▲ Герце

● Писцех

○ Богемский массив

Соотношение концентраций радиоземельных элементов (La/Yb) и CaO в мантийных ксенолитах из базальтов различных регионов. Для сравнения показано, как в этих же образцах меняется соотношение концентраций изотопов гелия: для примитивной необедненной мантии горячих точек оно равно $2 \cdot 10^{-5}$, а для сильно дегазированной обедненной мантии — $3 \cdot 10^{-7}$.

ное положение явно коррелирует с зонами, где литосфера становится тоньше.

К западу от Рио-Гранде, в широкой зоне диффузного растяжения литосферы находится так называемая Провинция Хребтов и Бассейнов, где также достаточно выражена изотопная гетерогенность. Она отчетливо прослеживается как среди разных вулканических полей, так и внутри каждого из них, что указывает на разную природу этой гетерогенности.

По изотопному составу неодиима и стронция базальты западной части Провинции Хребтов и Бассейнов также делятся на две совокупности. Следовательно, можно говорить о двух мантийных источниках, за счет плавления которых возникли эти базальты. Дж. Фармер и его коллеги полагают, что в первом случае источник базальтовых расплавов находится в литосферной части мантии (возраст 1,7 млрд. лет), а во втором — базальты возникли за счет смешения двух мантийных источников: молодой мантии астеносферы и более древней литосферной мантии.

Если интерпретация изотопных характеристик базальтов Запада США в целом справедлива, ее можно будет использовать и для других районов земного шара. В этом отношении особенно интересны базальты Северо-Восточного Китая, которые по многим петрохимическим особенностям сходны с базальтами Запада США и на обобщенной петрохимической диаграмме также попадают в поле островных дуг и окраинных морей. Эти базальты оказались близки и по изотопным характеристикам: величина ϵNd меняется от 0 до +8 (почти как у базальтов рифта Рио-Гранде), отражая разную степень влияния мантийного диапира, возникшего в тылу зоны субдукции⁴.

Разрыв материковой коры приводит к образованию океанического рифта и генерации толентов базальтов в условиях тонкой коры. По составу главных, редких и редкоземельных элементов базальты срединно-океанических хребтов обнаруживают достаточно сильные вариации, которые четко выражены даже внутри отдельных океанических бассейнов.

Изучение базальтов срединно-океанических хребтов (сначала на примере Исландии, затем — Галапагосского хребта) позволило доказать, что ярко выраженные вариации химического состава вдоль оси этих хребтов связаны с мантийными плюмами. Разви-

⁴ Zhu Bingquan, Mao Cunxiao. // *Geochimica*. 1983. V. 3. P. 1—14.

тие плюмов резко меняет рельеф океанического дна и, как правило, приводит к образованию островов на хребтах или внутри океана. Длительность существования плюмов исчисляется десятками миллионов лет (например, 55—56 млн. лет для о. Исландия).

По составу главных, редких и редкоземельных элементов базальты срединно-океанических хребтов обнаруживают достаточно сильные вариации, которые четко выражены даже внутри отдельных океанических бассейнов. Новые данные по изотопному составу неодима, стронция, гелия и свинца не только подтвердили значительные вариации этих величин, но и позволили выявить некоторые глобальные закономерности, оценить масштабы изотопной гетерогенности. Так, Э. Клейн с коллегами доказали, что по ^{124}O в. д. проходит граница, разделяющая две изотопные провинции: одна включает Тихий и Атлантический океаны, а другая — Индийский. И хотя их западная граница точно не определена, очевидно, что по изотопным характеристикам базальты Индийского океана существенно отличаются от базальтов других океанов.

На фоне глобальных и региональных закономерностей просматриваются вариации изотопных характеристик базальтов и гораздо меньшего масштаба (порядка 5—10 км). Например, базальты каждой из пяти подводных гор, расположенных рядом с Восточно-Тихоокеанским поднятием, отличаются от остальных как валовым составом, так и содержанием изотопов стронция и свинца⁵.

Таким образом, изотопная неоднородность базальтов срединно-океанических хребтов проявляется и в глобальном, и в локальном, масштабе.

Иной характер носит вулканизм внутри-океанических островов, где развиты как щелочные, так и толеитовые базальты. Острова, расположенные на оси срединных хребтов, делятся на две группы: относящиеся к тройным сочленениям (о. Исландия, о. Буве, Галапагосские о-ва и др.) и находящиеся вне их (например, о. Гоф, о. Вознесения).

Области тройных сочленений фиксируют выходы на поверхность восходящих мантийных потоков (мантийных плюмов), корни которых прослеживаются до 300—500 км и более. Первые доказательства геохимической специфики таких базальтов были получены Дж. Шиллингом с коллегами при изучении распределения редкоземельных элементов.

Итак, мы приходим к выводу, что существует достаточно высокая корреляция между вещественным и изотопным составом всех типов базальтов, формирующихся на границах расходящихся плит. Базальты континентальных рифтов (вне горячих точек) образуются за счет плавления деплетированной мантии литосферы, имеющей, как правило, докембрийский возраст — более 2 млрд. лет. В тех же рифтах, где вследствие прогрева литосфера становится особенно тонкой, базальты образуются при плавлении горячей астеносферной мантии, возраст которой соответствует времени мантийного диапиризма. Такой же процесс свойствен областям горячих точек в океанической литосфере, что указывает на единый генезис мантийных плюмов — независимо от их развития на континентальной или океанической литосфере.

Близость химического и изотопного состава континентальных и океанических щелочных базальтов говорит не только о сходных условиях их генерации, но и о сходном составе материнского источника. Судя по результатам изучения ультраосновных ксенолитов в щелочных базальтах, верхняя мантия и под континентами, и под океанами имеет лерцолитовый состав.

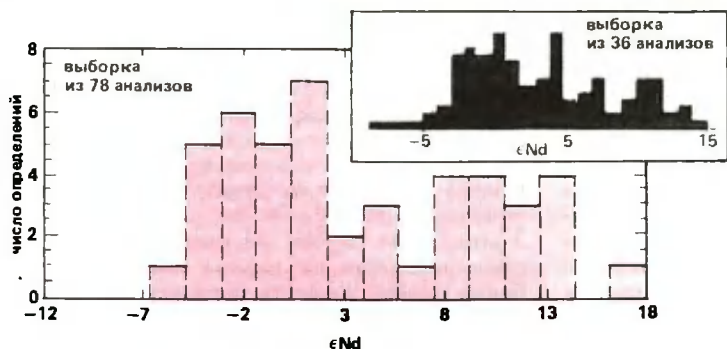
Анализ валового состава ксенолитов из щелочных базальтов позволяет утверждать, что существуют две четко выраженные группы. Первая отвечает по составу примитивной, неистощенной мантии с высоким содержанием алюминия, кальция и магния. Вторая — сильно обедненной мантии с низким содержанием кальция и алюминия и высоким содержанием магния.

Имеющиеся данные по изотопному составу гелия показывают, что для первой группы характерно высокое отношение $^3\text{He}/^4\text{He}$ (до $5 \cdot 10^{-5}$), а для второй группы величина отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$ близка к атмосферной (около $4 \cdot 10^{-7}$). Выделенные группы различаются также по соотношению изотопов неодима и стронция и, что особенно важно, по содержанию магния и так называемых несовместимых элементов⁶.

Пытаясь выделить крупномасштабные мантийные резервуары, исследователи столкнулись с противоречивыми данными. Например, в пределах отдельных вулканических построек или даже отдельных обнажений стали находить ксенолиты как с явными при-

⁵ Fornari D. J., Perfit M. R., Allan J. F., Batiza R. // *Nature*. 1988. V. 331. P. 511—513.

⁶ Несовместимые элементы — по А. Рингвуду, редкие элементы (Ba, Cs, Rb и др.), содержание которых меняется независимо от содержания в породе главных элементов (Si, Mg, Ca и др.).



Гистограммы, отражающие соотношение изотопов неодима в ксенолитах шпинелиевых лерцолитов из базальтов континентальных рифтов. На врезе — данные для всей Земли (по Мак-Донаху, 1990). Эти схемы показывают пределы изотопной гетерогенности современной мантии для континентальных рифтов и Земли в целом.

наками мантийного метасоматоза⁷, так и лишённые этих признаков. Это обнаружилось, когда исследователи перешли от изучения единичных образцов к систематическому анализу вариаций состава ксенолитов в пределах каждого отдельного местонахождения.

Оказалось, что, исследовав один вулканический аппарат, можно найти все разнообразие валовых составов лерцолитовой континентальной мантии⁸. Более того, вариации отношения La/Yb и изотопный состав гелия в мантийных ксенолитах из одних и тех же обнажений свидетельствуют о совместном присутствии деплетированной и недеплетированной мантии. И что самое удивительное, гетерогенность выявляется даже при изучении отдельных образцов мантийных ксенолитов, причем вариации составов породообразующих мантийных минералов и содержания редких элементов перекрывают аналогичные вариации для целых регионов⁹.

Но насколько представления о гетерогенности химического и изотопного состава современных базальтов приложимы к древним геодинамическим обстановкам? В недавней публикации С. Сана отмечается, что по масштабам изотопной гетерогенности базальты раннего докембрия подобны современным океаническим базальтам: и те, и другие развивались за счет мантийных источников, возникших ранее 3,8 млрд. лет назад.

Сопоставим изотопные характеристики базальтов, сформировавшихся в разное время на дивергентных границах плит.

Изотопные характеристики самария и неодима древнейших коматиитов из зеленокаменного пояса Абитибби, образовавшегося в результате океанического рифтогенеза, указывают, что источником этих коматиитов послужил обедненный мантийный резервуар, возникший задолго до их излияния (3,2 млрд. лет назад). В других частях пояса Абитибби проявилась сильная изотопная гетерогенность обедненного мантийного источника, возникшего 2,7—3 млрд. лет назад¹⁰.

Интересные результаты получены и при изотопных исследованиях базальтовых даек, прорывающих древний (возникший 2 млрд. лет назад) льюисский комплекс Шотландии. Оказалось, что здесь до появления сильно обогащенного мантийного резервуара, возникшего примерно за миллиард лет до внедрения даек, существовала умеренно деплетированная мантия¹¹.

Классическим примером более молодого — фанерозойского — рифтового магматизма являются базальты рифта Мидконтинент, возникшего 1,1 млрд. лет назад. Изотопные характеристики этих пород указывают, что их источником послужила не сублитосферная мантия, а мантийный плюм¹². Магматизм рифта Мидконтинент интересен еще и тем, что в отличие от окружающих районов, подстилаемых сильно обедненной мантией, здесь, как и в других кайнозойских континентальных рифтах, отчетливо просматривается влияние астеносферной мантии.

⁷ Метасоматоз — изменение минерального и (или) химического состава породы под воздействием флюидов. В мантии метасоматоз чаще всего — результат диффузии атомов по границам минеральных зерен.

⁸ Грачев А. Ф. Гетерогенность вещественного состава континентальной лерцолитовой мантии по данным изучения ультрасосновых ксенолитов в базальтах. // Физика и внутреннее строение Земли. М., 1989. С. 22—43.

⁹ Грачев А. Ф., Гулько Н. И., Ляпичев И. Г. и др. О вещественной, структурной и физической неоднородности в пределах одного образца шпинеливого лерцолита. // Глубинные ксенолиты и строение литосферы. М., 1987. С. 8—30.

¹⁰ Dupre B., Chuvel C., Arndt N. T. // *Geoch. Cosmoch. Acta*. 1984. V. 48. P. 1965—1972.

¹¹ Waters F. G., Cohen A. S., O'Nions R. K., O'Hara M. J. // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1990. V. 97. P. 241—255.

¹² Paces J. B., Bell K. // *Geochim. Cosmoch. Acta*. 1989. V. 53. P. 2023—2035.

Остается вопрос, как изотопная гетерогенность мантии сказалась на изменении химического состава базальтов при рифтогенезе. Их эволюцию можно проследить на примере раскрытия Атлантического океана.

Базальты атлантической пассивной окраины, состав которых меняется от оливиновых до кварцевых толеитов, имеют широкие вариации изотопных характеристик, свидетельствующие о существовании двух мантийных резервуаров: деплетированного, возникшего еще в докембрии (точнее, 1 млрд. лет назад), и обогащенного, связанного с астеносферной мантией эпохи позднеэриасового — раннеюрского рифтогенеза. Аналогичная картина характерна для многих современных рифтов¹³.

Итак, изотопный состав базальтов раннего докембрия и фанерозоя (включая современные) не позволяет противопоставлять их, говорить о различиях в их изотопной гетерогенности. Более того, имеются все основания предполагать, что изотопная гетерогенность, возникшая некогда при разделении верхней и нижней мантии (не позднее 3,8 млрд. лет назад), сохраняется до настоящего времени. И наиболее важным, пожалуй, моментом является разный масштаб изотопной гетерогенности — от единичного образца до целых литосферных плит.

Имеющиеся на сегодня данные противоречат представлениям об устойчивых во времени региональных мантийных резервуарах. Мантийный диапиризм как основной движущий механизм рифтогенеза не мог не приводить к смешению различных мантийных источников, что мы и наблюдаем при изучении мантийных ксенолитов и вмещающих их разновозрастных базальтов.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Все сказанное выше касается геологического развития Земли за последние 3,8 млрд. лет. Возникает вопрос, что же происходило в первые 800 млн. лет — от момента аккреции Земли 4,6 млрд. лет назад до формирования древнейших зеленокаменных поясов возраста 3,8 млрд. лет?

Известны находки цирконов в осадочных породах Западной Австралии возраста 4,1 млрд. лет. Естественно, они образовались за счет размыва более древней коры,

однако маловероятно, чтобы она сохранилась где-либо в геологическом разрезе. Поэтому при восстановлении сценария развития планеты за это время все чаще прибегают к модельным построениям.

Исходной точкой в таких построениях являются условия генерации расплавов перидотитовых коматиитов. По содержанию Al_2O_3 последние делятся на два типа: обедненные и обогащенные глиноземом. Экспериментальное плавление коматиитов такого состава, проведенное в последние годы Х. Скарфом, Е. Такахаси и др., показало, что первичные расплавы близкого состава могли возникать на глубинах от 150 до 350 км при температурах 1700—1800 °С.

Если исходить из популярных ныне представлений о существовании магматического океана, покрывавшего всю поверхность Земли до появления коры, процессы дифференциации при затвердевании такого океана мощностью в несколько сот километров могли привести к стратификации мантии Земли. Физической моделью этого процесса является образование расслоенных интрузивов, возникающих при затвердевании магматических камер под осевыми зонами срединно-океанических хребтов, например, Скергардского интрузива возраста 55 млн. лет в Гренландии, сформировавшегося перед раскрытием Норвежско-Гренландского бассейна.

Поскольку основные фазы, выделяющиеся при плавлении коматиитов, представлены разными по плотности минералами (оливином, ромбическим и моноклинным пироксенами, гранатом), можно предположить, что существующие в верхней мантии фации шпинелевых и гранатовых лерцолитов — результат этого процесса. Его окончание можно датировать временем исчезновения лав перидотитовых коматиитов (около 2 млрд. лет назад). В этой связи следует еще раз подчеркнуть, что многие ксенолиты шпинелевых и гранатовых перидотитов в кайнозойских лавах имеют модельный возраст более 2 млрд. лет.

Для дальнейшего изучения эволюции базальтоидного магматизма первостепенное значение приобретают исследования изотопных характеристик мантийных ксенолитов в древнейших щелочных базальтах возраста от 1 млрд. до 500 млн. лет. Здесь можно ожидать новых прямых данных о процессах, происходивших в мантии на самой ранней стадии развития Земли. Такие работы в сочетании с детальными исследованиями изотопного состава перидотитовых коматиитов раннего докембрия помогли бы решить многие дискуссионные вопросы, частично затронутые и в этой статье.

¹³ P e g r a m W. J. // Earth Planet. Sci. Lett. 1990. V. 97. P. 316—331.

Фуллерены — материалы XXI века

О. В. Жариков



Олег Виленич Жариков, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института физики твердого тела РАН. Область научных интересов — физика низких температур, сверхпроводимость, физика интеркалированных графита и фуллеренов.

ПОСЛЕДНЯЯ четверть нашего бурного столетия ознаменовалась рядом замечательных открытий в области материаловедения, химии и физики твердого тела. Это — органические металлы и проводящие полимеры, слоистые материалы, системы с тяжелыми фермионами и многое другое. Наконец, в 1986 г. — высокотемпературная сверхпроводимость. Казалось, после этого уже трудно чему-либо удивляться... Но в 1990—1991 гг. последовало новое выдающееся открытие совершенно необычного класса веществ — углеродных молекулярных кристаллов с экзотической структурой и неожиданными свойствами. Соединения получили название бакминстерфуллеренов (buckminsterfulleren), но обычно их называют просто фуллеренами.

Видимо, одной из наиболее ярких иллюстраций свойств этих соединений является наблюдение высокотемпературной сверхпроводимости в легированных соединениях фуллеренов со щелочными металлами. Однако это далеко не единственное необыч-

ное их свойство. Исследования фуллеренов, их физических и химических свойств стремительно расширяются, число публикаций уже превышает тысячу, подключаются все новые и новые группы. Западные издания облетела фраза: «Весь мир играет в баккибол (buckyball)», смысл которой станет понятен, если дочитать статью до конца.

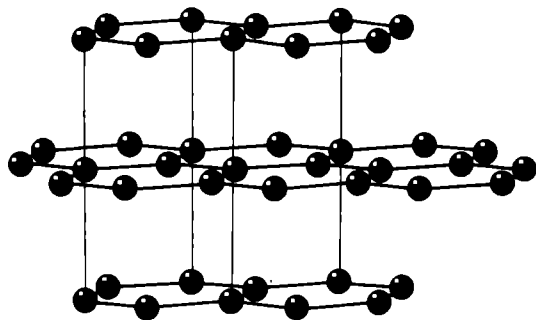
Читателю предлагается краткая экскурсия в мир фуллеренов. Однако, чтобы оценить всю красоту и необычность новых соединений, вспомним кое-что об углероде.

НЕМНОГО ГЕОМЕТРИИ, ИЛИ КАК «УПАКОВАТЬ» УГЛЕРОД

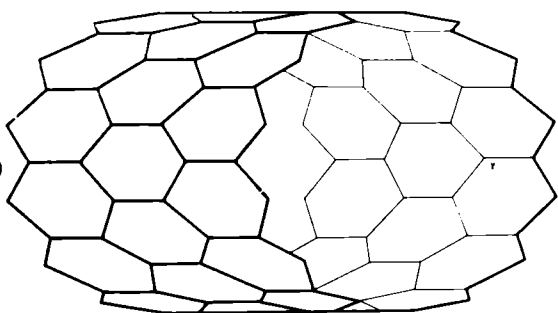
Углерод и его соединения в природе бесконечно разнообразны, поэтому мы сознательно исключим из рассмотрения все, что имеет отношение к органической химии и биологии, хотя следует понимать определенную условность такого разграничения, особенно имея в виду бурное развитие химии и физики фуллеренов.

Начнем с хорошо известных вещей. Углерод занимает шестую клетку Периодической системы и относится к 4А подгруппе р-элементов. В наружном (валентном) слое атома углерода четыре электрона, имеющие конфигурацию s^2p^2 , так что возможны следующие валентности углерода: —4, +2, +4. Три наиболее известными и распространенными аллотропными формами углерода в природе являются аморфный углерод (сажа), алмаз и графит. В кристалле алмаза каждый атом углерода окружен четырьмя другими, находящимися в узлах тетраэдра (так что рассматриваемый атом находится в его центре). Атомы связаны сильными (ковалентными) связями, что и определяет высокую твердость алмаза. Длина связи, т. е. среднее расстояние между атомами, 1,54 Å.

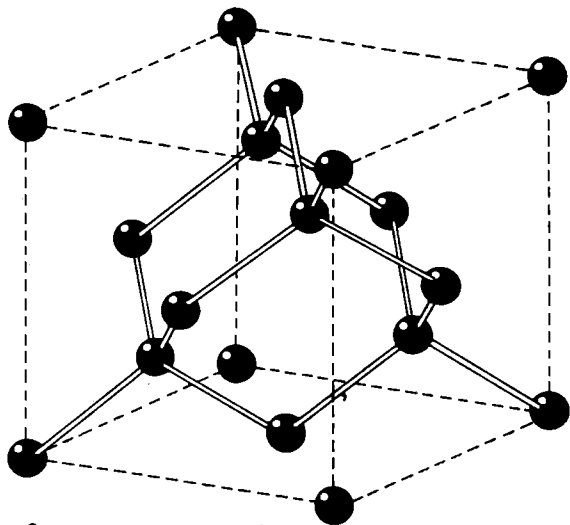
Слоистая структура графита кардинально отличается от алмазной. Атомы углерода упакованы в плоские сетки из правильных шестиугольников, в которых каждый атом имеет трех соседей, а сами сетки образуют систему параллельных плоскостей. По три электрона каждого атома в сетке участвуют в ковалентной химической связи с соседями,



Кристаллическая структура алмаза.



Элемент структуры цилиндрических графитовых волокон.



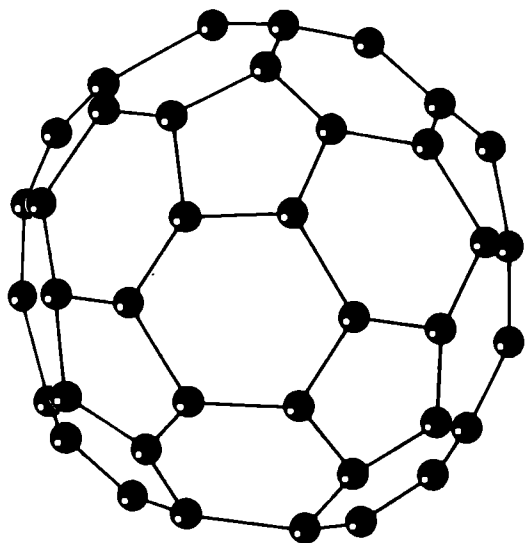
Слоистая структура графита.

образуя так называемую σ -связь (ее длина 1,42 Å). В свою очередь, сетки связаны слабыми (ван-дер-ваальсовыми) силами, в которых участвует четвертый электрон каждого атома углерода, и отстоят одна от другой на 3,4 Å, что в два с лишним раза превышает длину связи атомов в сетке. Связь между слоями получила название π -связи. Такая структура определяет многие уникальные свойства графита, например пластичность, объясняемую легким скольжением одной атомной плоскости относительно другой (вспомним карандаши и графитные смазки). Кроме того, сильная («алмазоподобная») связь атомов в плоскостях и слабое взаимодействие между слоями предопределяют возможность интеркаляции — введения в графит химическими и физическими методами различных атомов и молекул между сетками без нарушения слоистой структуры

и связей атомов в плоскостях. Важным признаком интеркаляции является обратимость процесса — возможность удаления введенных атомов и молекул с возвратом к исходной структуре. Интеркаляция сопровождается изменением расстояния между слоями и возникновением новых физических свойств. Например, в графите, интеркалированном AsF_5 , проводимость в плоскостях превышает проводимость меди, а в перпендикулярном направлении — в миллион раз ниже! Соединения графита с щелочными металлами демонстрируют при гелиевых температурах переход в сверхпроводящее состояние, хотя, как известно, ни графит, ни щелочные металлы этими свойствами по отдельности не обладают. Отметим также огромное многообразие интеркалированных соединений графита — их число превышает тысячу.

Мы, конечно, не случайно остановились на свойствах алмаза и особенно графита — фуллерен, как будет видно из дальнейшего, их ближайший «родственник».

Теперь, имея представления об алмазе и графите, мы можем сделать следующий шаг и получить простым геометрическим преобразованием совершенно иные структуры. Возьмем для этого за основу (как элемент построения структуры) один плоский шестиугольник, составленный, как и в графите, из атомов углерода, сохраняя при этом расстояние и характер связи между ними. Очевидно, что периодическое повторение этого шестиугольника в плоскости дает гексагональную сетку, в ее параллельный перенос приводит к кристаллической решетке графита. Отметим, что в этом случае каждый шестиугольник имеет, конечно, в качестве соседей шесть таких же шестиугольников. Спрашивается, можно ли построить более сложные структуры, имеющие в своей основе углеродный шестиугольник? Сравнительно



Бакминстерфуллерен — замкнутый углеродный кластер C_{60} .

простым является построение, когда плоскую сетку сворачивают так, что образуется замкнутая поверхность из шестиугольников, вписанная в цилиндр. Меняя его радиус, можно построить систему коллинеарных поверхностей. Тогда плоскость каждого шестиугольника параллельна оси симметрии цилиндра, а ось, нормальная к каждому шестиугольнику, перпендикулярна оси цилиндра. Указанная структура реализуется в так называемых графитовых волокнах. На срезе, перпендикулярном оси таких волокон, наблюдается система концентрических окружностей, напоминающих годовые древесные кольца. Отметим, что в этом случае каждый шестиугольник также имеет шесть соседей. Физические свойства волокон отчасти близки к свойствам «плоского» графита, но имеют и специфические отличия.

Теперь мы полностью готовы к следующему и главному шагу, позволяющему, проведя несложные геометрические построения, получить фуллерен. Понятно, исходя из общих соображений, что построение системы многоугольников, подобное проведенному выше для графитовых волокон, теоретически можно провести, используя другую поверхность, а затем параллельным переносом получить периодические структуры. Такие построения и такие структуры рассматриваются в науке о квазикристаллах¹.

Однако сейчас мы ограничимся сравнительно простым, но очень важным случаем — рассмотрением правильного многогранника, составленного из углеродных шестиугольников и вписанного в сферу. При строгом решении этой задачи учитываются два условия: искажения шестиугольников, если они неизбежны, должны быть минимальными (а это важно — вспомним о сильной связи атомов в шестиугольнике), и, конечно, фигура не должна быть «дырявой». Число шестиугольников и радиус описанной сферы связаны между собой. Строгое решение задачи приводит к очень важному результату; среднее число соседей у шестиугольников такого многогранника, вписанного в сферу, меньше шести! Это означает, что часть многоугольников, формирующих поверхность многогранника, становятся правильными пятиугольниками. Пример такого многогранника — всем знакомый футбольный мяч; 32-гранник, имеющий 60 узлов и соответствующий формуле C_{60} , и есть фуллерен!

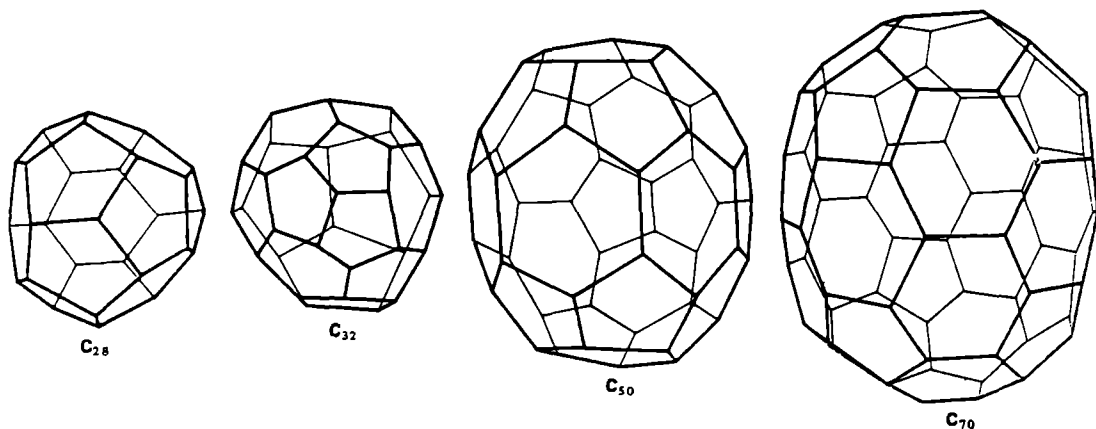
Теперь можно перейти к истории открытия и его необычным свойствам.

ОТ АРХИМЕДА И САЖИ К АСТРОФИЗИКЕ И ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ

Проблема симметрии и построения правильных геометрических тел волновала человечество с древнейших времен. Так, еще Архимед отмечал существование симметрии 5-го порядка и исследовал вопрос о построении различных фигур. Хорошо известны так называемые полуправильные многогранники, или тела Архимеда, — многогранники, имеющие равные углы (изогоны) или грани (изоэдры), причем все грани — правильные многоугольники. Среди тел Архимеда известен правильный 20-гранник — усеченный икосаэдр. В средние века великий Леонардо да Винчи строил модели тел Архимеда, сохранился рисунок усеченного икосаэдра, основанный на этих моделях. Леонард Эйлер впервые вывел знаменитое соотношение $C + E + F = 2$, известное как теорема Эйлера: число вершин многогранника минус число ребер плюс число граней равно двум, из которого, в частности, следует, что число пятиугольников в фуллерене равно 12.

Начало современной истории фуллерена и открытие углеродных многогранников (кластеров) принято датировать 1985 г., когда в журнале «Nature» появилась статья Г. Крото (H. Kroto) с соавторами, обнаруживших углеродные кластеры большой массы в спектрах при лазерном испарении гра-

¹ Левитов Л. С. Квазикристаллы // Природа. 1990. № 5. С. 76—84.



Представители семейства фуллеренов.

фита и предложивших структуру C_{60} — правильного 32-гранника. Авторы предложили назвать углеродный кластер C_{60} бакминстер-фуллереном или просто фуллереном в честь американского архитектора, инженера и изобретателя Ричарда Бакминстера Фуллера (R. Buckminster Fuller), который описал и запатентовал использование так называемого геодезического купола как пространственного конструкционного элемента. Геодезический купол — часть правильного многогранника — был использован в 1967 г. для американского павильона на Всемирной выставке в Монреале. Сейчас название «фуллерен» стало общепринятым, хотя встречаются и другие: кластер, баккибол (buckyball)², футбольный мяч (soccerball). В дальнейшем углеродные кластеры большой массы обнаружили в спектрах звезд (красных гигантов) и метеоритах, космических частицах и обычной саже. В 1988 г. Крото описал семейство углеродных кластеров: C_{28} , C_{32} , C_{50} , C_{60} и C_{70} , составленных из углеродных пяти- и шестиугольников. Числа атомов в кластерах образуют ряд магических чисел, характеризующих стабильные углеродные многогранники. В настоящее время известны гигантские (сверхтяжелые) кластеры с числом атомов вплоть до 540. В семействе фуллеренов C_{60} наиболее стабилен.

Заканчивая этот небольшой исторический экскурс, укажем на новейший период в истории фуллерена, который, по существу, и положил начало высочайшей активности исследователей в этой области. Отметим три этапные, основополагающие работы, имеющие сегодня рекордный индекс цитирования. В сентябре 1990 г. в «Nature» опублико-

вана работа немецких и американских исследователей, синтезировавших кристаллическую форму фуллерена, которую сейчас часто и, видимо, удачно называют фуллеритом³. После этого успехи в области исследования фуллеритов и фуллеренов нарастают, как снежный ком.

Наличие ван-дер-ваальсовых сил в решетке фуллерита и определенное сходство с графитом довольно быстро навели исследователей на мысль попытаться проинтеркалировать C_{60} , что и было успешно сделано американскими специалистами из Лаборатории Белла. В марте 1991 г. в «Nature» появилось сообщение о соединениях фуллерита со щелочными металлами, проводимостью металлического типа. И, наконец, та же группа авторов в апреле 1991 г. сообщила о сенсации — наблюдении сверхпроводящего перехода при $T_c = 18$ К в соединении K_xC_{60} (наибольшее значение критической температуры $T_c = 5$ К для материалов на основе углерода ранее наблюдалось в соединениях графита с натрием). Месяц спустя T_c уже достигло 30 К. Ну, а сейчас... «весь мир играет в баккибол».

Теперь рассмотрим некоторые свойства фуллеренов и фуллеритов и возможные перспективы развития этой области.

ФУЛЛЕРЕНЫ И ФУЛЛЕРИТЫ — НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

Итак, фуллерен представляет собой 32-гранник из 20 правильных шестиугольников и 12 правильных пятиугольников, в узлах которого находятся 60 атомов углерода. Ни

² Русского эквивалента у этого слова пока нет.

³ Кречмер В. Новые формы углерода // Природа. 1992. № 1. С. 30—33.

один пятиугольник не имеет своим соседом иной пятиугольник, а каждый шестиугольник имеет в качестве соседей по три пятиугольника и по три шестиугольника. Фуллерен, как уже отмечалось, стабилен (он не разрушается, по крайней мере, до 1000 °С). Наличие пятиугольников в структуре фуллерена, т. е. симметрии пятого порядка, — очень редкое, ранее считавшееся невозможным в неорганических соединениях явление. Фуллерены могут образовывать правильную периодическую структуру, соответствующую гранецентрированной кристаллической (ГЦК) решетке с параметром $a = 14,198 \text{ \AA}$. Диаметр описанной вокруг фуллерена сферы равен $7,1 \text{ \AA}$, расстояние между центрами ближайших кластеров в решетке фуллерита около $10 \text{ \AA}$. Размер ребер в пяти- и шестиугольниках очень близок к их размеру в гексагональных сетках графита, а минимальное расстояние между фуллеренами в решетке не слишком сильно отличается от межатомного расстояния в графите. При температуре ниже 249 K наблюдается фазовое превращение ГЦК-решетки в простую кубическую структуру. Кроме того, в литературе отмечались фазовые превращения под давлением. Фуллерены в решетке фуллерита обладают при комнатной температуре так называемым динамическим беспорядком, что можно интерпретировать (на основе данных по ядерному магнитному резонансу) как их вращение.

Предполагается, что кластеры в решетке фуллерита связаны ван-дер-ваальсовым взаимодействием, а атомы углерода в кластерах — ковалентной связью, т. е., как и в графите, существуют два типа электронов и два типа связи (σ и π). Нелегированный фуллерит представляет собой полупроводник с шириной запрещенной зоны около $1,5 \text{ эВ}$ (близкое значение имеет, например, такой типичный полупроводник, как кремний).

Несколько слов о получении фуллерита. Процесс пока достаточно сложный и дорогой (цена 1 мг фуллерита около 5 долл.). Обычно исходным материалом служит графит высокой чистоты, испаряемый в атмосфере инертного газа. Чаще применяют лазерное испарение и дуговой разряд (электрическую дугу). Похоже, важно поддерживать оптимальную температуру испаряемого графита, так как предполагается, что кластеры образуются не при испарении отдельных атомов углерода, а при отрыве целых кусков гексагональной сетки — готовых блоков поверхности фуллерена. Осколки графитовой сетки, взаимодействуя между собой, а также с атомами углерода и инертного газа, образуют различные кластеры из семейства фул-

леренов. Если испарение вести в замкнутом объеме, то на стенках можно собрать сажу, содержащую фуллерен ($1\text{--}10\%$). Довольно сложно отделить фуллерены от сажи и разделить кластеры между собой. Подбирая специальные растворители, методами экстракции и хроматографии удается при аккуратном и многократном проведении процесса выделить достаточно чистый C_{60} (обычно содержащий несколько процентов C_{70}). Поскольку образование кристалла энергетически выгодно, конечный продукт процесса — фуллерит. Дальнейшее усложнение синтеза позволяет выращивать монокристаллы. Известны и другие методы получения C_{60} , например обработка углеводородов при высоких температурах.

Одновременное сочетание сильной связи атомов углерода в фуллеренах и слабой связи кластеров в кристаллической решетке может привести к необычным механическим свойствам фуллеритов. Так, от них ждут высокой пластичности, но в то же время американские теоретики предсказывают фантастическую жесткость и твердость фуллеритов при повышенных давлениях, возможно превышающие нынешние рекорды. При всестороннем сжатии фуллерита расстояние между кластерами легко уменьшается только до соприкосновения их друг с другом, после чего объемный модуль упругости резко возрастает из-за жесткости кластеров вследствие сильной связи атомов.

Особенности строения фуллерита и ван-дер-ваальсова взаимодействия между кластерами обуславливают возможность интеркаляции и получения соединений с новыми свойствами. Показано, что вводить примесные атомы в фуллерит можно между кластерами или внутрь их (как в соединениях C_{60} с La или K).

Интеркалированные соединения делят, как и полупроводники, в зависимости от характера переноса заряда на донорные и акцепторные. Примером донорных соединений являются системы C_{60} — щелочной металл, а акцепторных — C_{60} — галоген. Кроме того, уже известны стабильные многокомпонентные соединения типа: C_{60} — Rb — Ti .

Расшифровка структуры интеркалированных щелочными металлами фуллеритов преподнесла очередные сюрпризы, поскольку первоначально предполагалось, что атомы металла будут занимать имеющиеся в ГЦК-решетке поры. Однако выяснилось, что способ размещения атомов щелочного металла иной. Так, в K_6C_{60} равновесная фаза имеет ОЦК-решетку с $a = 11,39 \text{ \AA}$, а в Cs_6C_{60} — $11,79 \text{ \AA}$.

Одним из наиболее неожиданных и

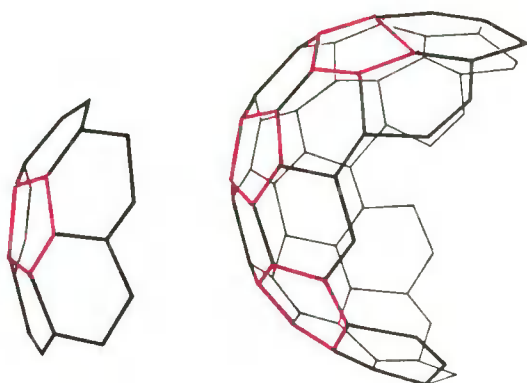
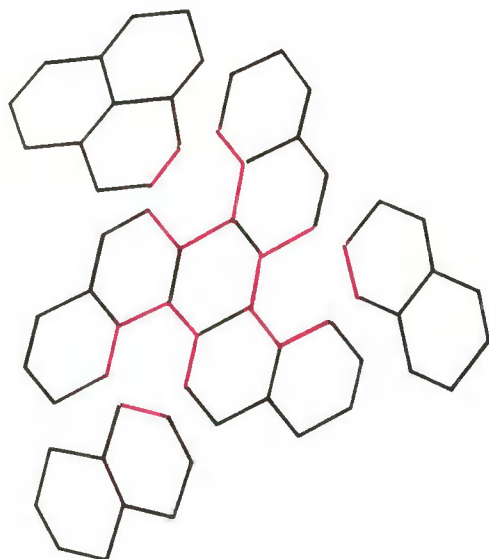
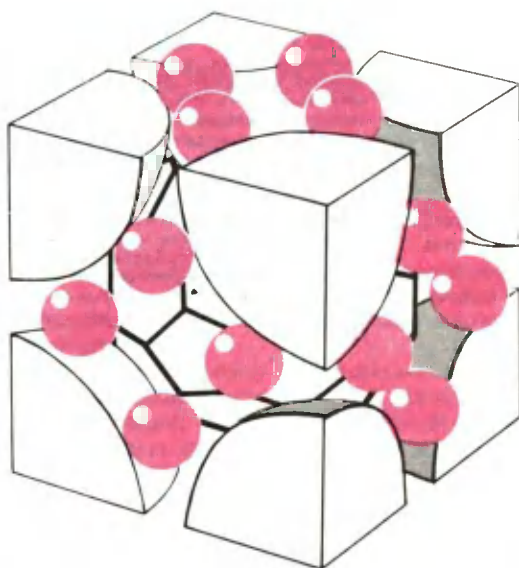


Схема формирования фуллерена из осколков графитовых гексагональных сеток. Образование правильных пятиугольников (выделены цветом) позволяет замкнуть правильный многогранник, вписанный в сферу.

ярких сюрпризов фуллеритов стало обнаружение в них сверхпроводимости⁴. Критическая температура известных на сегодня сверхпроводящих соединений составляет: K_3C_{60} — 18 К, Rb_3C_{60} — 29 К, Cs_2RbC_{60} — 33 К, $TlRb_2C_{60}$ — 44 К. Интересно, что такие соединения, как Me_6C_{60} и Me_3C_{70} (Me — щелочной металл), судя по предварительным данным, не являются сверхпроводящими. Совсем недавно в печати появилось предположение о сверхпроводимости при комнатной температуре в соединениях типа $Me-C_{240}$ или $Me-C_{540}$, если, конечно, их удастся синтезировать и они будут достаточно стабильны. Важно, что значения критического тока и критического поля в новых сверхпроводниках (при сопоставимых T_c) выше, чем в оксидных. Похоже, разработать непротиворечивую модель ВТСП в новых соединениях будет непросто, так как известные в настоящее время данные о физических свойствах и структуре фуллеритов заметно отличаются как от обычных сверхпроводников, так и от оксидных.

Необычное строение фуллерита представляет ученым практически неограниченные возможности при моделировании новых соединений. Существуют минимум четыре независимых параметра, которые, в принципе, можно менять при синтезе фуллеритов и их соединений: тип углеродного класте-



Предполагаемая схема объемно центрированной кубической структуры соединения K_6C_{60} . Атомы калия (показаны цветом) расположены на гранях куба, в вершинах и центре куба находятся кластеры C_{60} .

ра (из семейства фуллеренов), вид примеси, ее расположение в решетке и, наконец, частичная замена атомов углерода в кластерах бором, азотом и т. п. Понятно, что возможны и комбинации этих способов получения новых соединений. Так что мировая наука успешно вступает в эру направленного моделирования соединений с заранее заданными физическими, химическими и механическими свойствами.

⁴ Сверхпроводящие свойства углерода // Природа. 1991. № 12. С. 103; «Потепление» сверхпроводящего перехода в фуллеритах // Природа. 1992. № 2.

И все же — вода...

Ю. Я. Фялков



Юрий Яковлевич Фялков, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой физической химии Киевского политехнического института, специалист в области химии неводных растворов и физико-химического анализа. Лауреат Государственной премии СССР (1987). Автор нескольких монографий и книг, переведенных на многие языки; последние монографии: *Растворитель как средство управления химическим процессом* (М., 1990), *Физико-химический анализ жидких систем и растворов* (М., 1992).

ПРИНИМАЮСЬ за статью в твердом убеждении, что имею все основания связаться в давний спор о путях происхождения жизни во Вселенной. Да, я — не биолог, не астроном, не геолог, не астрофизик и даже не астрохимик. Более того, вернее, менее того, — у меня нет ни одной научной работы, которая была бы посвящена проблемам происхождения жизни.

Впрочем, разговор пойдет не о происхождении жизни вообще — здесь бы не прозвучал и ансамбль представителей всех наук — от автоматики и агрономии до яровизации и ятрохимии. Будут обсуждаться химические условия возникновения преджизни — строительного материала, лежащего в основе конструкции живых организмов. И даже не все условия, ибо их перечень если и не бесконечен, то неисчерпаемо длинен, а лишь один аспект, который мы сформулируем, приведя предварительно некоторые достаточно очевидные тезисы.

1. Основа живого вещества — сложные молекулы, ибо только коллектив весьма сложных молекул может обладать способностью самопроизвольно удалять избыточную энтропию, накопление которой, как известно, ведет к разрушению структуры системы и, следовательно, к гибели организма.

2. Хотя бы однажды эти сложные молекулы должны были самопроизвольно образоваться где-то в просторах Вселенной. Если в наш век глобальной деатеизмизации (прошу прощения за неуклюжее словотворчество) слово «самопроизвольно» покажется чрезмерно еретическим, согласимся с тем, что этот процесс во всяком случае должен был протекать без нарушения законов химической термодинамики. Впрочем, достижения термодинамики необратимых процессов с каждым годом повышают в нашем сознании степень естественности и даже неизбежности этой самопроизвольности.

3. Эти самопроизвольные процессы должны были протекать в растворе, ибо твердофазные реакции настолько медленны, что для образования молекулы белковой сложности потребовалось бы время,

на порядки превышающее те два десятка миллиардов лет, которые существует Вселенная;

молекулы сколь-нибудь сложного состава не могут существовать в газовой фазе, не разрушаясь, ибо у них средняя энергия связи атомов меньше кинетической энергии, потребной на удержание молекул в паре.

Вот почему остаются жидкофазные реакции, т. е. реакции, протекающие в растворе. А коль скоро имеется раствор, то необходим растворитель. И лишь теперь сформулируем тему статьи: какой обязательной совокупностью свойств должен обладать растворитель, среда для процессов, в результате которой могли (могут?) самопроизвольно образовываться молекулы протозоидов?

Постановка задачи отнюдь не нова. Уже давно, с полвека назад, засомневались: а обязательно ли — вода? Жидкостей мы знаем едва ли обозримое множество. А учитывая разнообразие внешних условий на скоплениях холодной материи Вселенной (именно холодной, так как даже при самой «холодной» из звездных температур 5000—8000 К существуют разве только примитивнейшие молекулы), число веществ, которые могут находиться в жидком состоянии, должно быть многократно увеличено.

Однако после просеивания через два сита — астрохимическое и термодинамическое — число претендентов на роль «жизненного» растворителя резко сокращается. Каким бы интересным ни представлялся разговор об астрохимических и термодинамических ограничениях, углубляться в эти проблемы мы здесь не можем. Могу лишь телеграфно кратко заметить, что в соответствии с законами и закономерностями распространения химических элементов во Вселенной и возможными температурными условиями на планетах (астероидах, метеоритах), а также термодинамическими условиями протекания самопроизвольных химических процессов — legion потенциальных претендентов на роль «жизненного» растворителя сужается до весьма узкой элитной компании. В «полуфинал» выходят оксиды углерода и серы, сероуглерод, а затем разнообразные соединения с водородом — вода, метан и другие низшие алифатические углеводороды, аммиак, фтористый водород, хлористый водород.

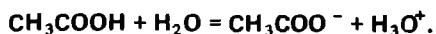
Некоторые из соединений, которым термодинамика запрещает образовываться непосредственно из элементов, могут появиться на свет в результате более или менее длинных цепочек термодинамически разре-

шенных реакций. Так, можно составить последовательность весьма вероятных превращений, в результате которых образуется цианистый водород. По-видимому, достоверно установлено наличие в верхних слоях атмосферы Венеры шестивалентной серы. Тем не менее предположение о существовании планетей, моря и океаны которой заполнены серной кислотой, должно проходить по ведомству не очень научной фантастики. Точно так же нельзя, не погрешив против химической термодинамики, предположить последовательность самопроизвольных абиогенных процессов, которые привели бы к образованию спиртов, альдегидов, органических кислот — практически всех классов кислородсодержащих органических соединений.

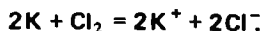
Дальнейшее развитие сюжета требует экскурса в некоторые закоулки современной теории кислот и оснований. Казалось бы, такое фундаментальное понятие химии как кислотно-основное взаимодействие изучено и обкатано со всех сторон. Да и что можно добавить к классически убедительной и ясной теории С. Аррениуса, с которой знакомятся еще в девятом классе нашей средней (пусть и весьма средней) школы? Однако правило, гласящее, что нет ничего более неочевидного, чем очевидное, в теории кислот и оснований проявляется с вызывающей плакатностью. Для обоснования этого, на первый взгляд, доморощенного, а в действительности высочайшей справедливости тезиса не придется нырять в глубины океана химических знаний — достаточно поплескаться в мелководье, у бережка.

Начнем с того, что уравнение, которым мы описываем процесс электролитической диссоциации, к примеру, уксусной кислоты: $\text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$ — на редкость неточно. Во-первых, непонятно, с чего бы это уксусная кислота, в которой связь между кислотным остатком CH_3COO и атомом водорода H на 99 % ковалентная, неионная, вдруг распадается на ионы, которых в ее составе нет. Во-вторых, не может существовать в растворе одиночный катион водорода — протон, размеры которого, как известно, настолько малы, что он создает электростатическое поле чудовищной напряженности. В этом поле молекулы воды, обладающие дипольным моментом, прилипают к протону, который находится в водном растворе в форме иона гидроксония H_3O^+ (точнее, H_5O_2^+). В-третьих, далеко не в каждом растворителе уксусная кислота распадается на ионы. В бензоле или гексане, например, этот процесс не протекает

вовсе (точнее, протекает, но с исчезающе малой скоростью). Отсюда с непереложностью следует, что коль скоро процесс электролитической диссоциации протекает, то растворитель, в данном случае вода, обязан принимать в нем самое непосредственное участие:



Уже лучше, чем предыдущее уравнение, но все равно непонятно, откуда взялись ионы. Истоки скепсиса станут ясными, если взглянуть на следующее уравнение химической реакции:

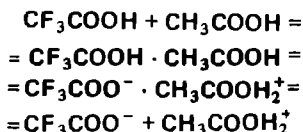


Не правда ли, неудобное уравнение? Выходит, что при взаимодействии калия и хлора сразу, скачком возникают ионы. Понятно, что пропущена стадия образования из исходных веществ хлористого калия.

Точно так же с уравнением диссоциации уксусной кислоты. При внесении кислоты в воду образуется гидрат $\text{CH}_3\text{COOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$. Но это еще, так сказать, полупродукт для будущих ионов, потому что никаких ионов в гидрате не усматривается. Они появляются лишь после того, как внутри молекулы гидрата происходит перегруппировка — протон от кислоты «перетягивается» на воду и образуется ионная пара $\text{CH}_3\text{COO}^-\text{H}_3\text{O}^+$. Свободные же ионы образуются только при распаде этого ионного ассоциата.

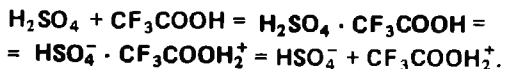
Самая главная мораль, которую в данном случае следует вывести из перечисления превратностей, каким подвергается уксусная кислота в растворе, — это химическое взаимодействие между растворенным веществом и растворителем как необходимое условие образования ионов в растворе.

Но уксусную кислоту можно растворить не только в воде. В качестве растворителя можно выбрать жидкий аммиак, механизм диссоциации в котором не отличается от распада кислоты на ионы в воде. Можно растворить и в трифторуксусной кислоте. Последовательность цепочки превращений в этом растворителе внешне похожа на диссоциацию в воде:

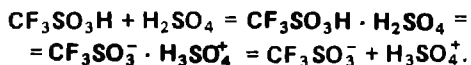


Но только внешне, потому что в роли кислоты здесь выступает растворитель, а уксусная кислота, стало быть, является основанием.

Не составит труда превратить в основание и трифторуксусную кислоту, для чего ее достаточно растворить в серной кислоте:



Но и на серную кислоту «находится управа», она является основанием по отношению к трифторметансерной кислоте:



«Осилить» трифторметансерную кислоту пока еще не удалось, но и к ней химики подбираются, причем весьма решительно.

Сказанное дает основание для целого букета принципиальнейших выводов, из которых назовем лишь один, имеющий значение для предмета статьи: в природе нет готовых кислот и оснований. Кислотно-основная функция соединения зависит прежде всего от партнера, от растворителя. И вообще — амфотерность (способность химических соединений в зависимости от условий проявлять либо основные, либо кислотные свойства) есть общее свойство химических соединений — положение, настолько интересное и важное, что заслуживает отдельного обстоятельного разговора.

Это философско-химическое обобщение, на первый взгляд, весьма оптимистично для проблемы выбора «жизненного» растворителя, так как предполагает значительное качественное и количественное разнообразие в жидкой фазе. Однако...

Растворители по своей химической природе делятся на кислотные (например, жидкий хлористый водород), основные (скажем, жидкий аммиак) и инертные (к примеру, жидкий метан). Термин «инертный» в данном случае означает, что растворенное вещество не вступает с растворителем во взаимодействие и, стало быть, в таких растворителях не может быть ни кислот, ни оснований.

Однако в сильнокислотных и в сильноосновных растворителях ожидать разнообразия кислотно-основных процессов не приходится. Какое уж разнообразие в жидком аммиаке, когда в нем практически нет оснований, потому что аммиак превращает в кислоту даже флегматичный бензол, отдирая у него протон! Какой уж «плюрализм» в жидком фтористом водороде, в котором почти все растворенные соединения — основания! Вот почему химия в таких растворителях по разнообразию протекающих в них процессов будет весьма скудна. Ну, мо-

жет быть, и не скудна, но не столь обильна, чтобы эти растворители могли стать средой для возникновения молекул преджизни.

Последний абзац переводит обильную россыпь романов, повестей и рассказов, в которых обыгрываются аммиачные и фторидные формы жизни, из разряда научно-фантастических в просто фантастические, но эта беда небольшая.

Очевидно также, что инертные растворители как среда для образования молекул преджизни уж вовсе безнадежны. Нельзя нафантазировать даже самую экстрагантную химию, которая обосновала бы возможность протекания сложных процессов в таких средах.

Сказанное сильно сужает и без того тощий перечень оставшихся соискателей на роль «жизненного» растворителя, выводя из него галогениды водорода и, главное, углеводороды. И становится понятным, что обсуждаться могут лишь не инертные, но и вместе с тем не сильнокислотные и не сильноосновные растворители. Самым «демократичным» из них, безусловно, является вода.

Этот неожиданный эпитет приведен отнюдь не из-за желания беллетризировать статью. Известно, что ионы в растворе сольватированы молекулами растворителя (гидратированы — в случае водных растворов). Катионы, у которых всегда недостает электронов, преимущественно сольватируются основными (донорными) растворителями, молекулы которых содержат по меньшей мере одну из свободных пар электронов. Анионы же, с избытком электронов испытывают тягу к кислотным (акцепторным) растворителям.

«Демократичность» воды в данном случае состоит в том, что она одинаково охотно сольватирует как катионы, так и анионы. С катионами она соединяется через избыточные пары электронов на атоме кислорода, с анионами — через водородную связь. И поэтому число кислот в воде столь же велико и разнообразно, как число осно-

ваний, а отсюда широчайшие возможности для протекания в воде разнообразных кислотно-основных реакций, возможности, с которыми не может сравниться ни одна другая жидкость.

Химическое взаимодействие (как ясно теперь — «демократическое» взаимодействие) растворенных соединений с водой — необходимое условие их химической активности. А коль скоро есть необходимое условие, то должно быть и достаточное. Серная кислота взаимодействует с жидким аммиаком куда энергичнее, чем с водой, однако в воде это — сильный, практически полностью диссоциированный на ионы электролит, а в жидком аммиаке H_2SO_4 — весьма слабая кислота. Причина ясна: чтобы преодолеть энергию кулоновского притяжения катиона к аниону, необходима достаточно высокая диэлектрическая проницаемость среды.

Вода обладает весьма высокой диэлектрической проницаемостью (78,3 при 25 °C). Лишь единичные растворители способны по этой характеристике сравниться с ней. Однако все они настолько необычны (амиды и алкиламиды карбоновых кислот), что, конечно, никак не могут даже пробоваться на роль «жизненного» растворителя.

Итак, из всех возможных растворителей ионные процессы, разнообразные по природе и обильные числом настолько, что в них возможно образование молекул преджизни, «в финал выходит» лишь вода.

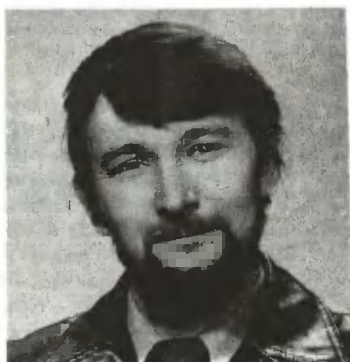
Выдающийся советский астрофизик И. С. Шкловский, обсуждая космогонические проблемы распространения жизни во Вселенной, неоднократно подчеркивал, что феномен жизни должен быть весьма и весьма редок. Требование наличия жидкой воды как неперемennого условия зарождения и развития преджизни только усугубляет тезис об уникальности нашей формы жизни. Этот вывод неизбежно вызывает вопрос: зачем же мы так часто и так целеустремленно эту жизнь портим? Но это уже совсем другой вопрос.

Да и вопрос-то — риторический...

Большой интерес у читателей «Природы» вызвала публикация статей в рубрике «Исчезнувшие народы»: Плетнева С. А. Половцы (1977. № 3. С. 46—61); Шелов Д. Б. Скифы (1977. № 2. С. 24—37); Плетнева С. А. Хазары (1980. № 1. С. 59—70); Березюни Ю. Е. Тайрона (1981. № 12. С. 76—85); Плетнева С. А. Печенеги (1983. № 7. С. 26—35), Афанасьев Г. Е. Буртасы (1985. № 2. С. 85—93), Миняев С. С. Сюнку (1986. № 4. С. 42—53). Вполне объяснимо стремление современного человека полнее узнать прошлое того края, где он живет. Идя навстречу пожеланиям, неоднократно высказывавшимся в редакционных письмах, мы вводим новую рубрику — «Древние племена и народности», которую открывает серия очерков о финно-угорских племенах, обитавших в пределах средневековой Руси.

Водь

Е. А. Рябинин



Евгений Александрович Рябинин, доктор исторических наук, старший научный сотрудник Института истории материальной культуры РАН. Основные темы исследований: Северная Русь и ее соседи; финно-угорские и славянские племена эпохи средневековья; языческие культы народов Восточной Европы; процесс урбанизации в Балтийском регионе. В течение 20 лет ведет археологические работы по изучению средневековых памятников на территории Санкт-Петербургской, Костромской и Ивановской областей.

ФИННО-УГОРСКИЕ ПЛЕМЕНА В СОСТАВЕ РУСИ

В эпоху средневековья на обширных пространствах лесной зоны Восточной Европы развернулись сложные этнокультурные процессы, определившие в конечном итоге формирование современного состава народонаселения ряда северо-западных, северных и северо-восточных областей Европейской части России. Одним из важнейших направлений этих процессов явилось включение финно-угорских (чудских) племен в орбиту политического и социально-эко-

номического влияния древнерусского государства и славянское освоение северных территорий, осуществлявшееся в условиях тесного этнического взаимодействия новопоселенцев с аборигенными группировками. Наиболее глубокие изменения в этнической ситуации охватили часть финно-угорского ареала, вошедшую в состав коренных древнерусских областей. Это занятые ныне преимущественно русским населением Озерный край (Санкт-Петербургская, Новгородская, Псковская области), Русский Север (Вологодская, Архангельская области), Верхнее Поволжье, Поочье и исторический великорусский Центр в междуречье Волги и Оки (Владимирская, Ярославская, Костромская, Нижегородская, Рязанская и частично Тверская и Московская области).

Огромное древнерусское государство, экономически, политически, культурно и этнически преобладающее ядро которого было населено древнерусской народностью, изначально складывалось и развивалось как этнически неоднородное политическое образование, включившее 22 разноязычных народа¹. Ко второй половине IX—X в. относятся первые летописные упоминания о финно-угорских «языках» Северной Руси (чудь, меря, весь), принимавших активное участие в начальных военно-политических событиях русской истории. В этнографическом введении «Повести временных лет», составленном в начале XII в., но восходящем к более раннему источнику, среди народов «колена Афетова», «иже дань дают Руси», поименованы чудь, меря, весь, мурома, черемись, мордва, пермь, ямь (емь), либь (ливы), принадлежащие к финно-угорской языковой семье². В той же «Афетовой части»

¹ Пашуто В. Т. // Древнерусское государство и его международное значение. М., 1965. С. 81—88.

² Повесть временных лет. Ч. 1. М.—Л., 1950. С. 13.



Расселение финно-угорских племен в конце I — начале II тысячелетия н. э.: а — границы Руси XII—XIII вв.; б — древнерусские городские центры; в — южная граница ареала древней финно-угорской гидронимии (по В. В. Садову).

Начальная летопись помещает заволоцкую чудь и угру (юггу). К XI—XIII вв. восходят упоминания о води, ижоре, кореле и мещере, обитавших в пределах русских владений.

Судьбы иноязычных данников Руси

сложились по-разному. Некоторые из них полностью сохранили этническую самобытность, сформировавшись впоследствии в современные народности, как, например, карелы, мордва, пермяки и др. Ряд группировок (летописные племена води, ижора, веси), в значительной своей части войдя в состав русского народа, послужили также основой формирования малых прибалтийско-финских народностей Северо-Запада России — води, ижорцев и вепсов. Наконец, основные

подразделения новгородской чуди, чудь заволочская, меря, мурома и мещера полностью растворились в среде восточного славянства.

Проблема многовековых славяно-финно-угорских связей в силу ее особой значимости для изучения истории формирования русского и сопредельных народов лесной зоны Восточной Европы принадлежит к числу традиционных тем отечественной историографии. «Вопрос о взаимодействии руси и чуди,— писал В. О. Ключевский,— о том, как оба племени, встретившись, подействовали друг на друга, что одно племя заимствовало у другого и что перешло другому, принадлежит к числу любопытных и трудных вопросов нашей истории»³. Активная разработка этой темы, находящейся на стыке разных областей знания — истории, археологии, этнографии, фольклористики, лингвистики и антропологии,— продолжается и в настоящее время.

Автор предпринял попытку изложить этническую ситуацию в землях финно-угорского расселения на севере средневековой Руси. В предполагаемой серии очерков последовательно рассматриваются племенные группировки, оказавшиеся на путях активного славянского освоения и полностью или частично вошедшие в состав древнерусской (русской) народности. Таковы водь и ижора, обитавшие на северо-западном пограничье новгородских владений; приладожская чудь и весь, заселявшие обширную территорию между Ладожским, Белым и Онежским озерами; чудь заволочская, занимавшая левобережье Северной Двины; мерянские племена, некогда проживавшие в междуречье Волги и Клязьмы, Костромском и Ярославском Поволжье; мурома и мещера, обитавшие в районах между Окой и Клязьмой.

«ВОТСКАЯ ЗЕМЛЯ»

История води, этноним которой отразился в названии Вотской (Водской) земли Великого Новгорода, скупо освещена письменными источниками. Летописные известия о води, впервые упомянутой под 1069 г., позволяют заключить, что в XI в. «вожане» сохраняли политическую автономию, принимая даже враждебные действия по отношению к Новгороду. Предположительно к середине XII в. относится переход этого населения в вассальную зависимость от Руси, а в следующем столетии завершается вклю-

чение земли води в собственно новгородскую «волость» — основную территорию Великого Новгорода. В уставе князя Ярослава «о мостех» (мостах), датированном 60-ми годами XIII в., впервые названа среди особо поименованных районов Новгородской земли «Вочьскаа сотня». Под 1338 г. летописью зафиксирован термин «Вотская земля».

Вопрос о локализации и границах Водской земли исключительно важен для выявления территории летописных «вожан». Письменные источники не содержат прямых указаний на рубежи этой территориальной единицы. Лишь исходя из материалов переписных книг конца XV—XVI в., составленных по инициативе московского правительства после присоединения Новгорода к Москве, и учитывая отдельные исторические свидетельства предшествующего времени, можно заключить, что ядром Водской земли являлась обширная Ижорская возвышенность в западной части современной Санкт-Петербургской области. На севере этот регион достигал побережья Финского залива, на юге — среднего течения р. Луги, на востоке (примерно по верхнему течению р. Оредеж) граничил с Ижорской землей. К северо-западу от плато располагались погосты, сохранявшие в эпоху составления переписных книг дополнительное наименование «в Чюди» и представлявшие собой особое в этническом отношении территориальное образование. Административным центром Водской земли был старый новгородский погост Копорье, превращенный в конце XIII в. в каменную крепость.

Неугасающий научный интерес к истории средневековой води обусловлен проживанием на южном побережье Финского залива, в бассейне р. Сумы и окрестностях Копорья малой прибалтийско-финской народности, известной у окружающего русского населения под названием «чудь» (в летописи — «чюдь»), «чудья», но имеющей и собственный этноним «водь». В середине XIX в. насчитывалось 5147 человек, говоривших на водском языке. В настоящее время к води относят себя лишь несколько десятков жителей — представителей старшего поколения. По языковым, этнографическим и антропологическим данным это население очень близко соседним северо-восточным и восточным эстонцам, что указывает на их древние родственные связи. Этнографическая зона води охватывает ареал новгородских погостов «в Чюди», располагаясь в основном за пределами летописной Водской земли. По единодушному мнению исследователей, современная финская на-

³ Ключевский В. О. Курс русской истории. Ч. 1 // Соч. в 9 т. Т. 1. М., 1987. С. 299.

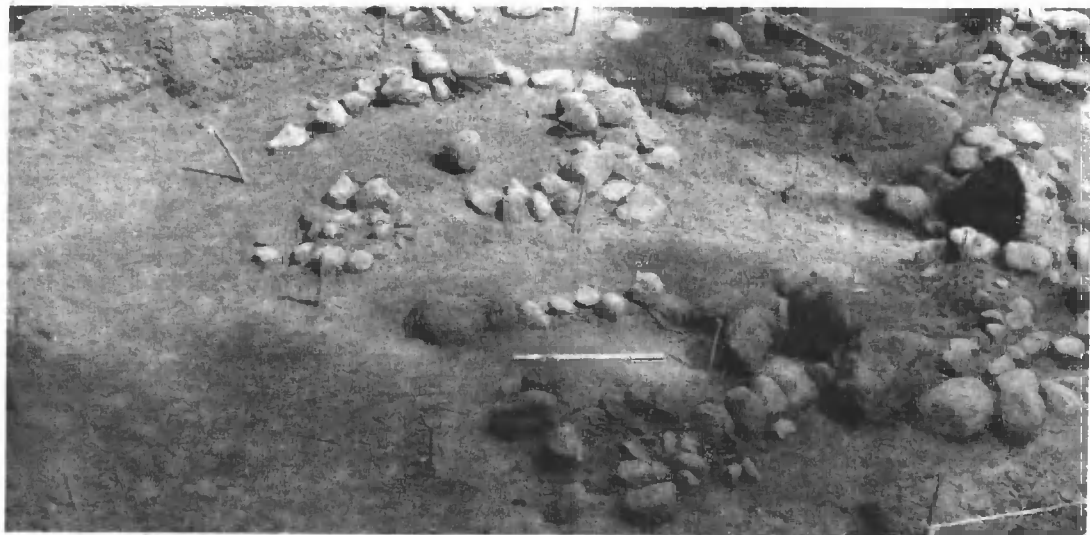


Археологические памятники Водской земли и погостов «в Чюди»: а — кургано-железные могильники; б — могильники средневековой воды; в — древнерусские городские центры и укрепленные поселения; г — границы Водской земли и погостов «в Чюди»; д — зона расселения воды в середине XIX в.

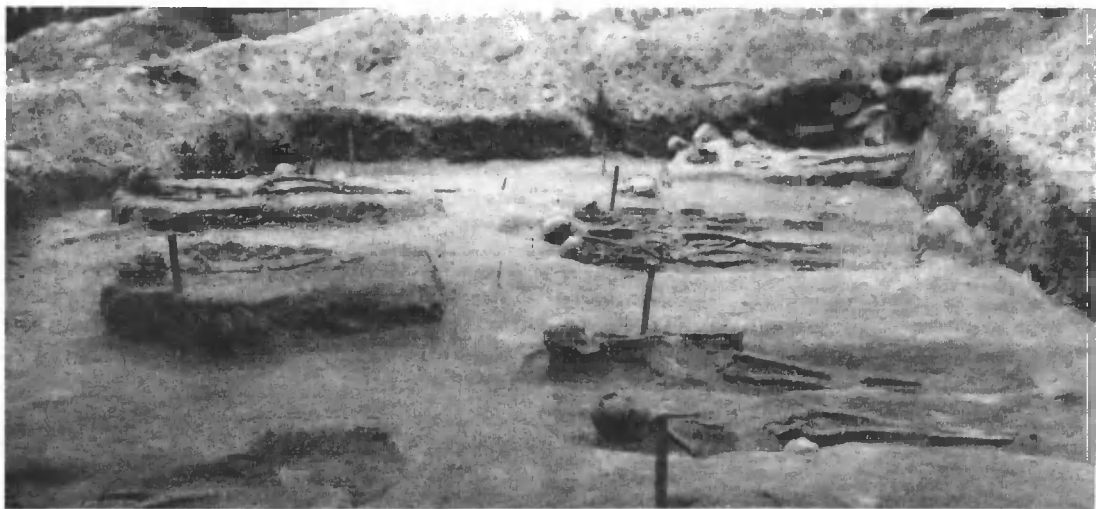
Могильники у дер. Лашковицы в Водской земле. Курганные захоронения XII в.

Здесь и далее фото автора





Водский могильник у дер. Вердия — вид каменных оградок над погребениями.



Водский могильник у дер. Вердия — вид погребений.

родность представляет лишь сколок крупного, исчезнувшего в процессе сложных ассимиляционных процессов древневодского этнокультурного массива. Ретроспективно в нем намечаются три племенных подразделения: южное, занимавшее восточное побережье Чудского озера и Принаровье; северо-западное, соответствующее обитателям «чудских» погостов (первое упоминание о «чудце», проживавшей по соседству от Копорья, относится к 1240—1241 гг.); северо-восточное, центром расселения кото-

рого являлась Водская земля в пределах Ижорской возвышенности⁴.

Проблема происхождения и ранней этнической истории водской народности продолжает оставаться предметом активного обсуждения в работах этнографов и лингвистов. С последней четверти XIX — начала XX в., ознаменованных массовыми раскопками средневековых могильников в западной части Санкт-Петербургской губернии, для решения этих вопросов стали

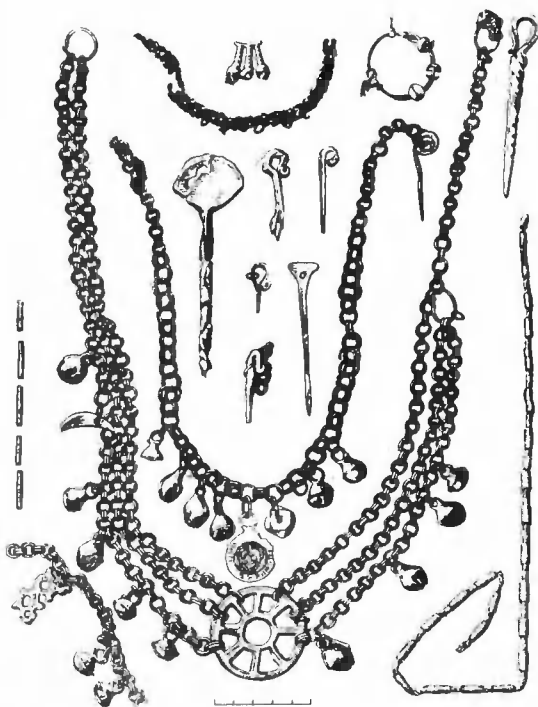
⁴ Моора Х. А., Моора А. Х. // Из истории славяно-прибалтийско-финских отношений. Таллинн, 1965. С. 70—79.

привлекаться и материалы археологии. По своему характеру и географической приуроченности большинство археологических источников документируют, прежде всего, этнокультурные процессы на путях массового славянского освоения части древневодского ареала. Лишь в 1980-х годах были выявлены районы водского расселения, не затронутые существенным древнерусским влиянием.

ВОДСКИЕ ПЛЕМЕНА НА ПУТЯХ СЛАВЯНСКОГО ОСВОЕНИЯ

В начале II тысячелетия н. э. на северо-западе Новгородской земли распространяется курганный и затем жальничный обряд погребения⁵. Курганные кладбища и связанные с ними сельские поселения густой сетью покрывают Ижорскую возвышенность, образуя значительные скопления на северо-восточном побережье Чудского озера и сопредельных участках. Прямо или опосредованно появление нового типа памятников отражало начало земледельческого освоения славянами северных территорий. Его осуществляли крестьянские общины, продвигавшиеся из Приильменья и округи Пскова. Особенно привлекали их плодородные для того времени почвы Ижорского плато, ставшего в средневековую эпоху одной из житниц Новгородской земли. Здесь возникали первые, славянские деревни. Крестьяне вырубали окрестные леса и очищенные участки засеивали рожью, пшеницей, ячменем, льном; разводили лошадей, коров, овец, косили для скота сено, ловили в реках, озерах и в Финском заливе «рыбу белую всякою ловлею».

Осваивая Ижорскую возвышенность и побережье Чудского озера, новопоселенцы неизбежно должны были вступить в тесные контакты с обитавшими здесь финноязычными группировками. Ранние памятники аборигенов до сих пор здесь фактически неизвестны. Еще дореволюционные исследователи поставили вопрос о связи определенной части вскрытых 7 тыс. курганно-жальничных погребений с водью, воспринявшей у славян обряд захоронения под искусственными насыпями. Оценка роли этого этнического компонента весьма различна — от признания водской основы средневековых обитателей края до почти полного их исключения из состава населения, оставившего могильники XI—XIV вв.



Инвентарь женских погребений из водских могильников.

Чем вызвано сохраняющееся поныне разнообразие в диагностике памятников? Прежде всего тем обстоятельством, что сам курганный обряд — в случае признания его заимствования местными коллективами — представлял собой качественную новацию, наложившую сильный отпечаток на предшествующие ритуальные традиции. Следует учитывать и слабые информативные возможности старых раскопок, почти не раскрывающих характер погребального обряда. Наконец, сложность заключается в изначальной ориентации сельских обитателей Водской земли и сопредельных районов на мощный торгово-ремесленный центр Северо-Западной Руси — Новгород Великий. Из метрополии в новгородские «волости» массовым потоком поступала продукция городских мастеров (украшения, бытовые вещи, производственный инвентарь, оружие). На основе привозных образцов и заимствования технологических схем и приемов складывалась общерегиональная культура, по ведущим своим признакам связанная с Новгородом. Превжные племенные различия нивелировались, а постепенно и вовсе стирались.

О характере этого процесса можно судить по материалам полностью раско-

⁵ Новгородские жальники — грунтовые погребения, отмеченные на поверхности каменной обкладкой.



Женский погребальный костюм Водской земли: слева — XII — начало XIII в., справа — XIV в. Реконструкция Н. В. Хоуцинской и автора.

панного нами курганного могильника у дер. Бегуницы на Ижорской возвышенности. В середине — второй половине XI в. здесь появились первые могильные насыпи, под которыми были погребены умершие с необычной для славян восточной ориентировкой и элементами прибалтийско-финской культуры в инвентаре захоронений. Примерно на рубеже XI—XII вв. рядом с водским коллективом оседают славянские поселенцы, погребения которых образуют в составе могильника компактную обособленную группу. В ней представлены только захоронения с западной ориентацией и вещами древнерусских типов. В XII—XIII вв. наблюдается культурная интеграция обитателей двухобщинного поселка, выражающаяся в повсеместном распространении новгородских форм изделий и резком уменьшении финских элементов. Но местное население при этом не растворилось полностью в древнерусской среде. Оно продолжало сохранять племенные традиции в характере погребальной обрядности (восточная ориентировка умерших и другие специфические детали ритуала). На фоне постепенной нивелировки культурных различий здесь более стойкими и консервативными выступают элементы культового порядка, лишь в слабой степени документированные материалами дореволюционных массовых раскопок.

По-видимому, приведенный пример достаточно типичен для зон чересполосного славяно-финского расселения. Межэтнический синтез, сопровождающийся завязыванием брачных связей между новопоселенцами и местными группами, выразился в сложении своеобразной «вотландской» культуры конца XII—XIV в. — новгородской по основным своим признакам, но обладающей вместе с тем рядом локальных особенностей. В. В. Седовым выделены наборы элементов женского убора, связанные по происхождению с традициями славян и води, и на их основе произведена этническая дифференциация курганно-жальничных кладбищ указанного периода. Выделены также количественно преобладающие могильники славян; относительно немногочисленные некрополи води, перешедшей к курганному обряду погребения и воспринявшей многие древнерусские традиции; представительная серия смешанных славяно-водских кладбищ, документирующая сложение разнотнических поселков. Показательно, что археологическая атрибуция памятников согласуется с антропологическими различиями в среде населения северо-западного региона. Физическая метисация славян и финнов подтверждается краниологическими сериями из смешанных могильников, занимающих промежуточное положение между славянским и водским антропологическими типами⁶.

Конечный результат встречи славян и финнов на путях массовой земледельческой колонизации в целом сомнений не вызывает: в XV—XVII вв. основная часть рассматриваемой территории была уже занята русским населением, поглотившим к этому времени местный водский компонент. Славянизация води протекала в условиях развернувшейся при Александре Невском христианизации края, создания здесь сети погостских центров с православными церквями и бескурганными кладбищами. Следы былого присутствия прибалтийских финнов в Водской земле и Причудье запечатлены в некоторых гидронимах и названиях населенных пунктов эпохи составления переписных книг конца XV—XVI в. Отголоском былых традиций, восходящих к дорусскому населению, являются сообщения новгородских архиепископов Макария и Феодосия (вторая четверть XVI в.) о «прелести кумирьской», сохранявшейся при содействии «чудских арбуев» — жрецов — в окранных погостах Водской земли. Становится очевидным, что

⁶ Седов В. В. // Сов. археология. 1953. Т. 18. С. 190—229.

ни один из рассматриваемых районов не мог стать очагом формирования современной водской народности. Где же располагался этот искомый ареал?

СРЕДНЕВЕКОВЫЕ ОБИТАТЕЛИ ПОГОСТОВ «В ЧЮДИ»

Еще в 1896 г. выдающийся систематизатор славянских и финно-угорских древностей А. А. Спицын, публикуя материалы массовых курганных раскопок на Ижорском плато, высказал предположение: оригинальные памятники предков водской народности должны располагаться за пределами курганного ареала, в местах современного обитания води⁷. К аналогичному мнению склонялся и наш замечательный художник Н. К. Рерих, активно занимавшийся исследованием земляных насыпей в западной части Санкт-Петербургской губернии. К сожалению, эта гипотеза многие десятилетия оставалась лишь догадкой, не проверенной полевыми изысканиями.

В 1983—1988 гг. автором было принято планомерное археологическое обследование территории средневекового Толдожского погоста «в Чюди», в районе Котлов — старого водского прихода Каттила, которое подтвердило отсутствие здесь древнерусских курганных могильников. Очевидно, низменные и заболоченные пространства к западу и северо-западу от Ижорской возвышенности не привлекали внимания продвигавшихся на порубежье Новгородской земли славянских земледельцев. Вместе с тем у многих деревень, заселенных в прошлом водью, были обнаружены древние бескурганные кладбища, известные у русских жителей региона под общим названием «чудские могилы». Вскрытие погребальных памятников у деревень Валговицы, Великино и Вердия принесло качественно новую информацию о происхождении культуры и ранних этапах этнической истории води.

Древнейший тип погребальных сооружений представлен поверхностными каменными вымостками с оградками. Одна из таких конструкций с находками I—II вв. н. э. использовалась для захоронения несожженных трупов. Более поздняя вымостка, датируемая III—IV вв., содержала остатки многочисленных кремаций, рассеянных среди камней. По своему характеру эти соору-



Женский погребальный костюм средневековой води: слева — XIV в., справа — XVI в. Реконструкция Н. В. Хвощинской и автора.

жения сближаются с каменными могильниками, получившими широкое распространение в финно-угорских областях Прибалтики и на юго-западе Финляндии. Значительна концентрация таких памятников на северо-востоке Эстонии, преимущественно вдоль побережья Финского залива. Самые восточные из них отдалены от водского региона не более чем на 45—50 км.

По единодушному мнению исследователей, каменные могильники с оградками можно с полным правом считать своего рода «национальными» памятниками западных прибалтийских финнов, отделяющих их от восточной группы прибалтийско-финских племен. Открытие таких могильников в этнографической зоне води исключительно важно для определения истоков родства этой народности с восточными и северо-восточными эстонцами.

Древности, относящиеся к местному населению второй половины I — начала II тысячелетия н. э., пока не выявлены. По ряду косвенных свидетельств в этот период практиковался такой трудно определяемый обряд захоронения, как помещение остатков человеческих сожжений непосредственно на поверхности земли. Лишь с переходом «чудских» обитателей края к погребениям несожженных трупов в могильных ямах возникают крупные средневековые кладбища, доступные для широкого изучения.

Исследование свыше 200 труположений, наиболее ранние из которых дати-

⁷ Спицын А. А. Курганы Санкт-Петербургской губернии в раскопках Л. К. Ивановского // Материалы по археологии России. № 20. СПб., 1896. С. 49.

руются XII—XIII вв., а позднейшие относятся к концу XVIII в., позволило воссоздать целостную типохронологическую колонку развития местной культуры, начиная с включения предков води в орбиту древнерусской государственности и до этнографической эпохи.

Большинство грунтовых могил на поверхности выражено оградками из валунов или отдельных камней. Наряду с господствующей западной ориентировкой умерших встречается положение умерших головой к востоку. Особенностью «чудского» ритуала является помещение на могилы или рядом с погребенными преднамеренно согнутых или сломанных серпов, кос-горбуш, ножей, разбитых сопел от сыродутных горнов.

Своеобразие местных культурных традиций наиболее ярко проявилось в женском погребальном уборе новгородского периода (XII—XV вв.). Для него типично использование парных нагрудных булавок и цепочек с разнообразными привесками, орнаментация верхней части одежды бронзовыми и оловянными колечками, нашивными оловянными бляшками. Специфическую деталь женского костюма составляли передники и спускавшиеся от пояса боковые полотенца (набедренники), которые окаймлялись по краю бронзовыми спиральками и оловянными колечками. Декор из спиралек применялся также для украшения головных уборов и мягкой кожаной обуви. Ряд украшений имеет аналогии в древностях Эстонии; в местной среде наряду с их необычайно длительным сохранением (по крайней мере до XVI в. включительно) отмечено появление дериватов, заметно отличающихся от ранних прототипов. В «чудской» культуре представлена серия специфических элементов металлического убора, неизвестных на других территориях и явно связанных с древневодскими племенными традициями. Славяно-русское влияние, документированное присутствием на памятниках хозяйственного инвентаря древнерусских типов, почти не отразилось в местном этнографическом комплексе. Таким образом, археология дает достаточно полное представление о длительном существовании на территории средневековых «чудских» погостов самобытного западнофинского племенного образования, сближающегося в культурном отношении с древними эстонцами, но прошедшего длительный и самостоятельный путь развития.

Особый интерес вызывает поздняя группа погребений (XVI—XVII вв.), позволяющая проследить трансформацию пле-

менной культуры в культуру водской народности, этнографически засвидетельствованную с конца XVIII в. Этот переходный период характеризуется постепенной утратой прежнего функционального назначения нагрудных булавок при сохранении их традиционных форм, а затем и полным их исчезновением; появлением в декоре раковин каури и желтого бисера — типичных элементов водского убора XVIII—XIX вв. Наконец, к указанному времени относится широкое распространение многобусинных височных колец стандартной формы, известных в этнографическом материале води. Появляющиеся качественно новые детали убранства вытесняли архаические типы украшений, однако преемственность самого комплекса одежды сохранялась.

Существование самобытного «чудского» элемента и формирование на его основе общности надплеменного порядка определялось особым положением региона в системе древнерусского расселения. В отношениях с Новгородом доминирующее место занимали не этнические, а социально-экономические связи. Применительно к освещенной письменными источниками эпохе XV—XVI вв. наблюдается интереснейший исторический феномен: с одной стороны, наличие традиционной и достаточно консервативной местной культуры, с другой стороны, развитой и прогрессивной для своего времени экономики, теснейшим образом связанной с русскими землями. На рассматриваемой территории были сконцентрированы наиболее крупные поселения, резко выделяющиеся на фоне малодворных деревень Северо-Западной Руси. Жители многих из них, часто носившие финские имена и прозвища, специализировались на выплавке железа из болотных руд; на широкий внешний рынок в массовом количестве изготавливали бытовой и хозяйственный инвентарь (в том числе сошники и лемеха для пахенных орудий). В переписных книгах указывается, что обитатели «чудских» погостов сеяли рожь, овес, ячмень и лен, разводили домашний скот. Хотя все эти сведения принадлежат к сравнительно позднему времени, не вызывает сомнения, что предпосылки бурного хозяйственного развития региона были заложены в предшествующий период и прямым образом связаны с активным вовлечением средневековой води в систему экономических отношений Новгородской земли. В несколько видоизмененном виде этот традиционный уклад сохранялся в водской среде еще в прошлом столетии.

Философские основания математики и синдром Хлодвига

Р. А. Аронов,

кандидат философских наук
Московский государственный педагогический университет

И я смею все, чему поклонялся,
Поклонился тому, что сжигал.

И. С. Тургенев

ОСНОВНЫЕ признаки синдрома Хлодвига, представленные в этих словах Тургенева, согласно историческому преданию, впервые были сформулированы в 496 г. основателем Франкского государства Хлодвигом. Наибольшее распространение этот недуг получает обычно в переломные периоды человеческой истории, один из которых мы переживаем в наши дни. Казалось бы, здравый смысл должен предупреждать о том, что не следует сжигать все, чему поклонялся. Но, к сожалению, радикализм сопровождающих этот недуг мыслей и поступков сплошь и рядом приводит к результату, описанному в знаменитом высказывании известного афинского государственного деятеля и оратора Ликурга: «Когда гнев богов постигает человека, то прежде всего божество отнимает у него здравый смысл и дает превратное направление его мыслям, чтобы он не сознавал своих ошибок».

В наиболее острых формах синдром Хлодвига проявляется в социальной сфере, скажем, в межнациональных, этнократических отношениях. Но и в духовной сфере его проявления отнюдь не безобидны. Как мне представляется, именно это произошло со статьей Ж. ван Хейенорта «Ф. Энгельс и математика», опубликованной в «Природе» (1991, № 8) с «Введением» В. А. Бажанова. Основные признаки синдрома Хлодвига наблюдаются и там, и там. Оба автора, в прошлом последователи диалектико-материалистической философии, стыдятся своих былых философских увлечений и решительно отрываются от них. Остается лишь убедиться в том, что синдром Хлодвига и в этом конкретном случае приводит к тому же результату, о котором говорил Ликург, что именно таков характер аргументации (или, скорее, контраргументации) обоих авторов.

Введение Бажанова начинается краткой информацией об авторе статьи «Ф. Энгельс

и математика», из которой мы узнаем, что в 1932—1939 гг. он был «личным секретарем (и телохранителем) Л. Д. Троцкого», затем «до 1945 г. ... секретарем IV Интернационала ... в 1946 г. он кончает университет в Нью-Йорке», статью написал в 1948 г. (с. 90). «Эта статья, — утверждает Бажанов, — проливает новый для нас свет на философские воззрения Энгельса ... Ее публикация в нашей стране важна еще и потому, что на неадекватных взглядах покоится истолкование предмета и сущности математики, которое простирается от статьи «Математика» в Большой Советской Энциклопедии до практики многолетнего преподавания марксистской философии в вузах» (там же).

Первое, что бросается в глаза, — то, с какой не критичностью воспринимает автор «Введения» рассуждения ван Хейенорта, с какой легкостью он вслед за основателем Франкского государства сжигает все, чему поклонялся. Где тот «новый для нас свет», который, по мнению Бажанова, проливает статья ван Хейенорта на философские воззрения Энгельса? Что это за неадекватные взгляды Энгельса, на которых покоится истолкование предмета и сущности математики? Ничего этого в статье ван Хейенорта нет: философские воззрения Энгельса как до, так и после прочтения этой статьи как были, так и остались диалектико-материалистическими, никакого нового для нас света на эти воззрения она так и не пролила. Неадекватные взгляды, на которых покоится истолкование предмета и сущности математики, при ближайшем рассмотрении оказываются все теми же диалектико-материалистическими взглядами Энгельса на этот предмет и эту сущность, адекватность которых «доказывается», — как писал Энгельс по другому поводу, — «на парой фокуснических фраз, а длинным и трудным развитием философии и естествознания»¹.

¹ Энгельс Ф. Анти-Дюринг. М., 1952. С. 42.

Что же на самом деле показывает в своей статье ван Хейенорт, и каким образом он это делает? Он начинает с детального выяснения того, что из себя представляют математические познания Энгельса, и показывает, сколь ограниченными они были и к каким конкретным математическим ошибкам привели. Тот, кто хоть немного знаком с работами Энгельса, понимает, что ван Хейенорт здесь явно ломится в открытую дверь: Энгельс сам об этом неоднократно писал, в частности в том самом Предисловии ко второму изданию «Анти-Дюринга», на которое ссылается ван Хейенорт.

Вслед за этим ван Хейенорт приступает к тому, что составляет основную задачу его статьи: показать, что пробелы в математическом образовании Энгельса и допущенные им вследствие этого математические ошибки свидетельствуют о несостоятельности диалектико-материалистической философии. Как же конкретно решается эта задача? Прежде всего ван Хейенорт обращает внимание на то, насколько поверхностным было знакомство Энгельса с математическим анализом и его историей. Но так как знание этих последних, по мнению ван Хейенорта, явилось краеугольным камнем философского мировоззрения Энгельса, то созданная им и К. Марксом диалектико-материалистическая философия несостоятельна. «Замечу,— пишет ван Хейенорт,— что представления Энгельса об анализе, как будет показано ниже, являются краеугольным камнем его философского мировоззрения, поскольку они отражают «диалектику» математики» (с. 92).

Ван Хейенорт прав как в том, что философское мировоззрение Энгельса является диалектико-материалистическим, так и в том, что представления Энгельса о математическом анализе являются одним из краеугольных камней его философского мировоззрения (постольку, поскольку они отражают диалектику математики). Однако отсюда вовсе не следует ни того, что диалектико-материалистическая философия несостоятельна из-за поверхностного знания Энгельсом математического анализа и его истории, ни того, что диалектика математики, которую эта философия отражает (наряду с диалектикой природы, общества, других областей мышления и познания), является диалектикой в кавычках. Ее подлинность определяется отнюдь не уровнем знаний Энгельса в тех или иных областях математики, а тем, реализуются ли в каждой из этих областей законы и категории диалектики. Но об этом речь впереди.

А пока ван Хейенорт переходит «к теории комплексных (мнимых) чисел, разработанной в XIX в.», и обнаруживает, «что, хотя Энгельс знал о существовании комплексных чисел, он не понимал значимости этой теории» (с. 93). По мнению ван Хейенорта, это непосредственно вытекает из известного замечания Энгельса о том, что «если только мы привыкнем приписывать корню квадратному из минус единицы или четвертому измерению какую-либо реальность вне нашей головы, то уже не имеет большого значения, сделаем ли мы еще один шаг дальше, признав также и спиритический мир медиумов». Эти несколько строк показывают, как мало Энгельс понимал мотивы введения комплексных чисел и их природу» (там же). Мне представляется, что эти несколько строк на самом деле ничего подобного не показывают. Более глубокое знание мотивов введения комплексных чисел и их природы нисколько не затронуло бы этого замечания Энгельса. Приписывать корню квадратному из минус единицы какую-либо реальность вне нашей головы и в 1948 г., когда писалась статья ван Хейенорта, и в 1991 г., когда публиковался ее перевод с немецкого на русский, и в наши дни — так же нелепо, как и во времена Энгельса.

Что же до четвертого измерения, то и о нем, как это ни покажется парадоксальным на первый взгляд, можно было бы сказать то же самое, что и о корне квадратном из минус единицы. Отказ Энгельса приписать ему какую-либо реальность вне нашей головы после теории относительности и современной теории поля мог бы действительно вызвать возражения, аналогичные тем, которые приводит ван Хейенорт. Но, во-первых, «в неопубликованной статье «Естествознание в мире духов», написанной скорее всего в 1878 г.» (там же), Энгельс, при всем желании, не мог учесть результатов теории относительности и современной теории поля, полученных в другом веке.

А, во-вторых, если бы ему и было что-либо известно о четырехмерном пространственно-временном континууме и о возможности существования большего числа измерений реального пространства на ранних стадиях развития Вселенной, то даже в этом гипотетическом случае, вопреки мнению ван Хейенорта, процитированное им замечание Энгельса полностью сохранило бы свое значение. Из контекста статьи Энгельса «Естествознание в мире духов» ясно, что речь идет о четвертом пространственном измерении, тогда как четвертое измерение

пространственно-временного континуума является, как известно, не пространственным, а временным. Что же касается возможности существования большего числа измерений реального пространства на ранних стадиях развития Вселенной, то и она, как тоже хорошо известно, предполагает необходимость осуществления на последующих стадиях развития Вселенной процесса так называемой компактификации «лишних» пространственных измерений, вследствие которого реальное пространство в диапазоне наших органов чувств по-прежнему оказывается трехмерным.

Непонимание разницы между абстрактным пространством, существующим лишь в сознании человека, и реальным пространством, существующим вне и независимо от него, неправомерное отождествление временного измерения четырехмерного пространственно-временного континуума с четвертым пространственным измерением реального пространства — вот гносеологические корни тех заблуждений, которые ван Хейенорт приписывает Энгельсу и с позиций которых сам критикует его философские взгляды².

Вслед за этим ван Хейенорт переходит к неевклидовой геометрии и упрекает Энгельса в том, что «он не обращает внимания на упомянутые достижения науки» (с. 94). Правда, ван Хейенорт отмечает, что «новые идеи до середины века не привлекали внимания» математиков (там же), что опубликованные Н. И. Лобачевским в 1829 г. в «Казанском вестнике», «эти взгляды не сразу — в силу незнания научной средой русского языка и отдаленности Казани от Европы — получили распространение» (с. 93). А знаменитая лекция Б. Римана «О гипотезах, лежащих в основании геометрии», прочитанная им в Геттингене 10 июня 1854 г., только «в 1873 г. публикуется на английском в «Nature» — журнале, который, весьма вероятно, читал Энгельс» (с. 94).

Все это, однако, требует уточнений. Взгляды Лобачевского не просто не сразу получили распространение, а долго его не получали; и происходило это не только и даже не столько в силу незнания научной средой русского языка и отдаленности Казани от Европы, а вследствие сознательного торможения их распространения со стороны ведущих математиков того времени,

и прежде всего К. Ф. Гаусса, о котором ван Хейенорт пишет, что он «примерно в то же время пришел к тем же результатам, которые он не решился отдать в печать» (там же). Между тем ван Хейенорт не мог не знать того, что Гаусс не только не решился отдать в печать полученные им результаты, но и препятствовал публикации аналогичных результатов, полученных другими³.

Лекции же Римана 1854 г. «О гипотезах, лежащих в основании геометрии», согласно известному математическому преданию, никто из присутствовавших на ней не понял, и только старик Гаусс ушел с нее, глубоко задумавшись. Но Гаусс в следующем году умер, так и не поделившись ни с кем своими впечатлениями о прослушанной им лекции Римана. И хотя в 1873 г. она была опубликована в «Nature» — журнале, который, по мнению ван Хейенорта, Энгельс, весьма вероятно, читал, а «1870 год становится также годом начала популяризации новых концепций» (там же), требовать от Энгельса, чтобы он смог осмыслить то, что в течение столь длительного времени оказалось не под силу наиболее выдающимся математикам, как мне представляется, неправомерно.

Ван Хейенорт решительно отвергает интерпретацию Энгельсом природы математических понятий как идеализаций общих свойств материальных объектов и взаимоотношений между ними. Ведь если бы утверждение Энгельса было истинным, то, скажем, теоремы геометрии Евклида могли бы не соответствовать действительности за пределами области их применимости. А это приводит к тому, что «математические теоремы сваливаются в одну кучу с эмпирическими соотношениями. Суждение о том, что сумма углов треугольника равна двум прямым углом, с точки зрения истинности, для Энгельса ничем не отличается от эмпирического утверждения, что Париж расположен во Франции. И это пишется им в 1877 г., когда всем было известно, что первое суждение вытекает из определенной системы аксиом... Здесь мы видим, сколь упорно Энгельс старается не замечать неевклидовых геометрий. Они ведь слишком опасны для попыток отождествить математику и физику» (с. 96).

Замечу сразу же, что ни в одной из работ Энгельса, в том числе в тех, на кото-

² См.: Аронов Р. А. Пространство и время и пространство-время // Проблемы истории и методологии научного познания. М., 1974. С. 267; Он же. Пифагорейский синдром в современной физике // Тез. докл. и выступл. на X Всесоюз. конф. по логике, методологии и философии науки (секции 6—7). Минск, 1990. С. 3.

³ О мнимых и подлинные причины этого см.: Аронов Р. А. О методе геометризации в физике. Возможности и границы // Методы научного познания и физика. М., 1985. С. 345.

рые ссылаются ван Хейенорт, нет никаких попыток отождествить математику и физику. В них говорится о том общем, что им присуще, а именно о том, что существуют математические и физические объекты — элементы соответствующих теорий, которые являются субъективными образами объективного мира. Но общность и тождественность, как нетрудно понять, отнюдь не одно и то же. Именно в этом смысле суждение о том, что сумма углов треугольника равна двум прямым углам, с точки зрения истинности, для Энгельса ничем не отличается от эмпирического утверждения, что Париж расположен во Франции.

Впрочем, как это ни покажется парадоксальным, таково было мнение и создателей неевклидовых геометрий Лобачевского и Гаусса. Как известно, и тот, и другой пытались определить, чему равна сумма углов треугольника в достаточно больших пространственных областях. Первый опирался при этом на результаты измерения углов по направлению к звездам, второй непосредственно измерял углы по направлению к вершинам гор в Германии. Трудно заподозрить как Лобачевского, так и Гаусса в незнании того, что соответствующее суждение вытекает из определенной системы аксиом.

Но, в отличие от ван Хейенорта, Гаусс понимал, что геометрия в той же мере апостериорна, как и физика. В письме к Г. В. Ольберсу от 28 апреля 1817 г. он писал, что «геометрию приходится ставить не в один ранг с арифметикой, существующей чисто а priori, а скорее с механикой»⁴. Еще ближе к энгельсовской интерпретации математических понятий был Лобачевский. «Мы допускаем, — писал он, — что некоторые силы в природе следуют одной, другие своей особой Геометрии»⁵. Вот почему, с точки зрения Лобачевского, пространство евклидово лишь в той области, в которой действуют соответствующие силы, и может быть неевклидовым вне ее: «либо за пределами видимого мира, либо в тесной сфере молекулярных притяжений»⁶. Такого же рода высказывания содержались и в лекции Римана «О гипотезах, лежащих в основании геометрии», в которой он говорил о «причине возникновения метрических отношений в пространстве», об объяснении «метрических отношений чем-то внешним — си-

лами связи, действующими на ... то, реальное, что создает идею пространства»⁷.

Аналогичные рассуждения характерны для многих других, не менее известных математиков. Ограничимся здесь лишь двумя примерами, иллюстрирующими данный тезис. Один из них — об известных соображениях Ш. Эрмита, согласно которым «изучение функций анализа есть также и изучение законов природы... Я вижу в изучении функций изучение объективной реальности, а в законах, относящихся к функциям, — отражение физических законов»⁸. Второй — о замечаниях К. Гёделя о том, что физика, а не математика решает, какая из геометрий истинна, и что, хотя объекты теории множеств не принадлежат физической реальности, они несомненно связаны с нею⁹.

Так обстоит дело с энгельсовской интерпретацией природы математических понятий, которую решительно отвергает ван Хейенорт и которая, несмотря на это, находится в согласии с интерпретацией природы математических понятий другими (не менее известными, нежели ван Хейенорт) математиками.

Завершает эту серию аргументов ван Хейенорта против энгельсовской интерпретации природы математических понятий «число π , выражающее отношение длины окружности к ее диаметру. Если бы это число являлось результатом эксперимента, то мы могли бы построить железное колесо и с идеальной точностью измерить длину его окружности и диаметр» (с. 97). Этот завершающий аргумент, естественно, должен быть рассмотрен в контексте предыдущего обсуждения. Если при этом, в отличие от ван Хейенорта, говорить не о мелких неточностях (вроде отношения длины окружности к ее диаметру, а не к его длине), а о главном, то необходимо отметить следующие два момента. Во-первых, то, что число π выражает отношение длины окружности к длине ее диаметра не в любой, а только в евклидовой геометрии. А, во-вторых, то, что, говоря о железном колесе, ван Хейенорт явно деформирует энгельсовскую интерпретацию природы математических понятий, ибо согласно этой интерпретации класс объектов, субъективными образами которых являются соответствующие математические понятия,

⁴ Гаусс К. Ф. Письмо к Ольберсу (28 апреля 1817 г.) // Об основаниях геометрии. М., 1956. С. 103.

⁵ Лобачевский Н. И. Новые начала геометрии с полной теорией параллельных // Об основаниях геометрии. С. 64.

⁶ Там же. С. 65.

⁷ Риман Б. О гипотезах, лежащих в основании геометрии // Об основаниях геометрии. С. 323, 324.

⁸ Цит. по: Ожигова Е. П. Шарль Эрмит. М., 1982. С. 203.

⁹ См.: Gödel K. What is Cantor's continuum problem // Philosophy of mathematics. N. Y., 1964. P. 258; см. в этой связи: Аронов П. А. Филос. науки. 1991. № 6. С. 178.

включает в себя всю совокупность свойств и взаимоотношений материальных объектов.

Речь, следовательно, должна идти в данном конкретном случае не о железном колесе, а о метрических свойствах реального пространства в той или иной пространственно-временной области объективного мира и о том, как их представляет число π в контексте теории, являющейся субъективным образом этой последней¹⁰. Если эксперименты по определению метрических свойств пространства свидетельствуют о том, что отношение длины окружности к длине ее диаметра равно π , это означает, что свойства пространства соответствующей пространственно-временной области объективного мира евклидовы. Если же эксперименты по определению метрических свойств пространства свидетельствуют о том, что отношение длины окружности к длине ее диаметра не равно π , это означает, что свойства пространства соответствующей пространственно-временной области объективного мира неевклидовы. В 1948 г., когда писалась статья ван Хейенорта, и тем более — в 1991 г., когда публиковался ее перевод с немецкого на русский, об этом следовало бы знать.

Однако ван Хейенорт этим не ограничивается и, после того как он таким образом «разделался» с энгельсовской интерпретацией природы математических понятий, переходит к обсуждению известного замечания Энгельса о том, что «чистая математика имеет своим объектом пространственные формы и количественные отношения действительного мира, стало быть — весьма реальный материал». Математик же, как человеческое существо, — комментирует эти слова Энгельса ван Хейенорт, — часть «реальности». Если Энгельс хочет здесь сказать не больше, чем сказано, то это банальность. Однако он понимает под «действительным миром» природу, физический, материальный мир, и, значит, его утверждение просто ложно, поскольку никак нельзя утверждать, что предмет математики составляют только отношения физического мира» (с. 97).

Между тем, как нетрудно понять, процитированное ван Хейенортом замечание Энгельса даже вне контекста ничего подобного не утверждает. А в контексте — тем более. В третьей главе «Анти-Дюрин-

га», из которой ван Хейенорт заимствовал эту фразу, Энгельс, возражая Е. Дюрингу, отмечает: «Но совершенно неверно, будто в чистой математике разум имеет дело только с продуктами собственного творчества и воображения»¹¹. И далее он показывает на конкретных примерах, что с помощью этих продуктов собственного творчества и воображения человек описывает не только их самих и взаимоотношения между ними, но и нечто, существующее объективно-реально. Это обсуждение завершается процитированной ван Хейенортом фразой, за которой непосредственно следует: «Тот факт, что этот материал принимает чрезвычайно абстрактную форму, может лишь слабо затушевывать его происхождение из внешнего мира»¹².

Где же здесь ван Хейенорт обнаружил, «что предмет математики составляют только отношения физического мира»? И причем здесь математик, который «как человеческое существо, часть «реальности»? Чем отличается «реальность» математика как человеческого существа от реальности того материала, о котором говорится в процитированной ван Хейенортом фразе как об объекте чистой математики? И, наконец, самое главное: при чем здесь Энгельс?

Смысл процитированного ван Хейенортом утверждения Энгельса, как нетрудно понять, состоит в том, что предмет математики не исчерпывается предметом ее рефлексии, что она изучает не только продукты собственного творчества и воображения, некие отвлеченные от конкретного содержания формы, но и формы конкретного бытия, отвлеченные от того особенного (и в них, и в их содержании), которое составляет предмет других наук¹³. Именно так понимали предмет математики П. С. Александров, характеризовавший «математику как учение об общих формах, свойственных материальному бытию»¹⁴, А. Н. Колмогоров, подчеркивавший, «что математика изучает общие («чистые») формы конкретного бытия и что универсальная применимость математических формул основана на том, что одни и те же общие формы могут быть свойственны самому раз-

¹⁰ См.: Аронов Р. А. // *Вопр. истории естествознания и техники*. 1983. № 2. С. 174; Аронов Р. А., Шемякин В. М. О двух подходах к проблеме взаимоотношения геометрии и физики // *Диалектический материализм и философские вопросы естествознания*. М., 1991. С. 28.

¹¹ Энгельс Ф. *Анти-Дюринг*. С. 36—37.

¹² Там же. С. 37.

¹³ См.: Крушанов А. А. *Дискуссия о предмете математики* // Информационные материалы Философского общества СССР. М., 1981. № 2(23). С. 47; Аронов Р. А. // *Вопр. философии*. 1986. № 5. С. 170.

¹⁴ Александров П. С. О новых течениях математической мысли, возникших в связи с теорией множеств // *Сборник статей по философии математики*. М., 1936. С. 14.

личному конкретному бытию»¹⁵, и другие (не менее известные, нежели ван Хейенорт) математики.

Ван Хейенорт противопоставлял такому пониманию предмета математики представление о ней как о своеобразной логической игре. «В качестве исходных допущений,— пишет он,— математик может взять такие, которые вообще не являются «отношениями действительного мира»... и строить геометрии, выходящие далеко за границы нашего опыта» (с. 97). Но как же объяснить в таком случае тот факт, что развитие науки сплошь и рядом обнаруживает, как эти вроде бы немотивированные исходные допущения и следствия из них адекватно представляют в теории столь не любезные ван Хейенорту отношения действительного мира? Не вернее ли предположить, что дело здесь в относительности границ нашего опыта и в узком понимании ван Хейенортом отношений действительного мира, которое столь наглядно обнаружилось в его примере с железным колесом и которое он с упорством, заслуживающим лучшего применения, приписывает Энгельсу.

Несомненно, прав В. И. Арнольд, который пишет о том, какой «вред принесло представление о математике как своеобразной логической игре — анализе следствий из произвольных систем аксиом»¹⁶. Иронизируя над сторонниками такого представления о математике, он характеризует его как «дедуктивно-аксиоматический схоластический стиль», который «состоит в том, что изложение математической теории начинается с немотивированного определения. Психологические трудности, к которым это приводит читателя, почти непреодолимы для нормального человека: «Зачем я отдам некую два яблока?» — вот основная трудность, не позволявшая Буратино изучать арифметику»¹⁷.

Если читателя не удовлетворит столь непосредственная реакция Буратино, сошлюсь на Э. Нетер, которая по словам А. Эйнштейна, «входила в число самых значительных и самых творческих гениев математики»¹⁸ и для которой связь математики с отношениями действительного мира и ее эвристическая роль в познании этих

отношений были несомненными¹⁹. Как писал П. С. Александров, «эту связь всякой большой математики, даже самой абстрактной, с реальным бытием интенсивно чувствовала Эмми Нетер... Для Эмми Нетер математика была всегда познанием мира, а не игрой символов»²⁰.

С представлением ван Хейенорта о математике как о логической игре связана и его идиосинкразия к многочисленным попыткам Энгельса продемонстрировать единство противоположностей, переход количества в качество, отрицание отрицания в математике и в ее истории. Подробно обсуждая их (с. 100—105), ван Хейенорт так и не может понять, почему Энгельс характеризует возведение в степень и извлечение корня как противоположные процедуры, а равенство $A^{1/2} = \sqrt{A}$ — как иллюстрацию их единства, почему единство противоположностей является диалектическим противоречием, чем оно отличается от противоречия формально-логического и что у них общего. Ван Хейенорт так и не смог понять, почему Энгельс характеризует не-А как отрицание А, а отрицание отрицания по отношению к исходному А — как не (не-А), чем отличается диалектическое отрицание от формального, а отрицание отрицания — от них обоих. Так и не смог ван Хейенорт обнаружить в математике и в ее истории каких-либо признаков единства противоположностей, перехода количества в качество, отрицания отрицания, всего богатства взаимоотношений категорий диалектики.

Как это можно было бы рационально объяснить? Первое впечатление состоит в том, что неприятие ван Хейенортом диалектики, его «утверждения о ненужности диалектики,— как писал об аналогичной ситуации А. Д. Александров,—... есть не более как та же самодовольная некультурность, какую проявляет неразвитый «работяга», чванящийся тем, что «все эти теории ему не нужны»²¹. Но ведь, в отличие от Александровского «работяги», бывшему секретарю IV Интернационала ван Хейенорту (и солидаризирующемуся с его аргументацией нынешнему доктору философских наук Бажанову) диалектико-материалистическая философия знакома не понаслышке.

¹⁵ Колмогоров А. Н. Современная математика // Сборник статей по философии математики. С. 10.

¹⁶ Арнольд В. И. Математика с человеческим лицом // Природа. 1988. № 3. С. 117.

¹⁷ Там же. С. 118.

¹⁸ Эйнштейн А. Собр. научн. трудов. Т. 4. М., 1967. С. 198.

¹⁹ См.: Аронов Р. А., Угаров В. А. Пространство, время и законы сохранения // Природа. 1978. № 10. С. 99; Аронов Р. А. On the problem of space and time in elementary-particle physics // Philosophical problems of elementary-particle physics. М., 1968. P. 227.

²⁰ Александров П. С. // Успехи матем. наук. 1936. Вып. 2. С. 258.

²¹ Александров А. Д. // Сибирский матем. журн. 1970. Т. 11. № 2. С. 259.

Конечно, социальный аспект проблемы, связанный с широко распространенным иллюзорным представлением об ответственности диалектико-материалистической философии за деятельность КПСС²² (своеобразной реакцией на которое и явился синдром Хлодвига), многое проясняет. Многие, но отнюдь не все, до тех пор пока остается неясным, каков в данном конкретном случае механизм воплощения синдрома Хлодвига в тех его проявлениях, о которых говорил Ликург. Мне кажется, что ключ к этому механизму можно отыскать в том разделе статьи ван Хейенорта, в котором обсуждается небольшой фрагмент «Диалектики природы» «О прообразах математического бесконечного в действительном мире» (с. 97—98).

Замечания, высказанные здесь ван Хейенортом, мало чем отличаются от рассмотренных выше, и все, что следовало бы сказать о них, по существу, уже сказано. Но одно обстоятельство, на которое ван Хейенорт не обратил никакого внимания, заслуживает того, чтобы быть отмеченным здесь, — слова, которыми начинается этот фрагмент «Диалектики природы»: «Над всем нашим теоретическим мышлением господствует с абсолютной силой тот факт, что наше субъективное мышление и объективный мир подчинены одним и тем же законам и что поэтому они и не могут противоречить друг другу в своих результатах, а должны согласоваться между собою»²³. Как мне представляется, именно в этих словах ключ к пониманию того, почему критические замечания ван Хейенорта оказались столь неэффективными.

Дело в том, что наше субъективное мышление и объективный мир подчиняются одним и тем же общим законам, и поэтому они не могут противоречить друг другу

в общих результатах. Но субъективному мышлению и объективному миру присущи не только общие, но и особенные и единичные черты, которые вполне могут вступать в противоречие друг с другом²⁴. Там и постольку, где и поскольку Энгельс учитывает это обстоятельство, критические замечания ван Хейенорта бьют мимо цели. Там и постольку, где и поскольку Энгельс отходит от него, его позиция и позиция ван Хейенорта так или иначе сближаются. Первый из этих двух случаев представляет собой адекватное следование диалектико-материалистической философии, второй — те или иные отклонения от нее.

В основе критики Энгельса ван Хейенортом и Бажановым лежит сравнительно несложный паралогизм, в котором один из этих двух случаев подменяется другим, что, естественно, не могло не сказаться на аргументации обоих авторов, которая и выродилась в то, что М. Ю. Лермонтов характеризовал в стихотворении «Журналист, писатель и читатель» как

Мелкие нападки...

Намеки тонкие на то,

Чего не ведает никто.

Синдром Хлодвига сыграл злую шутку с ван Хейенортом и Бажановым. «Новый для нас свет», который Бажанов обнаружил в статье ван Хейенорта, оказался, при ближайшем рассмотрении, его представлением о математике как о логической игре и связанной с ним идиосинкразией к диалектике вообще, к диалектике в математике в особенности. Диалектико-материалистическая философия и тезис о диалектико-материалистическом характере философских оснований математики, критике которых, по существу, посвящена статья ван Хейенорта и «Введение» Бажанова, оказались вне этой критики. Независимо от субъективных намерений обоих авторов в данном случае, как, впрочем, и во многих других, торжествует знаменитый афоризм: математический аппарат оказывается умнее теоретика, пользующегося этим аппаратом.

²² Вину за существование этой иллюзии со многими руководителями КПСС, имевшими весьма поверхностное представление о диалектико-материалистической философии, должны разделить Маркс, Энгельс и В. И. Ленин с их идеей о диалектико-материалистической философии как духовном оружии пролетариата, которая так и осталась благим намерением, трансформировавшись в идею о цели, оправдывающей средства, не имеющую ничего общего ни с диалектико-материалистической философией, ни с подлинными целями пролетариата.

²³ Энгельс Ф. Диалектика природы. М., 1952. С. 213.

²⁴ См.: Аронов Р. А., Болотовский Б. М. // Успехи физ. наук. 1982. Т. 137. Вып. 1. С. 185; Аронов Р. А., Болотовский Б. М., Мицкевич Н. В. // Вопр. философии. 1979. № 11. С. 56.

Об одном питерском доме...

Прочел в октябрьском номере «Природы» за 1990 г. статью В. А. Бронштэна «Разгром Общества любителей мироведения», посмотрел на фотографию дома по улице Печатников, 25-а (б. Торговой) в Санкт-Петербурге, и прошлое, давно ушедшее, но не забытое, захлестнуло сознание.

В этом доме прошли мое детство и ранняя молодость, а дощечку с загадочным словом РОЛМ (Русское общество любителей мироведения) я увидел впервые где-то в начале 20-х годов, когда стал ходить в школу в этом же доме. А дом был примечателен не только тем, что в нем обосновались «мироведы», как их тогда называли, с ним связаны имена многих, кто оставил след в отечественной культуре и науке.

Начать с того, что этот дом по Торговой улице и с ним смежный (но не угловой), выходящий на нынешний проспект Маклина (б. Английский), принадлежали до революции известному физиологу и ортопеду Петру Францевичу Лесгафту (1854—1909), который создал здесь Петербургскую биологическую лабораторию, ставшую в 1918 г. Естественнонаучным институтом его имени.

Общество мироведения помещалось, собственно, не в том доме, что изображен на фотографии, а в одной из квартир шестизэтажного флигеля во дворе. Плоская крыша была обнесена решеткой, а над ней высилась башня с куполом, где и стоял главный телескоп. Мелкие приборы — астрономические и метеорологические — были размещены в будках.

Непосредственно ниже обсерватории, на шестом этаже помещалась наша школа — это было бывшее коммерческое училище, тоже носившее имя Лесгафта и созданное в его память его учениками. Заведовала школой (и жила в этом



Дом на ул. Печатников, 25 (С.-Петербург), где помещалось Русское общество любителей мироведения.

же доме) Селима Марковна Познер, одна из первых учениц Лесгафта, происходившая из известной революционно-демократической семьи Познеров. Маленькая седая женщина с острым стремительным профилем обладала непреклонным характером и была блестящим оратором и организатором.

Все мальчишки нашей школы, да и девочки тоже, перебивали в «башне» и на крыше-площадке. Там впервые мы увидели кольца Сатурна, каналы Марса и кратеры Луны. Довелось бывать и на публичных заседаниях РОЛМа; запомнился доклад по фенологии: шел разговор о весне, погоде, прилете птиц, народных приметах. Попили чаем и угощали пирожными, что в те голодные времена было необычно и запомнилось...

Даниил Осипович Святский, фактический глава «мироведов», жил во дворе дома в не-

большом боковом флигеле. Был он небольшого роста, в очках. Выглядел всегда озабоченным, ходил с большим портфелем. Его жену Марию Федоровну знали все обитатели дома, была она добра и приветлива.

Жил в доме и известный революционер, народник и ученый Николай Александрович Морозов — бессменный и почетный президент РОЛМа. Часто, проходя по двору, останавливался и разговаривал с нами детьми ласково и добродушно. Мы знали, что он 20 лет просидел в крепостном каземате-одиночке, представлялось это чудовищным и невероятным. В одной квартире с Морозовым жил другой известный человек — писатель и этнограф Севера и тоже народник Владимир Германович Богораз, известный больше под псевдонимом Н. А. Тан. Этот всегда был сумрачен и с детьми не разговаривал. А еще в той же квартире обитал зоолог и природовед И. С. Стрельников — ученый-самородок, пришедший в науку из деревенских пасту-

хов и ставший одним из столпов института Лесгафта.

Иногда по двору проходила вся в черном и в черной наколке, с как бы пергаментным, неподвижным лицом высокая пожилая дама. Я никогда не видел, чтобы она улыбалась или с кем-нибудь разговаривала. Это была А. А. Красуская — знаменитый анатом, тоже ученица Лесгафта. В анатомической лаборатории института она делала тончайшие препараты из органов человеческого тела. Ее работы были выставлены в небольшом анатомическом музее института. Они были великолепно выполнены, но вызывали некоторую жуть.

В нашей квартире, на втором этаже дома, что изображен на фотографии, тоже обитали ученые: И. А. Киселев — крупнейший специалист по синезеленым водорослям и зоолог М. Л. Пятаков, державший в своей комнате многочисленных птиц. Запомнился клест, проворно лущивший еловые шишки. Судьба М. Л. Пятакова оказалась печальной — он был брат известного Ю. Л. Пятакова ... Это были друзья моего отца, зоолога и гидробиолога Петра Дмитриевича Резвого, который одно время тоже был связан с институтом Лесгафта.

В 1925 г. астрономы-«мироведы» поставили на крышах нашего дома высоченные мачты, натянули антенны, а на первом этаже оборудовали радиостанцию. Здесь я впервые услышал репродуктор и узнал, что такое радио. А в соседнем помещении разместили оптическую мастерскую, где шлифовали отличные линзы для телескопов. Рядом, в другом крыле

здания, находилась мастерская по точной механике. Мы жили над нею, и мерный шум станков возвещал по утрам о начале работы.

В «лесгафтовском доме» зародились и те курсы «физического воспитания», которые переросли затем в Институт физкультуры им. П. Ф. Лесгафта. В конце 20-х годов они переехали неподалеку, на улицу Декабристов (б. Офицерскую), но мы бегали еще до переезда в залу-аудиторию, где «тети» в коротких и пышных шароварах (такова была спортивная мода) старательно выполняли всякого рода вольные упражнения: «сгибания», «отведения» и «круговые движения». Дело в том, что на этих курсах решительно отвергались гимнастические снаряды, а соревнования считались недопустимыми. Это было перенесено и в нашу школу. «Нельзя превращать руки в ноги и опираться на них тяжесть тела», — говорила нам наша Селима Марковна, ссылаясь на П. Ф. Лесгафта, портреты которого висели в каждом классе. «Соревнования же развивают у людей низменные инстинкты», — добавляла она.

В 1929 г. с дверей квартиры, где помещалось РОЛМ, исчезла карточка с этой аббревиатурой, а на имя моего отца перестали приходить приглашения на заседания общества. В 1930 г. был арестован Святский, и хотя его через два года выпустили, но общества уже не существовало, его закрыли. В 1935 г., после убийства Кирова, он, как и многие другие обитатели дома, покинул Ленинград (уехал в ссылку, где и умер).

Война «пощадила» дом на Торговой улице — он уцелел. В него попало «только» 11 снарядов, один из флигелей сгорел. Многие из обитателей умерли от голода. Умер старожил дома Карл Карвелис, в прошлом революционер и рабочий-литейщик с б. Франко-Русского судостроительного завода. Умер известный биолог и химик-органик А. И. Рабинерсон, умер дворник В. А. Спиридонов ... Погиб в море на подводной лодке ее командир Царевский — наш сосед. Многие разъехались. Когда я попал весной 1944 г. в Ленинград и зашел во двор, дом был практически пуст. Во дворе журчал кран — единственный источник воды. Меня встретила старая нянька Мария Дмитриевна, она чудом пережила блокаду и рассказала о печальной судьбе многих обитателей дома ...

А сейчас, глядя на фотографию в журнале, не заметил я бывшего порядка, в котором дом содержался даже в трудные послереволюционные годы: оборваны водосточные трубы, нет въездных ворот, куда-то исчезли мемориальные мраморные доски ... А хотелось бы, чтобы хоть что-то напоминало о былой жизни этого питейского дома — своеобразного памятника нашего культурного и революционного прошлого.

Д. П. Резвой,
доктор геолого-минералогических наук
Львовский университет

ВЕЛИКАЯ СИЛА ДУХА

К 80-летию И. А. Рапопорта

МЫ БЫЛИ современниками уникального человека, легендарной личности — Иосифа Абрамовича Рапопорта, выдающегося ученого, автора одного из крупнейших генетических открытий — химического мутагенеза, человека высочайших моральных качеств и силы духа, замечательного гражданина своей страны.

Служение общечеловеческим ценностям для него всегда стояло на первом месте. Этому пассионарному настрою было подчинено все: интенсивнейшая творческая работа, героизм в Отечественной войне, борьба за генетику, создание нового научного направления, в котором он объединил усилия талантливых исследователей и селекционеров почти всех регионов нашей страны для получения новых высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур. Человек редкого бескорыстия и гуманизма, помогавший всем и вся. Сверх меры скромный, он уклонялся от интервью, телепередач, предложений стать героем литературных опусов. Он не оставил ни дневников, ни мемуаров. Почти не сохранились крайне редкие его письма. И поэтому особенно ценны те немногие рукописи, где он сам рассказывает о событиях, участником которых он был.

И. А. Рапопорт родился 14 марта 1912 г. в Чернигове в семье фельдшера, после Октябрьской революции ставшего врачом. В 1914 г. семья переехала в Славянск, где он прошел начальное обучение, а среднюю школу окончил в 1927 г. в Чернигове, куда семья вернулась в начале 20-х годов. Уже в детстве у него обнаружили необыкновенные способности к языкам: в школе он изучал немецкий, в университете — английский и французский, после войны — шведский; кроме того, свободно читал на итальянском, испанском, славянских языках, на хинди. После окончания агрономической школы в Чернигове работал районным зоотехником в Куликовском районе Черниговской обл.

В 1930 г. он поступил на биологический факультет Ленинградского университета. Интересы определились сразу, и с пер-



Иосиф Абрамович Рапопорт [14.III 1912 — 31.XII 1990]
Фото И. Б. Бавыкина

вого курса он начал самостоятельные опыты сначала на живых половых клетках млекопитающих (добывая материал на бойне), а затем переключился на изучение влияния химических веществ на развитие дрозофилы. На третьем и четвертом курсах он участвует в создании «Хрестоматии по эволюционному учению» (1934, изд. ЛГУ), составляет раздел «Генетика и эволюция» (80 страниц убористого текста) и переводит для этой книги статьи с немецкого и английского. Глубокое понимание проблем эволюции будет освещать все его последующие работы.

«Хрестоматия по эволюционному учению» вышла в свет под общей редакцией небезызвестного И. И. Презента. Всего через несколько лет они займут противо-

положные позиции в дискуссиях 1939 и 1948 гг., где Презент в качестве идеолога лысенковщины выступит как губитель отечественной генетики и культуры, а Рапопорт — как отважный и бескомпромиссный их защитник.

Уже ко времени окончания университета он составил для себя представление о том, как использовать химические соединения для изучения генетики развития дрозофилы и как вести поиск химических мутагенов.

После защиты дипломной работы «Анализ механизма нерасхождения хромосом» в 1935 г. он поступает в аспирантуру Института экспериментальной биологии к Н. К. Кольцову. Позднее он напишет: «Впервые я увидел и услышал Николая Константиновича в 1932 г. Кольцов приехал в Ленинград, в Лабораторию экспериментальной зоологии АН СССР, которой руководил академик Н. В. Насонов, и прочитал там лекцию о последних работах Института экспериментальной биологии. Я был тогда студентом Ленинградского университета, проходил в Лаборатории практикум по культуре тканей, а о Кольцове и его институте кое-что знал понаслышке. Слушал я лекцию, слушал дискуссию, которая затем завязалась. И, признаюсь, понял далеко не все, но Николай Константинович впечатление на меня произвел совершенно неизгладимое. Не только тем, что он и внешне был импозантен, и говорил красиво и мудро, а в первую очередь своей особой, чисто кольцовой цельностью биологической мысли, каких бы областей он ни касался — сравнительной ли эмбриологии, физиологии, цитологии, генетики, эволюционных проблем или физико-химических исследований. После этого я кинулся читать работы Кольцова и статьи, выходящие из стен его института, и когда на пятом курсе мне предстояло распределение, попросил А. П. Владимирского, заведывавшего в ЛГУ кафедрой генетики, рекомендовать меня, если это возможно, лаборантом в Кольцовский институт. Профессор Владимирский написал в Москву, и Николай Константинович ему ответил, что в Институте экспериментальной биологии как раз есть вакансия аспиранта в лаборатории профессора Н. П. Дубинина. Я обрадовался и поехал держать экзамен. (...) Знания всех поступавших по любому профилю Николай Константинович проверял непременно сам: полагалось в присутствии Кольцова за несколько часов написать пространное сочинение на заданную тему. (...) Когда мы уже начали было писать свои сочинения, Кольцов совсем нас удивил — он предложил

пользоваться книгами из институтской библиотеки, которая помещалась по соседству с комнатой, где мы экзаменовались. Николай Константинович пояснил при этом, что для научного работника очень важно пользоваться литературой, и он проверяет, насколько мы им владеем. Атмосфера экзамена была свободной и ровной, и все соискатели... были приняты»¹.

Кандидатскую диссертацию под названием «Многократное линейное повторение участков хромосом и их эволюционное значение» Рапопорт защитил в 1939 г. Одновременно он продолжал изучать действие химических соединений на дрозофилу и выполнил ряд других оригинальных исследований.

Поначалу научная карьера молодого ученого складывалась удачно. После защиты он стал научным сотрудником Кольцовского института и незадолго до войны открыл радикальные различия в природе индукции химических мутаций и модификаций, т. е. наследственных изменений. Раздел, посвященный модификациям, оформленный в виде докторской диссертации под названием «Феногенетический анализ независимой и зависимой дифференцировки», был направлен в феврале 1941 г. в «Труды Института цитологии, гистологии и эмбриологии» и представлен к защите в Московском университете. Но защита не состоялась (не было необходимого числа членов совета), а 27 июня 1941 г. И. А. Рапопорт ушел на фронт добровольцем. До ноября 1941 г. он сражался на Крымском фронте, где был первый раз тяжело ранен; весь 1942 г. — на Кавказском фронте; в первом полугодии 1943 г. — прошел ускоренный курс в Военной академии им. М. В. Фрунзе в Москве и, кроме того, успел защитить докторскую диссертацию в МГУ. С июля 1943 г. командир батальона Рапопорт участвует в непрерывном наступлении в составе стрелковых и воздушно-десантных дивизий 2-го и 3-го Украинских фронтов на Украине, в Молдавии, Румынии, Венгрии, Австрии. Он был любим бойцами и имел славу героя. В конце 1944 г. Иосиф Абрамович был вновь тяжело ранен и потерял левый глаз. Не долечившись, он удрал из госпиталей и вернулся в свою часть. Одним из самых замечательных его подвигов стал прорыв во главе передового отряда через 350-тысячную вооруженную отступающую армию немцев в Австрии. В районе г. Амштеттен он первым соединился с пере-

¹ Рапопорт И. А. Кольцов, каким я его помню // Химия и жизнь. 1972. № 7. С. 34—35.



С боевыми товарищами: слева — гвардии-майор И. А. Рапопорт. Май 1945 г.

довыми подразделениями армии США. За свои подвиги И. А. Рапопорт был удостоен двух орденов Красного Знамени, ордена Суворова, трех орденов Отечественной войны, американского ордена Почетного легиона (Legion of Merit) и многих других наград.

Вернувшись в августе 1945 г. в институт, он все усилия сосредоточил на экспериментальном изучении мутагенов, обнаруженных им до войны. В 1946 г. вышло первое сообщение на эту тему в «Докладах АН СССР», закрепившее его приоритет в одном из крупнейших генетических открытий XX в. — химическом мутагенезе.

Но август 1948 г. круто изменил судьбу генетики и ее верных сынов. Иосиф Абрамович выступил на сессии ВАСХНИЛ в защиту генетики и дарвинизма и с беспредельным мужеством отказался отречься от своих убеждений, когда стало известно, что Лысенко поддержал Сталин. Это снискало Иосифу Абрамовичу славу героя и глубокое уважение лучшей части нашего общества. Такой поступок, немыслимый в политической атмосфере того времени, сыграл огромную роль в формировании мировоззрения у его



Специальный выпуск № 76 ежедневной красноармейской газеты «Красное знамя». Декабрь 1944 г.

более молодых современников, в том числе и у меня, и стал для многих путеводной звездой в науке и жизни в тяжелейшие годы нашей действительности. Далее о своей жизни И. А. Рапопорт рассказывает сам в публикуемой ниже статье об академике Н. Н. Семенове, написанной им в 1989 г.

В 1979 г. И. А. Рапопорт был избран членом-корреспондентом АН СССР, в 1984 г. стал лауреатом Ленинской премии за цикл исследований «Явление химического мутагенеза и его генетическое исследование», авторский обзор которого вошел в предлагаемую вниманию читателей подборку материалов. В октябре 1990 г. ему было присуждено звание Героя Социалистического Труда «за сохранение и развитие генетики и селекции и подготовку высококвалифицированных кадров». 26 ноября он получил эту высокую награду, а ровно через месяц был сбит грузовиком и, получив ужасные травмы, в последний день 1990 г. ушел из жизни. Но осталась память об этом отважном и неутомимом генетике, беспредельно много сделавшем для науки и для своей страны.

Академик Н. Н. Семенов и генетика

И. А. Рапопорт

РАЗВИТИЕ генетики, как и квантовой физики, совпало с началом текущего столетия. В генетике оно ознаменовалось независимым переоткрытием закона расщепления, установленного Г. Менделем в 1865 г. и не оцененного его современниками. (...)

В нашей стране первая кафедра генетики появилась в Петроградском университете в 1918 г. Ее возглавил замечательный генетик Ю. А. Филипченко — глава выдающейся школы, понесшей, однако, огромный урон во время Великой Отечественной войны. В Москве возникли и быстро развивались генетические школы во главе с такими блестящими учеными, как Н. К. Колцов, А. С. Серебровский, С. С. Четвериков и другие. Несмотря на большой творческий потенциал названных школ, а также киевской, харьковской, позже горьковской и некоторых других, они охватывали в целом несравненно меньше специалистов, чем в других странах, и были беднее аппаратурой. Если сейчас у нас есть ряд институтов генетики, то в те времена не было ни одного.

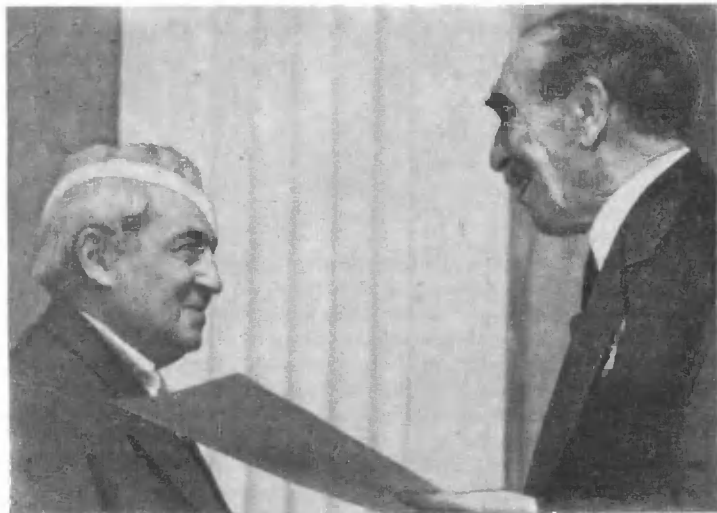
Подход генетики, сосредоточенной на открытии и анализе скачкообразных преобразований наследственности, мутационной изменчивости и собственного спектра митотических превращений, оказался новым в науках о живом. До этого основное направление биологических исследований было тесно связано с непрерывностью биологических преобразований и применением сравнительных подходов. Однако к началу 30-х годов генетика была принята всеми биологами страны, за исключением горстки сторонников ламаркизма... Но главная опасность для развития генетики возникла не отсюда, а со стороны лысенковской школы, вдохновленной и поддержанной Сталиным, но настолько антинаучной, что она оттолкнула и ламаркистов. Идейным очагом формирования лысенковского противостояния генетике была низкопробная статья Сталина, в которой он выразил горячее согласие с идеей наследования приобретенных признаков и поставил Дарвина ниже Ламарка... Как показал А. С. Серебровский, в статье Сталина

просто повторяется содержание популярных французских статей начала века, перенесенных некоторыми переводчиками в русские журналы, далекие от биологии. Имя автора позволило кое-кому смекнуть, как много можно выиграть, объявив себя сторонниками высказанных им взглядов. Произошло это в конце 20-х и начале 30-х годов.

Первый удар по генетике был нанесен так называемой дискуссией 1936 г., выросшей из этого источника, но моральная победа в ней осталась на стороне генетики, а организационная — на стороне Сталина, Лысенко и мичуринцев. В частности, большое давление было оказано на Н. И. Вавилова с целью смягчения убедительных аргументов, направленных против ламаркизма. Однако антигенетическая кампания началась раньше, с конца 20-х годов, но была тогда не столь массовой. Еще пуще она разгорелась в 1936—1939 гг., став более систематической и острой. 1939 год ознаменовался следующей дискуссией, в которой враждебный генетике фронт опирался на ряд руководящих философов (М. Б. Митина, П. Ф. Юдина и др.) и биологов (Б. А. Келлера). На этот раз перевес оказался на стороне Лысенко. Сейчас стало известно, что еще раньше Лысенко часто приглашался Сталиным на просмотр игровых и сельскохозяйственных фильмов, и они располагали временем для выработки общей точки зрения на генетику.

В 1940—1941 гг. антигенетическая деятельность, куда были вовлечены некоторые сотрудники ВАСХНИЛ, ряда НИИ сельского хозяйства, Министерства сельского хозяйства и областных его управлений, достигла самой высокой точки. Причины этого пика стали известны — именно на 1941 г. была назначена сессия ВАСХНИЛ, призванная закрыть генетику в нашей стране. Война сорвала это намерение.

К этому возвратились в 1948 г., когда ряды генетиков очень поредели вследствие гибели на войне многих специалистов — основного творческого ядра, и потерь или удаления к тому времени многих руководителей генетических лабораторий и кафедр в ходе проведенных репрессий. Ос-



С. Н. Н. Семеновым. 1982 г.
Фото И. Б. Бавыкина

новную аудиторию сессии ВАСХНИЛ составил круг лиц, которым Лысенко обещал быстро продвинуть их на руководящие должности, сделать «генералами и адмиралами» (дословно). <...>

После общих антигенетических постановлений этой сессии наступил черед частных решений, и среди них — об уничтожении лаборатории генетики в Институте экспериментальной биологии, основанном Кольцовым. К тому времени название его изменилось, но лаборатория была не просто закрыта, а «упразднена» специальным постановлением, напечатанным в газетах.

Столкнувшись с необходимостью искать работу после отказа признать «ошибочность» генетических убеждений и «принятых мер», мне пришлось остановиться на геологии. Однако в ее учреждениях не удавалось долго оставаться ввиду помех. Энергичные проверки кадрового благополучия мешали удержаться на одном месте и вынуждали сменить значительное число лабораторий и экспедиций. Для генетики в этом главном творческом возрасте моим товарищам и мне не удалось ничего сделать в течение 10—12 лет. В конце 1957 г. бывший профессор Тимирязевской академии А. Р. Жебрак посоветовал мне обратиться к академику Н. Н. Семенову. Николай Николаевич принял меня необычайно доброжелательно дома, в своем кабинете. Завязался разговор о судьбе генетики и шансах на ее восстановление, об успехах, достигнутых за это время другими странами в этой области. В конце вечера Николай Николаевич вызвал Н. М. Эмануэля и спро-

сил, примет ли он меня к себе в отдел. Эмануэль ответил утвердительно.

Однако согласие Николая Николаевича принять меня в Институт химической физики (ИХФ) старшим научным сотрудником встретило существенные препятствия в связи с моим взысканием¹. Упоминание об этом в анкете вызвало противодействие за пределами института. Николай Николаевич, рассказывая мне об этом, закончил: «Я буду преодолевать это сопротивление на еще более высоком уровне, но потребуется время», которое составило, насколько помню, восемь месяцев. В первой же беседе Николай Николаевич спросил, какой состав сотрудников желателен для развертывания исследований по генетике на новом месте работы. Я ответил: «Два рабочих места — для меня и одного лаборанта, который будет готовить питательную среду, разливать ее в пробирки и пр.» Такой ответ вызвал в дальнейшем упреки и шутки Николая Николаевича, объяснявшего: «В то время можно было еще построить для генетики особое помещение, а теперь нет». И все же длительный отрыв от экспериментальной и теоретической генетики, предшествующий опыту работы в большой лаборатории, без помощи лаборанта и неуверенность в том, как дальше пойдет исследование, лишили меня права просить о чем-то большем. Только личное содействие Семенова и замечательная атмосфера Института химической физики, поддержка Эмануэля и сотрудников его отдела помогли мне восстановить

¹ Осенью 1948 г. исключен из КПСС. (О. С.)

вкус к новым генетическим поискам в ряде направлений, а с ним и работоспособность. Заметное место в проводимых исследованиях заняли проблемы применения генетики в сельском хозяйстве. Обнадёживающие данные привели к некоторому росту нашего генетического коллектива. Николай Николаевич нередко спрашивал о проводимых работах и два раза беседовал со мной с 8 до 11 вечера, интересуясь, главным образом, генетической теорией и научным основанием внедренческих исследований.

В 1965 г. на дирекции был поставлен отчет группы химической генетики, при обсуждении которого члены дирекции остановились на уже развернутых тогда прикладных работах с участием большого числа селекционных учреждений для создания лучших сортов сельскохозяйственных культур при помощи химического мутагенеза. В то время мне казалось, что эти работы доверительней и проще вести в порядке устного уговора с партнерами, без всякого документального оформления. Это было подвергнуто осуждению, которое мне показалось основным в оценке моего отчета. Однако Николай Николаевич вдруг неожиданно предложил создать из нашей генетической группы новый отдел — химической генетики. Когда он поставил вопрос, из скольких и каких лабораторий он должен состоять, были названы три существующие лаборатории — общей теоретической генетики, химического мутагенеза растений и синтеза химических мутагенов. Позже к ним добавилась четвертая. (...)

В это время и впоследствии Николай Николаевич очень интересовался теоретическими основаниями генетической науки и размышлял на эту тему, неоднократно ставя некоторые вопросы. (...)

Особенно глубоко он переживал беды и трудности, постигшие сельское хозяйство в Подмоскowie, Поволжье, Сибири, которые посещал, руководствуясь при этом не слухами, а достоверным ознакомлением с состоянием дел. Он искал пути разработки и оказания научной помощи земледелию, одобрил начальный план внедрения мощных химических мутагенов, найденных мною в ИХФ и ранее в Институте экспериментальной биологии, в сельскохозяйственную и микробиологическую селекцию и спрашивал не раз мнение по отдельным вопросам у научных сотрудников — генетиков. Это внимание уделялось им нашей тематике в первую очередь потому, что он всячески старался мобилизовать средства,

способные помочь сельскому хозяйству, отдавая предпочтение солидно обоснованным и результативным методам. В частности, Николай Николаевич интересовался совершенно новыми селекционно выдающимися признаками, возникшими под действием химических мутагенов, и сроками создания сортов. Несколько раз он открывал конференции по химическому мутагенезу в селекции, с 1965 г. ежегодно проводившиеся в ИХФ, высказывая перед селекционерами собственное мнение об актуальных, по его мнению, сторонах генетико-селекционного процесса и его результативности.

Примерно на пятом году получения районированных сортов селекционерами с помощью химического мутагенеза Семенов спросил: «А по отношению ко всем в этом году районированным (стандартным) сортам, полученным, в основном, гибридизацией, мутантные сорта, возникшие под действием химических мутагенов, составляют ли уже 10 %?» Когда я приулыбался, что меньше, он безнадёжно махнул рукой и никогда больше этот вопрос не повторял. В действительности 10 %-ная часть районированных сортов, полученных под действием химических мутагенов, впервые была достигнута лишь в 1988 г., через 12 лет после получения этим путем первого районированного сорта.

Укор Николая Николаевича был очень чувствителен для меня и сотрудников и выражал его надежду на оказание быстрой и широкой помощи сельскому хозяйству, а это было нам с селекционерами недоступно прежде всего из-за длительности селекционного процесса. Сначала она составляла примерно 8—12 лет станционного испытания и пять лет государственных сортоиспытаний. Позднее этот срок стал короче, так как мутантные сорта сдаются на испытания после шести-семи лет станционного селекционного процесса, чему содействует достижение ранней генетической их однородности, а с другой стороны, время государственных сортоиспытаний сократилось до трех лет. Осталось ощущение, что, несмотря на последующие одобрения других немаловажных успехов химической мутагенной селекции, Николай Николаевич не освободился от испытанного разочарования. На наших усилиях болезненно отзывались потеря селекцией, использующей химический мутагенез, 16 лет — с 1948 по 1964 г. Если бы этого не было, ожидаемый Николаем Николаевичем выход мутаций был бы достигнут гораздо раньше.

К настоящему времени прошли и про-



В аспирантуре. 1936 г.

ходят государственные сортоиспытания всего 286 сортов, а районировано около 90 сортов различных культур, преимущественно зерновых². С создателями наиболее выдающихся сортов зерновых (В. М. Шевцовым) и высокоолеинового подсолнечника (К. И. Солдатовым) Семенов беседовал лично.

Николай Николаевич поддержал наши стремления развернуть самостоятельную селекционную работу, в частности, для первоначальной отработки новых мутагенных подходов и направлений, и содействовал хлопотам по обузаведению необходимой для этого производственной базой в Немчиновке. Последнее очень помогло разработке метода фенотипической активации урожайности, так как на этой базе были проведены многие предварительные полевые разработки. Однако на пути внедрения встретились уже после кончины Семенова серьезные трудности, прежде легко им преодолеваемые. Он этого добивался со страстью, характерной для его отношения ко всем видам научной помощи народному хозяйству,

и благодаря высокому авторитету и доверию, которыми пользовался на различных государственных и политических уровнях. <...>

При Н. С. Хрущеве, как известно, Лысенко сначала впал в немилость, а затем восстановил свой авторитет; после этого начатые кое-где генетические исследования не могли уже воспрепятствовать господству ламаркистов, хотя не были закрыты. И вдруг на следующее утро после снятия Хрущева мне позвонили из Сельхозотдела ЦК и предложили написать статью о генетике и ее применениях в селекции сельскохозяйственных культур для газеты «Сельская жизнь». Я согласился, и вскоре для записи диктуемого текста приехала стенографистка. Николай Николаевич прочитал как первый, так и второй вариант статьи и внес свои поправки. Он предоставил для работы свой кабинет в Президиуме АН СССР... Однако рукопись статьи была затем разослана на рецензию, в том числе колеблющимся. После довольно долгого моего спора с ними ни одна из предлагаемых ими поправок не прошла. Через неделю после заказа статья была напечатана в «Сельской жизни» (22 октября 1964 г.). Объем статьи превышал газетную полосу.

Статья оказалась в какой-то степени отдаленным предвестником легализации генетики. После снятия Хрущева лысенковцы потеряли перевес, но и генетики его не достигли. Установилось нестойкое равновесие, поскольку в официальных кругах утверждали: «Почему генетикам надо доверять и помогать больше чем ламаркистам? Обе теории должны пользоваться равной поддержкой и развиваться параллельно. Кто прав, покажет время!» Такое решение вытекало из сохранения тогда на разных уровнях аппарата многих активных лысенковцев, занявших это положение с 1948 г.

Могу ошибиться, но примерно в 1962 или 1963 г. я был выдвинут Нобелевским комитетом кандидатом на одноименную премию. После этого меня вызвал заведующий Отделом науки ЦК КПСС, настаивавший на подаче мною заявления о снятии взыскания, наложенного после сессии ВАСХНИЛ. Только при этом условии его ведомство могло поддержать мнение Нобелевского комитета. По телефонным звонкам, раздававшимся во время этого разговора (с участием двух его заместителей), мне показалось, что он велся не без указания Хрущева. Несмотря на то, что настояния продолжались в течение полутора часов, я отказался менять что-либо в анкете. В положенное время соответствующая инстанция сообщила затем авторам письма, что считает представ-

² К 1991 г. районировано 116 сортов. (О. С.)

ление к Нобелевской премии преждевременным. Мне памятно и дорого, что Николай Николаевич вел со мной большой разговор, в частности и об этом, без тени досады на мое поведение.

Испытанное мною за годы работы в Институте химфизики основное ощущение связано с беспримерным размахом его научного творчества, легко оказываемой очень многим научной поддержкой и помощью в подавляющем большинстве случаев. Авторитет Николая Николаевича был безграничен...

Мне посчастливилось в том, что до 1948 г. я прошел аспирантуру и с перерывом на войну семь лет работал в Кольцовском институте, традиции которого в значительной мере сохранились и после 1940 г., когда Кольцов был отстранен от руководства. В деятельности этого института на первом месте также стояли новые научные изыскания и в разное время выросли многочисленные выдающиеся ученики Кольцова, взявшие на себя руководство многими кафедрами биофака МГУ. В институте господствовала атмосфера доброжелательности, соединенная с научной дисциплиной. В нем работали всего 60 ученых с небольшим, достойным всяческих похвал вспомогательным персоналом. Все это безвозвратно исчезло после 1948 г.

Мне посчастливилось найти во втором приютившем меня научном учреждении —

ИХФ — немалое родство по духу с исчезнувшим безвозвратно Кольцовским институтом. Огромный и необыкновенно интеллектуальный его коллектив был достоин своего творца — академика Н. Н. Семенова. <...>

Естественный запрет, наложенный ранее в ИХФ, как и в других химических институтах, на включение в его состав научных подразделений нехимического профиля, был снят в отношении генетики, мне кажется, потому, что последняя долго находилась в положении преследуемой. В такой обстановке не было надежды на быстрое восстановление ее деятельности, и научные исследования ряда разрозненных небольших групп генетиков могли спасти положение. Когда первые генетики были приняты в состав института, у них не было шансов найти работу в каком-либо другом месте. Скорее всего, это было одним из побудительных мотивов в допущенном Николаем Николаевичем исключении. В то же время в его и без того необычайно широких научных интересах нашлось некоторое место для генетических закономерностей. <...>

С преклонением и благодарностью вспоминая обо всем сделанном для них Николаем Николаевичем, генетики ИХФ всегда будут стараться, чтобы их работы ни в чем не уступали экспериментальным и теоретическим достижениям его института в других направлениях.

Явление химического мутагенеза и его генетическое изучение

(авторский обзор)¹

И. А. Рапопорт

В ИССЛЕДОВАНИЯХ, проведенных автором в 1940—1982 гг. (исключая 1941—1945 гг. и 1948—1958 гг.), на всех уровнях организации генома (на бактериях, животных и растениях) показана возможность эффективного экспериментального вмешательства в наследственную изменчивость с помощью генетически активных соединений — химических мутагенов. Изучено свыше 300 различных химиче-

ских мутагенов. Открыты супермутагены, повышающие частоту мутаций в тысячи и десятки тысяч раз. Открытие химического мутагенеза позволило установить ряд неизвестных ранее закономерностей наследственной изменчивости и генетического строения.

В изучении химического мутагенеза использована противоположность механизмов модификаций и мутаций. Исследован модификационный эффект органических и неорганических соединений. Полученные результаты позволили исключить из мутационных поисков неорганические вещества и ор-

¹ Обзор сделан по опубликованным в периодической печати работам. Полная библиография трудов И. А. Рапопорта выйдет в 1992 г. в серии «Библиография выдающихся ученых» издательства «Наука».

ганические соединения с дипольным моментом выше 4.

Мутационные исследования велись среди органических веществ, с начальной ориентацией на реакционно активные, вызывающие превращение антигенов в анатоксины, метилирующие ферментативные белки, взаимодействующие с азотистыми основаниями, антисептики и т. п. (с дипольным моментом 1,3—3,5).

Основным объектом опытов была дрозофила (*Drosophila melanogaster*), представитель нуклеопротеинового генетического строения. <...>

Выявлено большое число супермутагенов с действием на два—пять порядков выше уровня спонтанных мутаций или с уникальными качествами. К ним относятся N-нитрозометилуретан, N-нитрозометилмочевина, многие их гомологи и замещенные; этиленмин; диметилсульфат, диэтилсульфат; diazometan и его производные; diazoetan; дихлорэтилфосфористая кислота; 1,4-бис-(диазоацетил)бутан; 1,6-бис(диазоацетил)-гексан; N-нитрозометоксиметиламин; пиперидинокарбинол; пара-нитроацетофенилентрифенилфосфин; окись этилена, окись пропилена; 1,2-дихлорэтан, кетен; зарин, зоман, табун; двойные соли диазосоединений.

К числу сильных и умеренных мутагенов относятся формальдегид, непредельные альдегиды, дикетон; diazoethylphosphat; эфиры карбаминной кислоты; глицидный эфир, эпихлоргидрин, этиленгликоль, пропиленгликоль; диэтилфторборат; цитронеллаль; бульбокапин.

Открыта мутагенная активность лекарственных препаратов, в частности уротропина (гексаметилентетрамина), амфторопина, гелмитаина.

Максимумы мутагенной активности обнаружили N-нитрозометил- и N-нитрозоэтилмочевина, для которых характерна высокая жизнеспособность обработанного ими материала. <...>

Для нитрозометоксиметиламина, не образующего diazometan в щелочных условиях, доказано прямое (без медиатора) мутагенное действие нитрозосодержащих соединений.

Правило прямого действия мутагенов применимо в широком масштабе, но есть и отдельные исключения из него, например действие формальдегида. Господствующая закономерность прямого действия мутагенов поддерживается их активным беспороговым взаимодействием. Мутации возникают, начиная с самых низких доз.

Установлена важная закономерность

отторжения нуклеотидов, которые после реакции с мутагеном переходят в замещенную форму. Налицо несовместимость замещенных нуклеотидов с нормальными. Она проверена на всех найденных мутагенах. Тем не менее химические мутагены, тесно взаимодействуя с внутригенными единицами, никогда не становятся частью генов. Это относится и к радикалам, непосредственно вызвавшим структурные отклонения. Удаление видоизмененных нуклеотидов происходит, несмотря на парноэлектронные связи между измененным и соседними нормальными нуклеотидами. После отторжения, как правило, восстанавливается цельность генетической структуры, но иногда образуются свободные вакансии, занимаемые химическими нуклеотидами, переходящими при этом в генетическое состояние.

Нитрозоалкилмочевины, диалкилсульфаты, пара-нитроацетофенилентрифенилфосфин, 1,2-дихлорэтан были более активны в газовой фазе, чем в водном растворе.

При исследовании мутагенного действия diazometan впервые описан механизм алкилирования при действии химических мутагенов (к настоящему времени эта закономерность, прошедшая много экспериментальных испытаний, общепризнана). Алкилирование — наиболее эффективная реакция химических мутагенов, но она протекает не в отдельности, а на фоне других предпосылок мутагенной активности. <...> Помимо алкилирования, в химическом мутагенезе действуют реакции ацетилирования, конденсации, фосфорилирования и др.

На примере формальдегида показана общая избирательность, неизвестная для радиационных мутагенов. К действию формальдегида чувствительны личинки и совершенно нечувствительны взрослые самцы дрозофилы. Не менее глубокая избирательность характерна для 1,2-дихлорэтана и diazoethylphosphat. Они действуют на зрелые половые клетки сильнее, чем на гаметы, хотя у подавляющего большинства мутагенов распространено обратное неравенство. Дихлорэтан гораздо чаще вызывает мутации у самок, чем у самцов.

Установлено различие в эффективности мутационного воздействия формальдегида в водном растворе и формальдегида, образуемого из пиперидинкарбинола. В газовой фазе формальдегид отличается слабой мутагенной активностью, а пиперидинкарбинол в таких же условиях очень эффективен.

Обнаружена избирательность мутагенной активности пяти двойных солей диа-

зосоединений, действующих на РНК гены и не влияющих, или почти не влияющих, на нуклеопротеиновые гены.

Мутагенная деятельность зарина, зомана и табуна — боевых отравляющих веществ — показывает, что их применение угрожает потомству всех соприкоснувшихся с ними.

При сравнении частоты фрагментации хромосом у дрозофилы и у ряда растений установлен перевес чувствительности к действию мутагенов у растений. Это показывает радикальные расхождения во влиянии мутагенов в пределах нуклеопротеинового строения и дает пример генетической дивергенции в последнем.

Были изучены химические производные почти всех названных мутагенов, но более сильные мутагенные формы удается получить крайне редко, а когда они возникают, то обычно отличаются высокой токсичностью или дополнительной индукцией хромосомных нарушений. Химические преобразования мутагена, как правило, сопровождаются падением активности; например, алкилэтиленимины по мутагенной активности слабее незамещенного этиленimina. Подавляющее большинство нитрозосодержащих мутагенов распадается в щелочных условиях с образованием другого мутагена — diazometana или иных diazoalkanov. Эти родственные мутагенные формы не сопоставимы по количественным показателям. Своеобразие мутагенных производных состоит в том, что при совмещении в одном веществе двух независимых соединений его, мутагенная активность не превышает активности более сильного из них.

Изучение мутагенной активности в гомологических рядах мутагенов обнаружило интересные закономерности. Часть мутагенов представлена лишь первыми номерами соответствующего гомологического ряда. У самых сильных мутагенов (нитрозоалкилмочевины), как правило, активность сохраняется даже у очень высоких номеров, но с ростом алкильного радикала она снижается. Однако есть супермутагены, деятельность которых в гомологическом ряду ограничена двумя первыми номерами — таковы диалкилсульфаты. Между тем у родственных им алкилалкансульфонатов активны даже самые высокие номера гомологического ряда. Различие обусловлено, по-видимому, тем, что алкилалкансульфонаты — моноалкильные соединения, и поэтому их активность в гомологическом ряду не блокируется так рано, как это наблюдается у родственных им диалкильных соединений, у которых участвует лишь одна из двух ал-

кильных групп. При наличии в мутагене нескольких полярных радикалов максимум мутагенного эффекта может совпасть не с первым, а со вторым номером гомологического ряда. Так ведет себя гомологический ряд эфиров карбаминовой кислоты. В некоторых гомологических рядах мутагенов активность пяти-семи номеров незначительно отклоняется от монотонного падения или даже восстанавливается, вероятно, в связи с переменной конфигурацией. Радикальное отличие от гомологических закономерностей наблюдается для бифункциональных бис-диазаоацетилалканов. В их гомологическом ряду мутагенная активность растет постепенно от первого до четвертого номеров, что обусловлено, вероятно, независимым вкладом каждой из диазоалкановых групп с ростом номеров гомологического ряда.

Падение мутагенной активности по мере увеличения алкильных радикалов вызвано растущими стерическими помехами. В отличие от замещений, в которых участвуют преимущественно полярные радикалы, изменение мутагенной активности в гомологических рядах несравненно равномернее, что объясняется неполярностью алкильных групп.

Установлена общая закономерность мутационных процессов — химические мутагены действуют на нуклеопротеиновые, ДНК-, РНК-гены, что доказывает единство строения генетического аппарата. Среди всех мутагенов лишь 1,4-бис(диазаоацетил)бутан не реагирует с частью РНК-геномов актиномицетов. Но это не противоречит единству генетических форм.

Совокупность полученных данных показывает несостоятельность концепции рентгено- и радиомиметизма, распространенной, главным образом, в радиационной медицине на действие химических мутагенов. Оригинальность влияния химических мутагенов очевидна из огромных количественных различий (два-три порядка) выхода мутаций по сравнению с действием физических мутагенов. Химические мутагены открыли не только совершенно новые мутационные механизмы, но и образцы неизвестной ранее кинетики. Достаточно сказать, что для бис-диазоалканов и близких им соединений характерно линейное нарастание кривой действия по сравнению с радиационными мутагенами, у которых сравнительно короткий линейный отрезок постепенно переходит в плато, а потом спадает. В спектрах химических мутагенов поражает специфичность, отсутствующая в спектрах радиационных мутагенов. Химические мутагены создают

неизвестные ранее признаки, что также не присуще радиационным мутагенам. При влиянии химических мутагенов обнаруживаются совсем другие уровни изменений, и число ступеней мутагенного преобразования несравненно больше. Длительность мутагенного перехода в этом случае в тысячи раз выше, чем при радиационном мутагенезе.

Исследование действия различных химических мутагенов привело к открытию неизвестных ранее явлений. Так, у некоторых химических мутагенов обнаружены модификационные эффекты. Например, бульбокапнин вызывает у дрозофилы переход от осевой симметрии к асимметрии. Как оказалось, морфологическая асимметрия обусловлена оптической асимметрией этого алкалоида. Сходную асимметрию вызывает еще несколько алкалоидов, а также пара-фенилендиамид, пара-аминофенол, хинон и гидрохинон, участвующие в образовании оптически активных глюкозидов. Но огромное большинство оптически активных соединений не приводят к таким последствиям.

Была разработана оправдавшая себя теория стимуляционного действия химических мутагенов. Открыто явление реактивации ферментов, предварительно денатурированных высокими дозами γ -излучения. Установлена способность N-нитрозоалкилмочевин экранировать гены от действия ультрафиолетовой радиации. Выявлено отклонение от закона расщепления Менделя при обработке растений супермутагенами. Гомозиготные мутанты проявлялись с частотой 3—10 % во втором поколении без расщепления. Анализ показал, что причина отклонения — одновременная индукция мутаций и межхроматидного перекреста.

В одной из работ отмечена перспективность этиленимина как потенциального онколитика. Многочисленные синтезы завершились успехом. Целесообразность анализа замещенных мутагенов на противоопухолевую активность подчеркнута в ряде других работ.

Исследованы связи между токсикологией и генетикой. Токсико-генетика пред-

полагает прямое использование генетических методов в решении чисто токсикологических проблем.

Химические мутагены нашли широкое применение в разных областях. (...)

В селекции продуцентов промышленного микробиологического синтеза получены авторские свидетельства, значительная часть которых относится к ранее использованным или ныне применяемым в промышленности штаммам, что дает ежегодный крупный экономический эффект.

С помощью химических мутагенов различных сельскохозяйственных культур выведены 45 районированных сортов², а еще около 100 проходят государственные испытания. Не менее 30 % районированных сортов отмечены новыми ценными селекционными признаками.

В индуцированных мутациях, усиливающих общий и полезный выход естественного отбора, объектами опытов служат и промышленные очистные сооружения. Эффективность очистки в них выше в два-четыре раза, а в аэротенках после четырех-шести повторных обработок — в 30—50 раз.

В экспериментальных исследованиях на растениях (особенно в лесоводстве) и животных используются генетически активные вещества, вызывающие заметный, а порой крупный подъем продуктивности. Резко повышена укореняемость деревьев.

Несколько мутагенов послужили источником создания эффективных онколитиков. На их основе в нашей стране и за рубежом получено 10—15 клинических лечебных препаратов; в исследованиях с соавторами открыто противоопухолевое действие нитрозометилмочевины.

В целях защиты окружающей среды проводится проверка на мутагенную активность многих лекарственных и промышленных препаратов и консервантов.

Вступительная статья и подготовка к публикации О. Г. Строевой

Космические исследования

Смена экипажа на «Мире»

В октябре 1991 г. произошла частичная смена экипажа: А. А. Волков, стартовавший вместе с Т. О. Аубакировым и Ф. Фибом, заменил А. П. Арцебарского. Бортинженер девятой длительно экспедиции С. К. Крикалев остался на станции «Мир» в составе десятой экспедиции.

Программа девятой экспедиции включала исследования по геофизике, астрофизике, космическому материаловедению, биологии и биотехнологии. Для контроля состояния сельскохозяйственных угодий, водных бассейнов и атмосферы и получения сведений о сезонном развитии растительности космонавты регулярно вели фотографирование и спектрометрирование территории. На технологических установках орбитального комплекса в условиях невесомости была выращена партия высокочистых монокристаллов полупроводников.

Космонавты провели шесть выходов в открытый космос общей продолжительностью 32 ч 17 мин. На модуле «Квант-2» они установили научное оборудование для проведения исследований совместно со специалистами США, выполнили уникальные монтажные операции, собрав в открытом космосе 14-метровую конструкцию из отдельных форм.

По программе десятой экспедиции Волков и Крикалев в октябре 1991 г. выполнили несколько серий съемок земной поверхности с помощью фотокамер «Природа-5» и КАП-350, обладающих высокой разрешающей способностью, провели астрофизические и геофизические исследования, а также несколько серий экспериментов по оценке динамики уровня ионизирующего космического излучения в околоземном пространстве и изучению физических процессов в ионосфере и магнитосфере Земли.

15 октября они перестыковали «Союз ТМ-13» с переходного отсека станции на стыковочный узел астрофизического модуля «Квант» (чтобы освободить стыковочный узел переходного отсека для приема очередного «грузовика»), а в конце октября приступили к разгрузке автоматического корабля «Прогресс М-10», доставившего на орбитальный комплекс оборудование, аппаратуру и топливо для объединенной двигательной установки.

С. А. Никитин
Москва

Космические исследования

Экспедиция на «Мире»: ноябрь — декабрь 1991 г.

В этот период космонавты А. А. Волков и С. К. Крикалев продолжили исследовательскую работу на орбите. Программа работ включала геофизические и астрофизические исследования, эксперименты по космическому материаловедению и медицине.

С помощью фотоаппарата комплекса «Природа-5» и топографического аппарата КАП-350 выполнены съемки обширных районов суши и акватории Мирового океана. При исследовании природных ресурсов Земли и изучении окружающей среды использовалась также видеоспектральная аппаратура, установленная на телеуправляемой платформе модуля «Квант-2».

На технологической установке «Галлар» в условиях невесомости проведено выращивание монокристалла арсенида галлия с улучшенными структурными и электрофизическими параметрами для нужд отечественной микроэлектроники.

Цель медицинских экспериментов — получение дополнительной информации о состоянии организма человека при

различной длительности пребывания в условиях космического полета.

С помощью австрийской аппаратуры исследуются психофизиологические реакции и работоспособность космонавтов, оцениваются влияние невесомости на механизмы управления движением и взаимодействием органов зрения с вестибулярным аппаратом. Данные о многочисленных физиологических параметрах поступали в центральный компьютер.

Было также проведено дооснащение пилотируемого комплекса оборудованием, доставленным грузовым кораблем «Прогресс М-10».

Космические исследования

44-й полет по программе «Спейс Шаттл»

24 ноября 1991 г. с космодрома на м. Канаверал (штат Флорида, США) осуществлен очередной запуск. Орбитальной ступенью служил космический корабль «Атлантис» с экипажем из шести астронавтов: Ф. Грегори (командир), Т. Хенрикс (пилот), С. Масгрейв, Дж. Восс, М. Ранко (специалисты по операциям на орбите), Т. Хеннен (специалист по полезной нагрузке).

Программа полета была рассчитана на 10 дней и предусматривала выведение на орбиту разведывательного спутника «DSP» (массой 2355 кг и стоимостью около 300 млн. долл.) и проведение военных и медицинских экспериментов по заказу министерства обороны США.

Спутник был выведен на орбиту через 6 ч после выхода «Атлантиса» в космос. Он предназначен для регистрации запусков баллистических ракет и ядерных взрывов; его ИК-тепловизионные датчики способны улавливать тепловое излучение двигателей обычного самолета. С помощью спутников этого ти-

на США обнаружили, в частности, все 88 ракет «Скад», запущенных Ираком в сторону Израиля и Саудовской Аравии в ходе войны в Персидском заливе. На «DSP» установлен 3,66-метровый, содержащий 6 тыс. ИК-датчиков телескоп; расчетный период активного функционирования спутника 7—9 лет.

Среди медицинских и военных экспериментов двум придается особое значение. Для проведения одного из них (кодовое название «Терра скаут») в состав экипажа включен Т. Хеннен, не являющийся членом отряда астронавтов, но считающийся одним из наиболее опытных военных специалистов по анализу визуальных данных. В ходе эксперимента будет фиксироваться, как человек ведет наблюдения и анализирует видеoinформацию, на основе чего в дальнейшем будет создана система датчиков, управление которой осуществлялось бы с помощью компьютера.

Второй эксперимент (M88-1) позволит специалистам министерства обороны США лучше понять, что может разглядеть из космоса человеческий глаз и как использовать находящийся на орбите астронавтов в случае какого-либо общенационального кризиса. Руководил экспериментом М. Ранко, пришедший в отряд астронавтов из транспортной полиции штата Нью-Джерси.

26 ноября в ходе эксперимента «Терра скаут» с помощью специального телескопа наблюдались объекты на территории Камбоджи, Зимбабве и одного из индийских островов, где были расквартированы части американских войск, принимавших участие в боевых действиях в Персидском заливе. Необходимо было с высоты 340 км распознать 30 наземных военных объектов, но из-за густой облачности задачу удалось выполнить лишь на 77 %.

В тот же день рано утром «Атлантик» встретился с советской станцией «Мир», и астронавты сняли его видеокамерой: примерно 4 мин станция находилась на минимальном от «Атлантики» расстоянии 45 км. Советские космонавты через Центр управления полетом по-

слали на борт «Атлантики» радиограмму.

28 ноября «Атлантик» едва не столкнулся с обломком запущенного в 1976 г. советского спутника «Космос-851». Однако командир, заблаговременно предупрежденный о возможности столкновения с космическим объектом, перевел корабль на более низкую орбиту, сведя к минимуму вероятность столкновения. «Атлантик» прошел на расстоянии 5—10 км от обломка на встречном курсе. Это уже второй подобный случай за последние 3 мес, первый произошел в сентябре 1991 г. во время полета «Дискавери».

30 ноября руководство НАСА приняло решение о досрочном прекращении полета «Атлантики» из-за неисправности одного из трех инерциальных измерительных блоков, снабжающих бортовые компьютеры навигационными данными и играющих важную роль при вхождении корабля в плотные слои атмосферы.

Посадка была проведена 1 декабря не на космодроме м. Канаверал, как планировалось, а на авиабазе Эдвардс (штат Калифорния). Длительность полета составила 7 сут 22 ч 51 мин.

С. А. Никитин
Москва

Космические исследования

Верхняя атмосфера изучается со спутника

В сентябре 1991 г. НАСА запустило новый спутник «UARS» (Upper Atmosphere Research Satellite — спутник для изучения верхней атмосферы), целиком предназначенный для сбора данных о верхних слоях атмосферы. В течение трех лет его приборы будут регистрировать процессы на этих высотах. Наклон орбиты таков, что наблюдениями будут охвачены широты вплоть до 80°.

На спутнике установлен спектрометр, предназначенный для регистрации излучения молекул в диапазоне 3,5—12,7 мкм. Он может обнаружить в атмосфере пары воды, метан, озон

и вещества, содержащие азот и хлор.

Телескоп-рефлектор, связанный со спектрометром, снабжен 20 твердотельными детекторами, измеряющими различные излучения на 20 разных высотах одновременно.

Впервые предполагается непосредственно измерять характеристики воздушных потоков в верхней атмосфере с помощью приборов, основанных на эффекте Доплера.

Часть приборов позволит измерять потоки заряженных частиц и солнечного излучения, которые служат источниками энергии для многих процессов в верхней атмосфере Земли.

Как известно, происшедшее в июне 1991 г. извержение вулкана Пинатубо на Филиппинских о-вах сопровождалось выбросом в атмосферу тысяч тонн пепла и различных газов, что сказалось на воздушной оболочке и климате в глобальных масштабах. Новый спутник поможет определить метеорологические последствия этого события, построить математические модели и прогнозировать более удаленные во времени и пространстве эффекты.

Работы по созданию «UARS» начались еще в 1976 г. после того, как обеспокоенный сообщениями об истощении озоносферы конгресс США выделил НАСА 633 млн. долл. Руководитель комплексного проекта — К. Ребер (K. Reber). В случае успеха эксперимента НАСА добьется новых миллиардных ассигнований на создание спутниковой системы «EOS» (Earth Observing System — система наблюдения за Землей из космоса) для всестороннего мониторинга различных геофизических процессов на планете.

New Scientist. 1991. V. 131. N 1786. P. 27 (Великобритания).

Астрофизика

Предыстория Местной группы галактик

Местная группа галактик состоит из нашей Галактики — Млечного Пути, галактики Андромеды, похожей на нашу (тоже гигантская космическая спираль,

но примерно в полтора раза крупнее), и двух десятков небольших галактик — в основном, спутников двух больших. Предполагается, что все галактики Местной группы имеют общее происхождение и возникли 15—20 млрд. лет назад из единого облака первичной материи, состоявшей из «обычного» (барионного) и темного вещества («скрытой массы»). В ходе гравитационной конденсации и фрагментации облако разбилось на два крупных, сравнимых по величине протогалактических сгущения, из которых затем возникли Млечный путь и Андромеда. Мелкие «осколки» положили начало малым галактикам группы.

С тех пор Млечный Путь и Андромеда «падают» навстречу друг другу со скоростью, составляющей в современную эпоху 120 км/с. Остальные крупные галактики за пределами Местной группы удаляются от нас (о чем свидетельствует красное смещение в их спектрах). Сейчас расстояние между Млечным Путем и Андромедой 0,7 Мпк, и через 3—5 млрд. лет они либо столкнутся, либо (что вероятнее) пройдут близко друг от друга, соприкоснувшись своими протяженными коронами, образованными, главным образом, темным веществом. Такова «стандартная» картина происхождения и динамики Местной группы, вошедшая в учебники.

Недавно группой астрономов Финляндии, Канады и США предложен неожиданный сценарий эволюции Местной группы¹. Согласно их гипотезе Малого взрыва (в отличие от Большого, породившего некогда Вселенную), Местная группа примерно 6 млрд. лет назад содержала еще одну крупную галактику — Маффей 1, которая сейчас находится в 2 Мпк от нашей, а также по крайней мере еще две крупные галактики, сравнимые по массе с нашей (но Андромеды еще не было).

Сильное гравитационное взаимодействие четырех галактик могло привести к драматическому результату. Наша Галактика, получив дополнительный импульс и энергию, стала стремительно удаляться, то же произошло с Маффеем 1, полетевшим в противоположную сторону. Но, проходя между двумя другими галактиками, он своим тяготением заставил их сближаться. В результате они налетели друг на друга и слились, превратившись в Андромеду, которая устремилась вдогонку за нашей Галактикой. Сейчас она догоняет ее, двигаясь быстрее, и нам это представляется как их сближение.

Детальные расчеты на ЭВМ подтвердили столь удивительный сценарий. Воспроизведены все наблюдаемые динамические характеристики Местной группы — прежде всего, величины взаимного расстояния и относительной скорости Млечного Пути и Андромеды. Кроме того оказалось, что вся Местная группа как целое должна двигаться со скоростью 70 км/с в противоположную от Маффей 1 сторону. Это подтверждается независимыми астрономическими данными, согласно которым у Местной группы действительно существует общее движение. Гипотеза Малого взрыва объясняет и другие свойства Местной группы, которые в рамках этой картины оказываются прямым следствием «бурной» молодости нашей системы галактик.

Но остается и несколько вопросов. Так, Андромеда, возникшая при слиянии двух первичных галактик, представляет собой типичную спиральную систему. Между тем моделирование на ЭВМ процесса слияния свидетельствует, что в результате образуется скорее эллиптическая галактика. Не исключено, что от решения этого вопроса и будет зависеть судьба оригинальной космогонической гипотезы Малого взрыва. Заметим, что этот динамический сценарий разыгрывается без привлечения «скрытых масс».

Астрофизика

Эволюция звездного скопления влияет на звезды

Принято считать, что структура звездных скоплений эволюционирует независимо от изменения состава звезд. Соотношение количества звезд главной последовательности, красных гигантов, белых карликов и прочих разновидностей меняется со временем по законам звездной эволюции, темп которых задают термоядерные реакции в недрах звезд, пространственное же распределение звезд в скоплении — по законам звездной динамики, для которой не существен возраст звезды и ее эволюционный статус. Однако недавнее исследование шаровых скоплений продемонстрировало случай, когда эволюция структуры скопления приводит к изменению его звездного состава.

Американский и итальянский астрономы С. Дьорговски и Дж. Пиотто (S. Djorgovski, G. Piotto) обнаружили, что у скопления с невысокой плотностью звезд в ядре не наблюдается заметного изменения звездного состава с расстоянием от центра, в скоплениях же с высокой плотностью такое изменение существует — чем ближе к центру, тем меньше красных звезд и больше голубых.

Хотя возраст всех шаровых скоплений примерно одинаков — около 13 млрд. лет, в эволюционном смысле скопления с плотным ядром старше. В процессе развития центральная часть шарового скопления сжимается, а периферия — расширяется. Наступает момент, когда ядро коллапсирует. При этом звезды сближаются настолько, что начинают влиять друг на друга: под действием приливных сил могут объединяться в тесные двойные системы, обмениваться веществом. Взаимодействие одиночных звезд с двойными приводит к взаимному ускорению их движения. В результате сжатие ядра прекращается или даже сменяется расширением, но высокая плотность звезд в его центре все равно остается, свидетель-

¹ Эти данные были сообщены в докладе М. Валтонена с соавторами «Малый взрыв: особенности Местной группы галактик и их динамическое объяснение», сделанном на ежегодном собрании Астрономического общества Финляндии 9—10 мая 1991 г.

А. Д. Чернин,
доктор физико-математических наук
Москва

ствуя о том, что скопление прошло через коллапс ядра. Огромные и рыхлые красные гиганты в ядре частично разрушаются, а многие из образовавшихся двойных звезд «омолаживаются» в результате обмена веществом, становясь более горячими и голубыми.

Именно в коллапсировавших ядрах шаровых скоплений обнаружены рентгеновские источники, быстро вращающиеся миллисекундные радиопульсары с периодически меняющейся частотой импульсов — все они входят в состав двойных звезд и указывают на их избыточное число в ядрах таких скоплений. Теперь астрономы знают, как эволюция звездных систем может отразиться на судьбе населяющих их звезд.

Abstracts of the 177-th Meeting of the American Astronomical Society. Philadelphia, 1991. P. 57 (США).

Планетология

Моделируется Солнечная система

Согласно нынешним представлениям, четыре ближайшие к Солнцу планеты (Меркурий, Венера, Земля и Марс) образовались в результате слипания воедино миллионов малых небесных тел — планетезималей, первоначально входивших в состав газопылевого диска, окружавшего молодое Солнце примерно 4,6 млрд. лет назад.

Моделирование этого процесса на ЭВМ провел Дж. Уэзерилл (G. Wetherill; Институт им. Э. Кернеги, США), применив метод Монте-Карло. В первой серии вычислений он «получил» четыре планеты, сходные с существующими. Однако происходило это только в тех случаях, когда участвовавшие в процессе планетезимали располагались в кольце шириной не более 0,5 а. е. В действительности же вещество кольца должно было рассредоточиваться в значительно более широком диске.

Затем было учтено влияние на образование системы ги-

гантского Юпитера в условиях диска планетезималей, занимающего область от 0,45 до 3,3 а. е. от Солнца.

В современных условиях тяготение Юпитера «разгоняет» во все стороны астероиды, в результате чего они уходят на определенное расстояние от Солнца — в область, где период их обращения составляет простую дробь ($1/3$, $2/5$...) от юпитерианского года, равного 11,86 земного.

Если размеры Юпитера были достаточно велики еще до того, как возникли планеты земного типа, его тяготение могло воздействовать соответствующим образом на планетезимали. По мере столкновения планетезимали разрастались и меняли свои орбиты. Математическая программа Уэзерилла «отбрасывала» любую из них, способную испытать заметное взаимодействие с Юпитером. В результате остались планетезимали, которые могли образовывать планету сравнительно небольшой массы в районе, где ныне находится Марс, а для пояса астероидов материала почти не осталось.

Моделирование воспроизводилось 27 раз, причем каждый раз — со слегка измененными начальными условиями. И во всех случаях возникало близкое подобие Солнечной системы (ее внутренней области). Район за пределами 2 а. е. от Солнца всегда оказывался «чистым», а среднее арифметическое число планет для всех моделей составило 4,2.

Обычно между 0,8 и 1,3 а. е. от Солнца располагалась одна планета, размерами напоминающая Землю. На внешнем и внутреннем краях подсистемы всегда находились меньшие планеты, аналогичные Меркурию и Марсу.

Предположение, согласно которому для «получения» Земли необходимо иметь уже сформировавшийся Юпитер, не совсем правильно. Даже когда в модели не учитывалось тяготение этой планеты, в трех четвертях случаев на расстоянии около 1 а. е. от Солнца возникало «землеподобное» тело.

По мнению Уэзерилла, сходная с Землей планета с высокой вероятностью может появиться вблизи гелиоцентриче-

ской точки Земли и тогда, когда по той или иной причине планета, подобная Юпитеру, не сформировалась. В ее же присутствии наблюдаемая подсистема из четырех планет, бедный веществом пояс астероидов, а за ним газовый гигант (структура Солнечной системы) — очевидно, довольно распространенное явление во Вселенной.

New Scientist. 1991. V. 131. N 1781. P. 20 (Великобритания).

Планетология

Марс — астероид!

Принято считать, что пояс астероидов между орбитами Марса и Юпитера сформирован обломками более крупных тел, которые постепенно измельчались, многократно сталкиваясь друг с другом. Крупнейший среди них — Церера — достигает в поперечнике 930 км.

Недавно Д. Хьюз (D. Hughes; Шеффилдский университет, Великобритания) выполнил вычисления, согласно которым в раннюю эпоху образования Солнечной системы в области, где формировались Земля и Юпитер, находилось скопление «сырого материала» в форме микроскопической пыли массой, в 2200 раз превышавшей нынешнюю массу пояса астероидов и вчетверо превосходящей земную. Эта пыль постепенно слиплась, образуя все более крупные объекты.

Хьюз рассмотрел различные «сценарии» подобного процесса аккреции вещества. Согласно простейшему из них, аккреция привела к возникновению очень крупного тела размером больше Земли, масса которого намного превышала массу всех остальных. Но тогда ни одно из остальных тел не смогло бы раздробить его при столкновении.

Более вероятно существование нескольких крупных объектов примерно равных размеров и множества более мелких. Центральная часть крупных тел была расплавленной, так что ядро состояло из жидкого железа (масса ядра зависит от общей массы тела).

Соотношение между об-

щей массой и массой ядра можно определить по составу обломков тел, входящих сейчас в пояс астероидов, а также метеоритов. Ныне железные астероиды составляют около 3,7 % массы всего пояса астероидов, а железные метеориты — аналогичную долю всех подобных тел. Согласно вычислениям, тело, железное ядро которого составляет 3,7 % общей массы, должно иметь диаметр около 8600 км.

Итак, крупнейшие из объектов первичного пояса астероидов могли иметь в поперечнике примерно 8600 км, что сопоставимо с современными размерами Марса (более 6800 км). Таких объектов было около восьми.

По мнению Хьюза, сохранился лишь Марс, который поэтому следует считать не планетой, а крупнейшим объектом пояса астероидов.

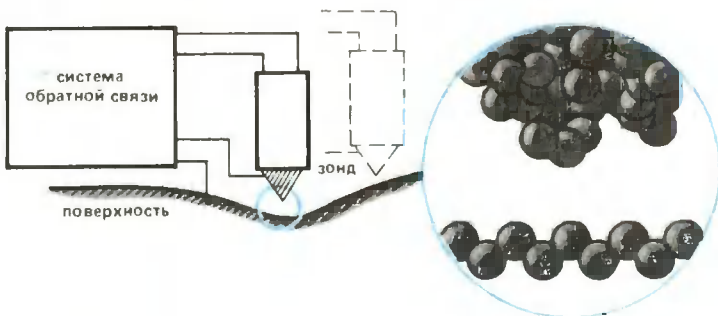
New Scientist. 1991. V. 131. N 1777. P. 24 (Великобритания).

Физика

Атомный ключ

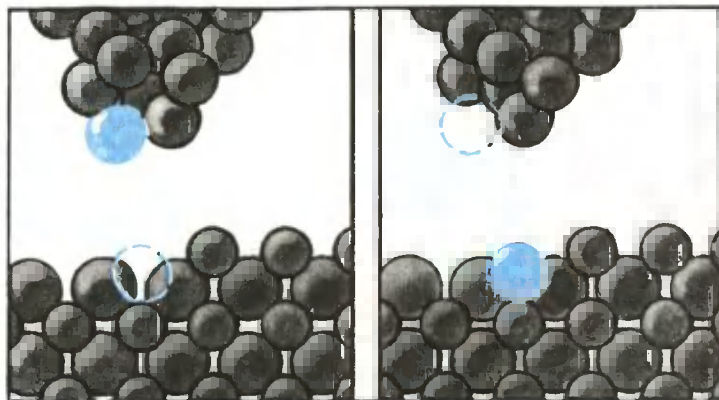
Одним из выдающихся достижений физики прошлого года стало создание атомного переключателя (или ключа) — прибора с двумя стабильными состояниями, характеризующимися различной электропроводностью, переключение которых осуществляется перемещением одного атома.

Немного истории. Атомный ключ создавался на базе сканирующего туннельного микроскопа, принцип действия которого основан на туннельном эффекте: электрон может преодолеть потенциальный барьер, даже если его энергия меньше высоты барьера. В эксперименте один из электродов представлял собой исследуемый образец, роль другого играл острокопечный зонд. С помощью пьезоэлектрических манипуляторов зонд перемещали вдоль поверхности образца и по нормали к ней. Важно, что величина туннельного тока крайне чувствительна к толщине зазора между острием зонда и исследуемой поверхностью; при его измене-



Резким сканирования. Зонд перемещается вдоль поверхности, система обратной связи поддерживает постоянную величину туннельного тока, а следовательно, и расстояние между острием зонда и поверхностью. Туннельный ток экспоненциально уменьшается с увеличением расстояния между остри-

ем и поверхностными атомами, поэтому практически ток протекает только между крайними атомами острья и поверхности. Во втором положении острие зонда удалено от поверхности на расстояние, примерно равное двум атомным диаметрам, поэтому ток через него в сотни тысяч раз меньше.



Принцип работы атомного ключа. Слева — атом ксенона (показан цветом) находится на острие, этому соответствует большая туннельная проводимость. Справа — атом ксенона на поверхности (меньшая

туннельная проводимость). Для стабильной работы ключа атом ксенона должен занимать вполне определенные места как на острие зонда, так и на поверхности.

нии на величину, равную диаметру атома, туннельный ток менялся в сотни раз. При перемещении зонда вдоль поверхности схема обратной связи реагировала на изменение туннельного тока и удерживала острие на определенной высоте над поверхностью, причем движение зонда повторяло профиль поверхности. Положение поверхностных атомов определялось исключительно точно — разрешающая способность достигала $2\text{\AA}$ в плоскости поверхности и $0,02\text{\AA}$ — по нормали к ней, при этом образец не разрушался.

Со временем сканиру-

ющий туннельный микроскоп перестал играть только пассивную роль, ограниченную изображением деталей поверхности. Появились сообщения об экспериментах, в которых с помощью зонда удавалось перемещать отдельные атомы (например, германия). Затем отдельные атомы переносились как с иглы на поверхность, так и с поверхности на иглу. Однако долго не удавалось достичь обратимого переноса атома между острием и поверхностью. Эту задачу в 1991 г. решили Ин Ван Лيو и Ф. Аворис (In Wan Lyo; P. Avouris; Уотсоновский исследователь-

ский центр, Нью-Йорк, США), обнаружив, что атом кремния можно удалить с поверхности кремния, а затем вернуть обратно, прикладывая импульсы потенциала противоположной полярности.

Дальнейшее развитие работы позволило Д. Эйглеру, К. Лутцу и У. Руджу (D. Eigler, C. Lutz, W. Rudge; Исследовательский отдел фирмы IBM, Сан-Хосе, США) создать атомный ключ. Он построен на базе поверхности (110) монокристалла никеля и зонда из поликристаллического вольфрама и действует при гелиевых температурах в условиях сверхвысокого вакуума. Переключателем служит атом ксенона, перемещение которого осуществлялось импульсом напряжения 0,8 В и длительностью 64 мс (при подаче $\pm 0,8$ В на зонд атом переходит с поверхности на острие, при $-0,8$ В — с острия на поверхность); при этом расстояние между острием и поверхностью слоем атомов при переключении не меняется и составляет ~ 5 Å. Поскольку проводимость туннельного перехода крайне чувствительна к расстоянию между острием зонда и атомами на поверхности, даже незначительное перераспределение атомов в области протекания туннельного тока приводит к заметным изменениям проводимости. Состоянию с большей проводимостью соответствует положение атома ксенона на игле, с меньшей — на поверхности. Положение ключевого атома определялось тем же зондом, но в режиме сканирования поверхности.

Итак, можно говорить об открытии бистабильного электронного переключателя атомных размеров.

Nature. 1991. V. 352. P. 600—602 (Великобритания).

Генетика

Голубые розы

Австралийская биотехнологическая компания «Калджейн пасифик» собираются с 1997 г. продавать голубые розы. В настоящее время выделен ген из

других цветов, ответственный за голубую пигментацию. Такой сорт розы невозможно получить обычным скрещиванием, так как у роз нет этого пигмента. Компания предполагает, что первоначальная ориентировочная цена будет равна 80 долл. США за цветок. Директор компании заявил, что они уже разработали метод введения в цветы новых генов при помощи вируса, вызывающего у растений заболевание корончатого галла (патологические наросты). Фирма использовала этот метод и для изменения генетической структуры других цветов. Например, недавно выращено несколько тысяч гвоздик с геном, способствующим увеличению продолжительности жизни; компания продолжает работы в этом направлении.

Nature. 1991. V. 352. N 6337. P. 653 (Великобритания).

Медицина

Бактерии и рак

Американские ученые обнаружили, что определенный вид бактерий, похоже, принимает участие в образовании рака кишечника. У пациентов с этим диагнозом проходящих лечение в двух больницах Калифорнии, отмечена инфекция микроорганизмом *Helicobacter pylori* по крайней мере в 90 % случаев, что существенно превышает нормальный уровень. Исследования не продемонстрировали, что инфекция является причиной злокачественного образования, но, вероятно, бактерии увеличивают шанс возникновения опухоли (возможно, стимулируя образование клеточных мутагенов или индуцируя клеточное деление с последующим повреждением клеток кишечника). Бактериальные инфекции, как правило, успешно лечатся, и поэтому уничтожение микроорганизма *Helicobacter pylori* может предупреждать заболевания рака кишечника.

Nature. 1991. V. 351. N 6325. P. 353 (Великобритания).

Биология

Одноклеточные скваттеры

Скваттерством в англоязычных странах называют захват пустующих квартир, домов или земельных участков. Хотя термин для нас, может быть, и непривычен, явление давно уже не ново. Есть скваттеры и в животном мире: вспомним лису, живущую в норе барсучка, или сову, высидившую потомство в гнезде ястреба. Но, оказывается, такое поведение встречается даже у простейших одноклеточных животных.

Фораминиферы — широко известные с кембрия простейшие животные из класса корненожек. Большинство из них живут в самостоятельно построенных известковых или песчаных домиках-раковинках. Мел состоит в основном из раковинок фораминифер; египетские пирамиды построены из известняка, включающего преимущественно раковины нуммулитов — крупных фораминифер. Гораздо менее известно, что среди фораминифер есть и мягкотелые виды, не строящие раковин. Они относятся к семейству Saccamminidae.

Еще с конца прошлого века считалось, что многие безраковинные фораминиферы живут в пустых домиках других фораминифер, строящих раковины. Это предположение получило подтверждение в начале 50-х годов, когда, чтобы отличать домики с живыми раковинами фораминифер от пустых, стали применять окраску бенгальским розовым. Это вещество красит живую протоплазму в яркий розовый цвет, причем протоплазма безраковинных фораминифер, живущих в пустых раковинах своих собратьев, окрашивается иначе, чем у их «законных» обитателей (и строителей). В некоторых пробах глубоководного грунта от 2 до 12 % пустых раковинок отмерших планктонных фораминифер (легко отличимых от донных) заселено донными безраковинными фораминиферами.

Как это происходит, наблюдал Л. Модлей из Нидерландского института морских исследований в Ден-Бурге на о. Тексел¹. Он культивировал в лаборатории фауну из пробы грунта, взятой с глубины 40 м в южной части Северного моря. На девятый день в поверхностном слое грунта он увидел крупную безраковинную фораминиферу, отсадил ее и проследил за ее поведением. Фораминифера была довольно большой для одноклеточного животного — длина около 0,4 мм, а псевдоподии (ложноножки) — более 5 мм. Как обычно у голых простейших, она постоянно меняла форму тела. Исследователь предложил ей пустую раковинку обычной известковой фораминиферы *Quinqueloculina*. Через 45 мин голая фораминифера стала забираться внутрь раковинки, за 20 мин полностью вползла в нее, выставила наружу псевдоподии и стала выглядеть как типичная живая квинкелокулина.

Захват чужих жилищ свойствен, однако, далеко не всем голым фораминиферам. Из той же пробы грунта, но не с поверхности, а с глубины 3—4 см, Модлей выделил другую голую фораминиферу, к телу которой прилипла песчинка — кусочек кварца. Предложенную ей раковинку квинкелокулины она отвергла, но, когда ей дали еще несколько кварцевых песчинок, стала активно собирать их ложноножками и наклепывать на тело. По мнению Модлея, фораминиферы-скваттеры не только получают более надежную защиту ценой минимальных усилий, но такое поведение обеспечивает им и достаточно большие эволюционные перспективы.

К. Н. Несис,
доктор биологических наук
Москва

Этология

Шимпанзе дает уроки

У животных нередко наблюдаются случаи, когда дете-

ныши обучаются, копируя поведение родителей, например, во время охоты. Однако активное обучение, когда учитель понимает не только то, чего ученик не знает, но и в чем поступки детеныша не соответствуют желаемому и как их легче исправить, справедливо считается весьма сложным видом поведения.

Именно такое «сознательное обучение» младших в естественной среде впервые наблюдал у шимпанзе (*Pan troglodytes*) швейцарский приматолог К. Беш (С. Boesch; Цюрихский университет), работая в Республике Кот д'Ивуар (Берег Слоновой Кости).

Предоставив обезьянам-матерям возможность колоть орехи на твердой деревянной или каменной наковальне деревянным или каменным молотком, он обнаружил, что нередко матери, жертвуя орехами, орудием труда и своим временем, «натаскивают» молодняк в этом сложном деле. Они подкладывали орехи поближе к наковальне, снабжали детеныша орудием труда.

Было отмечено два особенно очевидных случая, когда мать заметила трудности подростка и показала ему, как их преодолеть. Так, шестилетний детеныш никак не мог справиться с очень твердым орехом-панды, в скорлупе которого заключено порознь три ядрышка. Одну камеру ореха ученик вскрыл самостоятельно, а дальнейшее ему было не по силам. Увидев это, его мать отобрала орех и очень тщательно перелузила его на наковальне, после чего детеныш довел дело до конца уже сам.

В другой раз пятилетняя самочка оказалась бессильной, так как ее молоток имел неправильную форму. Она многократно меняла позу, вертела орех так и сяк, но все безрезультатно. Тогда следившая за этим мать взяла молоток и медленно поворачивала его, подыскивая наиболее подходящую для удара сторону. Все это делалось в течение целой минуты так, чтобы ученице было хорошо видно. Затем она расколола один за другим несколько орехов и вручила их содержимое дочери. После этого дочь держала моло-

ток точно так же и вскрыла несколько орехов самостоятельно.

Как полагает Беш, подобная сознательная передача навыков, выявленная среди шимпанзе Западной Африки, сформировалась именно здесь, так как раскалывание орехов-панды — особенно сложная задача для обезьян; отдельной особи необходимо примерно 10 лет, чтобы овладеть нужными навыками. И только сознательное обучение молодняка может ускорить такой процесс.

New Scientist. 1991. V. 130. N 1768.
P. 20 (США).

Охрана природы

Карта пропаганды охраны белого аиста

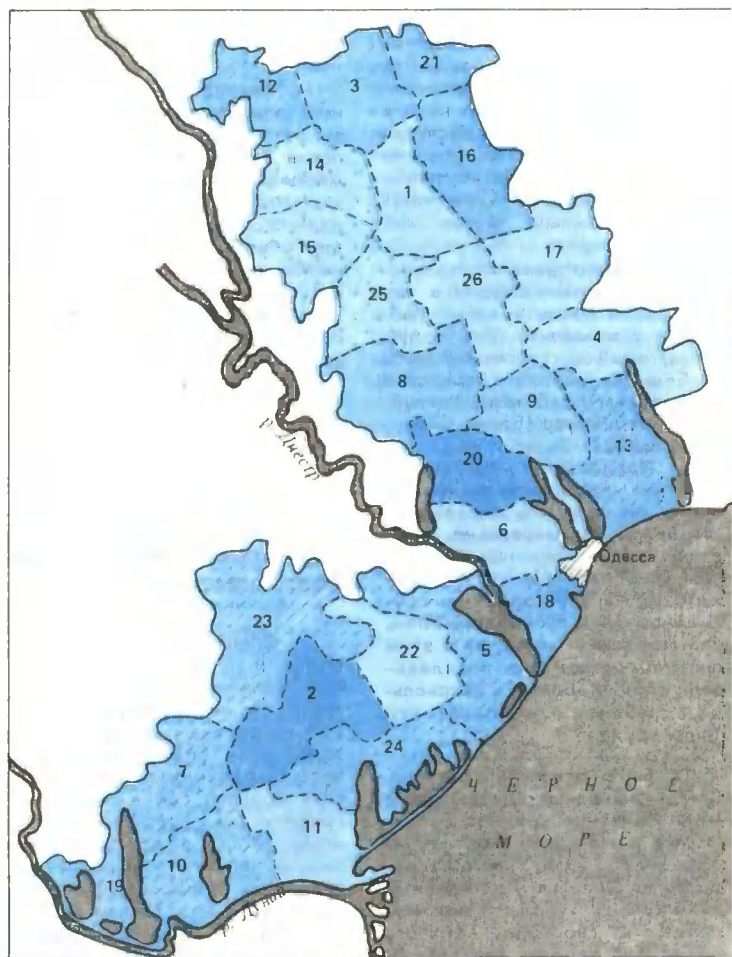
Специалисты Госкомприроды и Института зоологии АН Украины впервые в стране составили карту природоохранной пропаганды, объектом которой стал белый аист. В качестве модели была взята Одесская область, где в силу этнографических, географических, исторических и других причин сильно переплетены различные традиции, предрассудки, обычаи, связанные с белым аистом.

По 26 районам области распространяли 1000 анкет, позволивших выяснить знание местными жителями пословиц об аистах, а также умение строить для них искусственные гнездовья. Последнее особенно важно, ибо одна из причин исчезновения этой птицы на Украине — отсутствие удобных мест для гнездования.

Из анкет выяснилась интересная тенденция: чем хуже местное население знает пословицы об аистах (имеющие положительную окраску, типа «Аист в доме — счастье в доме»), тем в меньшей мере оно владеет навыками устройства для них гнездовий.

Разработанная карта позволяет не только географически, но и с учетом социального и возрастного состава населения дифференцировать пропаганду охраны белого аиста (в одних районах — в первую

¹Moodley L. // Marine Microfaunaecology. 1990. V. 16. N 1—2. P. 149—153.



Не знают, как устроить гнездо для белого аиста:



Карта пропаганды охраны белого аиста в Одесской области (цифрами обозначены районы области).

Думается, подобные карты полезны и для пропаганды охраны других животных, растений, и прежде всего — занесенных в Красные книги, а также тех видов, по отношению к которым у местного населения сложились предубеждения (например, хищные птицы, летучие мыши, рептилии, амфибии и т. п.).

В. Е. Борейко, Н. А. Габер
Киев

очередь знакомить с устройством гнездовий, а других — популяризировать экологически окрашенные пословицы и приметы). Такая карта как руководство к действию должна направляться в комитеты по охране природы, в местные отделения общества охраны природы, районные газеты, на станции юннатов, активистам Украинского орнитологического общества.

Охрана природы

Еще один гигантский аквариум

Мы уже сообщали о недавно построенном гигантском океанариуме в Осаке (Япония)¹. 1 сентября 1990 г. и в США открыт крупнейший аквариум (The aquarium of the Americas). Он расположен на р. Миссисипи у Нового Орлеана и сделан в форме тоннеля, освещение в котором создает иллюзию пребывания в тропическом лесу бассейна Амазонки.

Посетители могут подробно рассмотреть обитателей рифов Карибского моря из различных семейств рыб — бычковых (Gobiidae), щетинкозубых (Chaetodontidae), рыбу-молот и др., а также ядовитых жаб и почти 5-метровую змею анаконду. Представлены и обитатели р. Миссисипи — американские аллигаторы и рыбы семейства зубатковых (Anarchichadidae). А песчаные акулы, рыба-пила и тарпоны (обитатели Мексиканского залива) плавают на фоне искусственного рифа, изготовленного в масштабе 1:4.

Wildlife Conservation. 1991. V. 94. N 1. P. 97 (США).

Экология

Ядовитые вещества в морской воде

Химические консерванты, используемые для предотвращения гниения деревянных гидротехнических конструкций, выделяют в морские воды ядовитые вещества, создающие значительную угрозу морской флоре и фауне.

В Плимутской морской лаборатории (Великобритания) установлено, что концентрация этих веществ в верхнем слое воды толщиной 1 мм значительно больше, чем полагали ранее. В Северном море, в

¹ Гигантский океанариум // Природа. 1991. № 2. С. 113.

125 милях от побережья, они обнаружили исключительно высокие концентрации трибутилена (компонент красок для покрытия подводных частей судовых корпусов и гидротехнических сооружений), свинца и меди, которые пагубно сказываются на развитии фитопланктона и икры рыб.

Специалисты Западного Вашингтонского университета обнаружили в том же слое высокие концентрации канцерогенов, что связано с поступлением из атмосферы продуктов сжигания нефти и газа.

Сотрудники лаборатории исследования эстуарных зон в Мэриленде установили, что из прессованных лесоматериалов, обработанных антисептическими консервантами и используемых для строительства пирсов, в морскую воду поступает много мышьяка и других металлов. В последние годы среди антисептических консервантов предпочтение отдается препарату ССА, представляющему собой смесь хрома, меди и мышьяка. По мнению специалистов этой лаборатории, некоторые чувствительные к загрязнению виды водорослей не могут развиваться в водах, которые омывают деревянные сооружения, обработанные ССА, а его вредное влияние на другие виды морской флоры и фауны также достаточно велико.

Wildlife Conservation. 1991. V. 94. N 3. P. 22—23 (США).

Геология

Древнейшие тектиты

Научные сотрудники Геологической службы США изучили образцы тектитов — стекловидных тел, возникших, видимо, при падении на Землю космических объектов, расплавивших земные породы. Образцы найдены среди осадочных пород на о. Гаити (Карибское море) и в вулканических породах штата Монтана (северо-запад США).

Датирование монтанских тектитов по содержанию в них двух различных изотопов аргона позволило установить, что они сформировались одновременно

с вмещающими породами на границе мелового и третичного периодов, т. е. 64,5 млн. лет назад. Возможная ошибка в измерениях составила ± 100 тыс. лет (точность необычно высокая — как правило, радиометрия позволяет определить геологический возраст с ошибкой в несколько миллионов лет).

Тектиты столь большого возраста (ведь превышающего известный к настоящему времени) до сих пор не находили.

То, что тектиты и окружающий их пепел сформировались в одно время, подтверждает гипотезу, согласно которой именно тогда произошла катастрофа (например, столкновение Земли с крупным небесным телом), вызвавшая массовое вымирание растительных и животных видов, включая динозавров.

Датирование по изотопам аргона пород, сформировавшихся в кратерах при падении небесных тел, поможет снизить неточность, возникающую, когда одновременность или разновременность событий устанавливаются, опираясь лишь на стратиграфические данные.

New Scientist. 1991. V. 130. N 1774. P. 23 (Великобритания).

Геология

135-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн»

Этот рейс был последним из четырех (125, 126, 134, 135), проведенных по Программе океанского бурения в западной части Тихого океана для изучения эволюции систем островных дуг и задуговых бассейнов. В задачи 135-го рейса (январь — февраль 1991 г.), научными руководителями которого были Дж. Хоукис (J. Hawkins; Скриппсовский океанографический институт, Ла-Холья, штат Калифорния, США) и Л. Парсон (L. Parsons; Институт океанографических наук, Годальминг, графство Суррей, Великобритания), входило изучение геологической истории бассейна Лау и прилегающего к нему хр. Тонга¹. Дан-

ные бурения важны здесь для понимания геологических процессов, которые происходят при формировании новой океанской коры на границах взаимодействия литосферных плит, и для выявления связей между задуговым спредингом, субдукцией и вулканизмом островных дуг.

Бассейн Лау представляет собой область литосферного растяжения между активной ныне вулканической дугой Тофуа и отмершей дугой подводного хр. Лау. Происхождение его связывают с задуговым спредингом в результате субдукции Тихоокеанской плиты под Австрало-Индийскую. Предполагалось, что бассейн возник 2,5—3 млн. лет назад, хотя точное время начала спрединга, а также вулканизма в пределах дуги Тофуа оставалось неизвестным. Бурение в 135-м рейсе позволило ответить на эти и другие вопросы, касающиеся происхождения и геодинамической эволюции бассейна Лау и сопряженного с ним хр. Тонга.

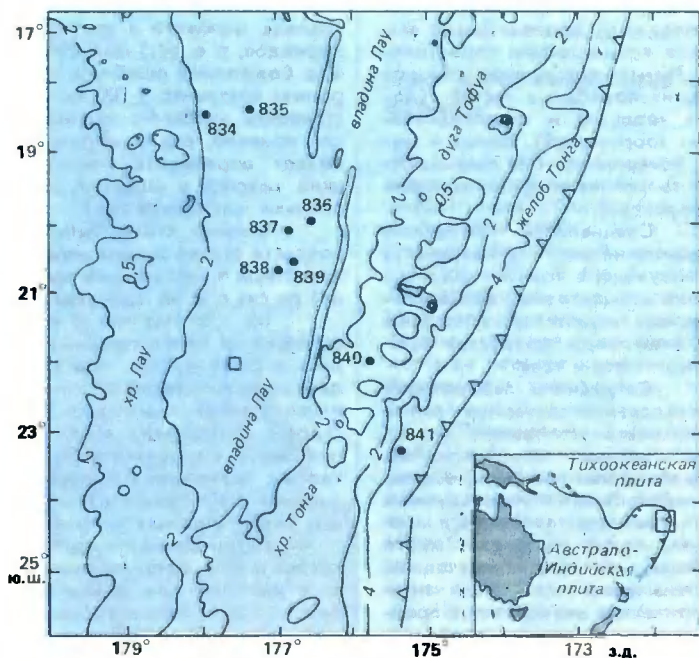
В рейсе всего пробурено 18 скважин в восьми точках (834—841). Установлено, что возраст бассейна Лау значительно древнее, чем считалось ранее. Начало разрушения коры и, соответственно, заложения бассейна относится, по данным скв. 834, к позднему миоцену (5—6 млн. лет назад). Настоящий спрединг дна здесь начался гораздо позднее — около 1—2 млн. лет назад. До этого растяжение в задуговом бассейне носило характер хрупкого разрушения коры (без образования срединного хребта), сопровождавшегося локальным вулканизмом — только вдоль разломов меридионального простирания. Изверженные породы фундамента бассейна Лау представлены базальтами, андезито-базальтами и андезитами, сходными как с породами островных дуг, так и с породами срединно-океанических хребтов, что указывает на неоднородность мантийного источника.

Важные результаты были получены и при бурении на западном склоне желоба Тонга (скв. 841), где вскрыт вулканический комплекс позднечетвертичного или более древнего возраста. Эти образования находятся под слоем верхнеэоцено-

¹ Ocean Drilling Program. 1991. Leg 135. P. 1—4.

вых-нижнеолигоценовых карбонатных пород и мощной толщей вулканокластических осадков. Вулканический комплекс сложен туфами, брекчиями и лавами дацитового состава с высоким (76—80 %) содержанием кремнезема и низким (0,4—1,6 %) — калия. Особенности текстуры, большая мощность этих образований и характер перекрывающих их известняков с крупными фораминиферами — все это свидетельствует об их формировании в субзаральных условиях или на мелководье. Впоследствии они погрузились в результате тектонического обрушения более чем на 6 км.

С учетом общетектонической эволюции юго-западной части Тихого океана ученые, принимавшие участие в рейсе, высказали гипотезу о петрологическом и генетическом родстве этих пород с риолитовыми лавами, пробуренными скв. 207 в 21-м рейсе «Гломар Челленджера» на хр. Лорд-Хау к западу от впадины Лау, где они имеют абсолютный возраст $93,7 \pm \pm 1,2$ млн. лет и перекрыты маастрихтскими осадками. Хотя возраст дацитовой формации хр. Тонга неизвестен, не исключено, что излияние этих лав про-



● Скважины "ДЖОЙДЕС Резолюши"

□ Скважина "Гломар Челленджер"

▲ Зона субдукции

— Изобаты, км

Район бурения в 135-м рейсе «ДЖОЙДЕС Резолюши».

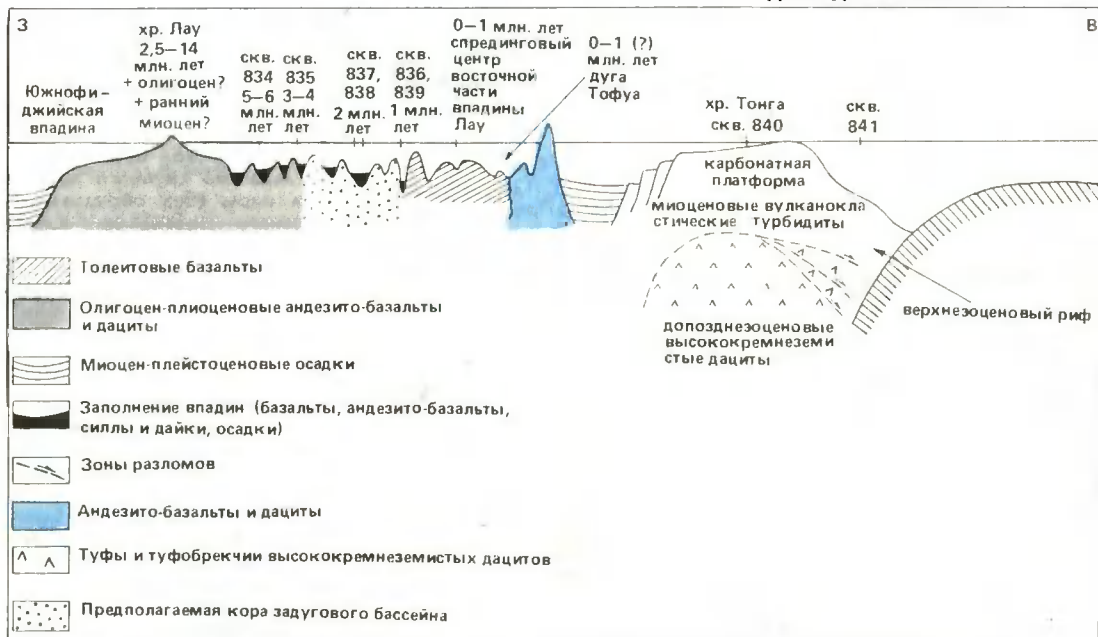


Схема геологического разреза через бассейн Лау и хр. Тонга.

исходило одновременно и из одного источника с риолитовыми породами хр. Лорд-Хау. Само присутствие здесь кислых вулканитов, формировавшихся в субаэральных условиях, позволяет предполагать наличие континентальной коры, хотя подобные породы могут формироваться и при дифференциации базальтовой лавы в островных дугах. Вопрос о происхождении пород данной формации в пределах хр. Тонга требует дальнейших исследований.

А. И. Басов,
доктор географических наук
Москва

Океанология

Цепь молодых вулканов в зоне спрединга

Свежие следы современной вулканической активности обнаружены в южной части подводного хребта Хуан-де-Фука, протянувшегося вблизи тихоокеанского побережья штатов Орегон и Вашингтон. Вулканические постройки расположены в пределах зоны растяжения двух взаимно перекрывающихся сегментов хребта и образуют цепь из восьми холмов и гряд общей длиной 16 км. Постройки диаметром до 1 км и высотой до 35 м наложены на разбитую разломами и трещинами пологонаклонную поверхность и образованы в результате излияния подушечных лав.

Существование этой цепи подводных вулканов было установлено и закартировано исследователем судном «Атлантис II» по данным батиметрической съемки многолучевым эхолотом «Сибим» в 1987 г., а также по данным подводного фотографирования в 1989 г. и батиметрической съемки «Сибим» в 1990 г. Однако еще в 1981 г. в этом районе, как показали результаты батиметрической съемки многолучевым эхолотом, проводившейся с научно-исследовательского судна «Сервейер», никаких вулканических построек не было, а на их месте закартирована пологонаклонная слабонаклонная поверхность.



Район расположения молодых вулканов в пределах хребта Хуан-де-Фука (красный прямоугольник) находится в 300 миль от побережья штата Орегон.

Сопоставив все имеющиеся данные, морские геологи Р. Эмбли, К. Фокс (R. W. Embley, C. G. Fox; Национальное управление США по изучению океана и атмосферы) и У. Чедвик (W. W. Chadwick; Университет штата Орегон) пришли к выводу, что между 1981 и 1987 гг. здесь произошло мощное извержение, оставшееся необнаруженным. Объем излившегося материала составил примерно 0,05 км³. Предполагается, что свежелавовые постройки образовались в ходе единого эпизода горизонтального растяжения коры в пределах первых метров. Излияния подпитывались современными дайковыми интрузиями и происходили вдоль системы трещин, характеризующейся гидротермальной активностью, а мегаплюмы над хребтом Хуан-де-Фука, наблюдавшиеся в 1986 и 1987 гг., во время излияний, явились результатом дегазации свежей магмы в гидротермальной системе в процессе спрединга морского дна.

Теперь этот интереснейший участок морского дна подвергнется всестороннему изучению, которое должно до конца прояснить, постоянный или прерывистый характер носит процесс спрединга, и ответить на вопрос, как велики участки, раскрывающиеся за один такой эпизод.

Nature. 1991. V. 350. N 6317. P. 416—418 (Великобритания); Geotimes. 1991. V. 36. N 1. P. 7; Science News. 1991. V. 139. N 15. P. 228 (США).

Сейсмология

Дождь сбивает сейсмологов

19 марта 1991 г. земная кора в районе г. Паркфилд близ разлома Сан-Андреас (штат Калифорния), где проводится Паркфилдский прогностический эксперимент¹, слегка содрогнулась. Немедленно была объявлена сейсмическая тревога категории «В», что означает вторую (из пяти) степень готовности к возможному сильному землетрясению. Однако сильного толчка не последовало, и трое суток спустя тревоге был дан автоматический отбой.

Группа сейсмологов во главе с И. Релофом (E. A. Relloff), руководителем Паркфилдского прогностического эксперимента, пришла к выводу, что движение земной коры на сей раз было вызвано метеорологическими причинами. Поводом для объявления тревоги послужило то, что два различных прибора зарегистрировали новое значительное ускорение обычно медленно идущего здесь крипа — оползания одной стороны разлома относительно другой. За 16 ч противоположные борта трещины сместились на 5 мм. Теперь очевидно, что во всем «виноваты» обильные дожди (8 см/м²), значительно ослабившие почву, что и могло ускорить темпы оползания. В пользу подобного предположения говорит и тот факт, что сейсмические приборы, установленные на большей глубине паркфилдского отрезка разлома Сан-Андреас, такого ускорения не зарегистрировали, а толчок следует ожидать именно с глубоких горизонтов.

Эксперимент по созданию первой постоянно действующей системы прогноза землетрясений начат американскими геофизиками в 1985 г. По его условиям, тревога категории «В» означает, что в течение трех суток вероятность сильного толчка составляет от 11 до 37 %. Те-

¹ Подробнее см.: Когда содрогнется Паркфилд? // Природа. 1991. № 9. С. 119.

перь участники эксперимента разрабатывают поправки к критериям сейсмического прогноза, дабы предотвратить подобные ложные тревоги.

Science News. 1991. V. 139. N 14. P. 222 (США).

Растет ли Сахара!

Судя по космическим снимкам с американских метеоспутников, пустыня Сахара, с севера отгороженная горными хребтами Атласа, захватывает все новые территории к югу: в 1980 г. ее площадь составляла 8 633 тыс. км², а 10 лет спустя, когда ее граница сместилась на 130 км, — уже 9 269 тыс. км². Процесс этот, однако, неравномерен. Так, после ежегодного наступления песков в 1981—1984 гг. территория Сахары в 1985 г., наоборот, сократилась на 724 тыс. км²; в 1986 и 1988 гг. граница пустыни двигалась к северу, а в 1987, 1989 и 1990 гг. — на юг. Наибольшее смещение в течение одного года отмечено в 1984—1985 гг., когда пески отступили к северу на 110 км.

Но лишь значительно более длинный ряд наблюдений позволит отделить долгосрочные процессы от наложенных на них кратковременных климатических колебаний.

Science. 1991. V. 253. P. 299 (США).

Метеорология. Гидрология

Как противостоять цикло-ну и наводнению!

Мощный циклон, пронесшийся в начале мая 1991 г. над Бенгальским заливом, унес жизни более 100 тыс. жителей Бангладеш. Аналогичное стихийное бедствие в 1970 г. повлекло гибель от 150 до 500 тыс. человек (точные данные неизвестны, так как большая часть жертв приходится на о. Уричар и другие острова в дельте Ганга и Брахмапутры, населенные в основном незарегистрированными безземельными мигрантами). В 60-х годах циклоны опустошали это побережье залива четырежды, в 80-х — трижды. Нельзя сказать, что пра-

вительство Бангладеш полностью игнорирует эту угрозу. В 1989 г. совместно с Мировым банком разработан «План действий при наводнениях», состоящий из 26 различных проектов. Однако он подвергается суровой критике, поскольку всего один проект ставит целью защиту людей, а остальные — лишь пытаются уменьшить последствия речных наводнений, причиняющих ущерб главным образом имуществу. Из ассигнованных на весь план примерно 500 млн. долл. лишь 70 млн. предполагается истратить на постройку морских дамб (большинство существующих у побережья Бенгальского залива возвышается на 5 м над ур. м., а высота волн в мае 1991 г. превышала 7 м); остальные деньги выделяются на укрепление речных берегов, чтобы уберечь города и деревни от разлива Ганга и Брахмапутры, которые в 1987 и 1988 гг. затопляли до половины территории страны. Но критики указывают, что подобные события случаются в среднем раз в 150 лет и приводят к гибели нескольких сотен людей, тогда как мощные циклоны и нагоняемые ими многометровые волны повторяются регулярно с достаточной частотой и вызывают смерть сотен тысяч.

Профессор гидрологии А. Нишат (А. Nishat; Бангладешский инженерно-технологический университет, Дакка) подчеркивает другую сторону проблемы: власти постоянно голодающей страны стремятся защитить от разлива рек опорно-показательные фермы «зеленой революции», где на полях выращивают особо продуктивные сорта риса, более чувствительные к подтоплению, чем традиционные.

Согласно иной концепции, акценты смещаются со спасения имущества на сохранение жизней; предлагается, в частности, построить сотни убежищ — искусственных возвышений, куда в случае циклона могли бы бежать жители деревень (такой план существовал и прежде, но к моменту бедствия не был реализован — власти долго вели дискуссии, строить ли возвышения или лучше снабдить каждую деревенскую семью лодкой).

«План действия при наводнениях» предусматривает капитальный ремонт дамб на протяжении 300 км и возведение новых общей длиной 190 км; поставлена цель — свести к минимуму возможный ущерб от циклонов на площади 1,4 млн. га. Основное финансовое бремя этих весьма крупномасштабных работ берут на себя органы Европейского сообщества. Строительные работы должны начаться в середине 1992 г.

New Scientist. 1991. V. 130. N 1768. P. 11 (Великобритания).

Палеогеография

Приливы, солнечная активность и климат

Для установления климатической зональности в раннем палеозое предложена новая модель, в основе которой лежит представление о периодической изменчивости активности Солнца под влиянием конвекции, вызванной переменным приливным воздействием планет¹. В модели изменения положения климатических зон рассчитываются относительно границы между умеренной и субтропической зонами, принятой за основную. Вариации ее положения связаны с глобальными изменениями температуры и влажности — попеременными потеплениями и похолоданиями, аридизацией и гумидизацией климата. Однако модель не учитывает таких факторов, как перемещения континентов, распределение и величина суши и моря, теплые и холодные течения и др.

Согласно модели, в начале раннего палеозоя (раннем кембрии) происходило чередование потеплений и похолоданий, влажных и засушливых периодов. В среднем кембрии наступает аридизация климата, а в конце этого периода возникают условия, которые могли привести к оледенению. В позднем кембрии начинается новая аридная фаза, которая продолжается в раннем ордовике. Появление

¹ Волков Ю. В., Сеславинский К. Б., Ясмаилов Н. А. // Докл. АН СССР. 1991. Т. 317. № 6. С. 1439—1442.

в конце раннего ордовика аридных зон на разных континентах, вероятно, было следствием общего потепления климата. В конце среднего ордовика влажность повышается за счет колоссального расширения зон с экваториальным климатом. В позднем ордовике вновь становится суше. В начале силура преобладал влажный, сравнительно прохладный климат, постепенно сменявшийся жарким и засушливым. В конце силура на Земле климат вновь стал более влажным и прохладным.

Для проверки модели результаты модельных расчетов палеоширотного положения границы между умеренной и субтропической зонами сопоставлялись с палеоклиматическими данными об изменении климата по литологическим признакам и фауне. Согласие модельных расчетов с геологическими и палеонтологическими данными позволяет использовать эту модель в исследовании палеоклиматической зональности в раннем палеозое наряду с другими методами реконструкции.

Однако встает вопрос о согласовании этой теоретической модели с представлениями о движении континентов.

М. В. Лучицкая
Москва

Палеонтология

Шошониус «старит» приматов

К. Берд, Л. Кришталка (K. Beard, L. Krishtalka; Институт естественной истории им. Карнеги, Питтсбург, штат Огайо, США) и Р. Стаки (R. Stucky; Денверский музей естественной истории, штат Колорадо, США) при раскопках, проводимых в каменоломнях на берегу р. Уинд в штате Вайоминг (Северо-Запад США) обнаружили остатки неизвестного ранее животного размерами с мышью, названного *Shoshonius cooperi* (по названию индейского племени шошонов, некогда населявшего этот регион). Были найдены четыре окаменелых черепа и фрагменты позвоночных костей

и конечностей. Слой вулканического пепла, в который они были заключены, позволяет утверждать, что возраст находки достигает 50 млн. лет.

Анатомический анализ остатков шошониуса позволяет отнести его к предкам долгопятов (*Tarsiidae*) — мелкого примата, встречающегося теперь лишь в лесах юго-восточной Азии. У шошониуса, как и у долгопятов, в отличие от обезьян морда была слабо вытянутой, ушная полость — крупной, а глаза огромных размеров, что свидетельствует о ночном и древесном образе жизни.

До сих пор предками обезьян считался катопитек (*Catopithecus*), обнаруженный при раскопках в Египте в 1988 г. Его возраст не превышает 40 млн. лет, и палеонтологи полагали, что эволюционное «отделение» долгопятов от линии, ведущей к обезьянам, произошло примерно в это время. Антрополог Э. Саймонс (E. Simons; Дьюкский университет, Дарем, штат Северная Каролина, США) считает, что находка шошониуса отодвигает начало этого процесса по меньшей мере на 10 млн. лет.

Nature. 1991. V. 349. N 6304. P. 64 (Великобритания).

Палеозоология

Ожившие через тысячелетия

В одном из торфяных болот американского штата Огайо обнаружено законсервированное прекрасно сохранившееся тело мастодонта массой около 4 т. Возраст находки оценивается примерно в 11 тыс. лет. Неповрежденными оказались даже внутренние органы, включая желудок со всем его содержимым.

Микробиолог Дж. Голдстейн (G. Goldstein; Университет им. Уэсли, Миддлтон, штат Огайо) выделил из пищеварительного тракта мастодонта бактерии *Enterobacter cloacae*, оказавшиеся живыми. Такие бактерии встречаются в желудках современных млекопитающих, а также в воде. Поэтому важно было продемонстрировать, что

эти энтеробактерии действительно принадлежали мастодонту, а не были занесены позднее. Их не обнаружили среди исследованных микроорганизмов торфяника, где было найдено тело животного. В пищеварительном же тракте мастодонта их концентрация достигала 10^5 г⁻¹. Таким образом, в руках ученого оказались организмы, ожившие через 11 тыс. лет.

Как же им удалось сохраниться? Голдстейн предполагает, что этому способствовали низкая температура на дне заболоченной ямы, куда упало животное и герметичность захоронения, в результате чего бактерии утратили активность, но не погибли.

Тело животного обнаружили в зимнее время, извлекли на поверхность в сильный мороз и доставили в лабораторию на специальной автомашине-холодильнике, что позволило сохранить не только мягкие ткани животного, но и содержимое его желудка.

Сейчас руководимая Голдстейном группа специалистов проводит анализ ДНК ископаемых бактерий, сопоставляя их с ныне живущими образцами.

Находка заставляет по-новому взглянуть на существующие гипотезы, связывающие вымирание мастодонтов с исчезновением в конце эпохи оледенения вечнозеленых растений в этих местах, в результате чего мастодонты остались без источников питания. Как считает палеобиолог Дж. Огден (J. G. Ogden; Университет им. Дальхаузи, Галифакс, провинция Новая Шотландия, Канада), судя по содержимому желудка, основной пищей этих древних родственников современного слона служили болотные растения.

По мнению Огдена, мастодонты и вымерли из-за того, что в конце ледникового периода и сразу после него произошло естественное осушение гигантских болотистых и сильно увлажненных пространств.

Всестороннее исследование огайской находки продолжается.

Quarterly Review, 1991. July. (США); *New Scientist*. 1991. V. 130. N 1771. P. 22 (Великобритания).

Космический телескоп им. Хаббла зафиксировал 20 звезд необычного типа — «голубых беглецов» — в центре тесного звездного скопления 47 Тукана, в 15 тыс. св. лет от нас. Это высокотемпературные звезды, выглядящие очень молодыми, хотя расположены в звездных системах с куда более старыми объектами. По мнению специалистов Института им. Хаббла (Балтимор, штат Мэриленд, США), «голубые беглецы» образуются при столкновении звезд значительно большего возраста. Каждый «голубой юнец» массивнее любой звезды, населяющей скопление.

New Scientist. 1991. V. 131. N 1784. P. 14 (Великобритания).

НАСА ведет переговоры с советскими представителями о выводе на околоземную орбиту в 1993—1994 гг. советско-американского экологического спутника. Совместная деятельность двух стран в области метеорологии уже начата: в августе 1991 г. на советском спутнике «Метеор-3» в космос выведен американский прибор «TOMS» для изучения озонового слоя земной атмосферы. Это уже третий аппарат (наряду с «Nimbus-7» «VARS»), предназначенный для подобных целей.

TACC

Американский космический аппарат «Галилей», совершающий перелет к Юпитеру, зафиксировал яркие вспышки на Венере, напоминающие разряды молний. По мнению ученых, речь может идти о молниях, вызванных грозами на поверхности планеты, или электрических разрядах в облаках пепла, выбрасываемых вулканами. Споры о возможности молний на Венере ведутся с 1979 г., когда «Венера-11 и -12» и «Пионер-Венера» передали на Землю первые сведения о подобных явлениях. Датчики «Галилея» зафиксировали в облаках Венеры девять вспышек.

TACC

Как считают участники конференции по перспективной космической технике в Кливленде (штат Огайо, США), нынешние космические корабли США не подходят для намеченных на ближайшие десятилетия полетов к Луне и Марсу. Надежды возлагаются на создание ядерных ракетных двигателей, которые должны почти в два раза сократить продолжительность полетов к другим планетам, что уменьшит время воздействия на астронавтов космической радиации, гораздо более опасной, чем излучение реактора двигателя. Создание таких силовых установок, согласно оценкам, потребует 1—2 млрд. долл. и нескольких лет кропотливого труда большого коллектива специалистов.

TACC

Национальный научный фонд США провел опрос среди американской и японской молодежи (старше 18 лет) об их отношении к теории эволюции человека. Респондентам предлагалось согласиться или возразить против утверждения: «Человек произошел от более низко организованных животных».

Приблизительно 80 % молодых японцев согласны с этим утверждением и только 10 % против (в США соответственно 45 и 40 %). По мнению Д. Миллера (D. Miller; Университет Северного Иллинойса), сделавшего доклад о результатах опроса на собрании Американской ассоциации развития науки в феврале 1991 г., такое отношение к теории эволюции человека в США сформировалось под влиянием фундаменталистских религиозных групп, не согласных с ней. В Японии такая оппозиция крайне слаба.

Bioscience. 1991. V. 41. N 6. P. 439 (США).

Американские исследователи из Тихоокеанской лаборатории (Ричмонд, штат Вашингтон) и Ок-Риджской националь-

ной лаборатории (штат Теннесси) проанализировали пробы грунта из скважины глубиной в 100 м, пробуренной вблизи АЭС в Хэнфорде, которая находится в ведении министерства энергетики США, и обнаружили в них анаэробные микроорганизмы, способные питаться вредными промышленными отходами.

В частности, выделен микроорганизм, который усваивает стронций — основной компонент вод, сбрасываемых АЭС. Он очень быстро снижает концентрацию растворенного стронция в тысячи раз и может быть использован для биологической очистки загрязненных источников водоснабжения (например, в Чернобыле). Метод доступен по стоимости и экологически приемлем.

Environment. 1991. V. 33. N 2. P. 24 (США).

Согласно предварительным итогам медико-биологических исследований, проведенных во время 41-го полета по программе «Спейс шаттл», у семи астронавтов выявлено замедленное воспроизводство эритроцитов и другие функциональные изменения. Так, пополнение эритроцитов замедлилось примерно на 10 % (правда, после возвращения на Землю быстро вернулось к норме); кроме того, разительно менялся и вес астронавтов (в одном случае он уменьшился за неделю полета почти на 3 кг). У находящихся на борту корабля 2,5 тыс. медуз в состоянии невесомости развивались гравитационные рецепторы, имеющиеся у них на Земле. А 29 крыс росли и набирали вес в космосе так же, как и земная контрольная группа, но кости у них после полета оказались менее прочными.

TACC

«Лысенкиана» А. А. Любищева

Б. М. Миркин,
доктор биологических наук
Уфа

В ТЯЖЕЛЫЕ времена народ нуждается в мудрых провидцах и рыцарях истины. Это совесть нации. К их числу за советский период государства Российского бесспорно можно отнести В. И. Вернадского, Н. И. Вавилова, А. Д. Сахарова, Д. С. Лихачева. А после прочтения этой книги — и А. А. Любищева. В гражданской позиции Любищева удивительно много общего с Сахаровым, хотя, понятно, цели и масштабы их бунтарства различны. Сахаров был академиком, удостоенным многих наград, его окружали соратники-диссиденты, он мог апеллировать к международной общественности. Любищев — провинциальный профессор (хотя в другой ситуации вполне мог стать членом Академии), по большей части одинокий пловец в море конформизма. Правозащитником Сахаровым без устали занимался КГБ, видя в нем опасную силу, способную разрушить тоталитаризм. Критиком «мичуринской биологии» Любищевым тайная полиция интересовалась заметно меньше — возможно, казалось, что этот чудакидеалист реальной опасности не представляет... А объединяло Сахарова и Любищева то, что каждый из них был преисполнен решимости бороться за истину до конца, не считаясь с возможными последствиями.

Книга включила статьи и письма Любищева 1953—1972 гг., ранее не издававшиеся. Особой разницы между статьями и письмами нет: статьи не публиковались, а размножались на машинке в нескольких экземплярах на тонкой бумаге и посылались коллегам или лицам, связанным с руководством наукой (в том числе и Н. С. Хрущеву), а письма были по своему содержанию научными трактатами. Не случайно И. И. Шмальгаузен называл Любищева «мастером эпи-



Любищев А. А. В ЗАЩИТУ НАУКИ: СТАТЬИ И ПИСЬМА. Сост. Р. Г. Баранцев, Н. А. Папчинская. Ред. и авт. коммент. М. Д. Голубовский. Л.: Наука, 1991. 295 с.

столярного жанра». Включены в сборник также некоторые отклики на письма Любищева его корреспондентов и комментарии жены Любищева О. П. Орлицкой. Эта женщина совершила подвиг, взяв на себя не только заботу о быте малоприспособленного к жизни профессора и разделив с ним последствия его неуютной жизненной позиции, но и став его единомышленником, сотрудником, секретарем. И вновь сходство с Сахаровым. Без крепкого семейного тыла подвиг этих людей был бы невозможен, попросту не хватило бы ни физических, ни душевных сил.

В сборник вошла лишь часть «лысенкианы». Любищева (так назвал этот цикл работ редактор книги М. Д. Голубовский). К примеру, из рукописи «О монополии Лысенко в биологии», объемом около 500 машинописных страниц, взяты пять глав, приведены и сопроводи-

тельные письма к Хрущеву, для которого она предназначалась (и не возымела действия, как и написанная с той же целью работа Ж. Медведева «Куль личности в биологической науке»; как и Сталин, Хрущев сделал Лысенко своим фаворитом). Тем не менее публикуемых материалов достаточно, чтобы представить гражданскую позицию Любищева и жесткий атакующий стиль его критики.

Составители расположили материалы в хронологическом порядке, что позволяет оценить эволюцию научной публицистики Любищева. От борьбы с лысенковщиной он перешел к критике самой тоталитарной идеологии и организации советской науки. Соответственно, в сборнике две части: «Критика лысенковщины» и «Научно-философская публицистика».

Позицию Любищева помогают понять две превосходные вступительные статьи: «Вехи жизни Александра Александровича Любищева» (П. Г. Светлов) и «За честь природы фехтовальщик» (М. Д. Голубовский), а также завершающие книгу комментарии и аннотированный «Краткий список имен».

Из первой статьи мы узнаем о превратностях судьбы и удачах Любищева. В 1937 г. его, крупного энтомолога, сотрудника Всесоюзного института защиты растений, обвиняют во вредительстве. Ученый доказал, что вред насекомых по сложившимся методикам завышается на порядок и что в ряде случаев насекомые могут быть даже полезным компонентом посева, а потому далеко не во всех случаях с ними следует бороться. ГУЛАГ в этом случае не состоялся только благодаря счастливому стечению обстоятельств: после ареста директора ВИЗРа Любищев по приглашению И. И. Шмальгаузена перебрался

в Киев, менее опасный для биологов, чем Москва или Ленинград, и вплоть до 1941 г. у него были идеальные условия творчества. Война заставляет Любичева эвакуироваться в Киргизию — он работает в педагогическом институте г. Пржевальска и Киргизском филиале АН СССР. Там его застает сессия ВАСХНИЛ 1948 г. Любичев активно обороняется от «мичуринцев». Как вспоминает О. П. Орлицкая, на собрании во Фрунзе, где его «прорабатывали», требуя покаяния, Любичев «открыто сказал, что он... приносит покаяний не будет, хотя это и модно».

В 1950 г. Любичев уходит от гонителей и перебирается в Ульяновск, где возглавляет кафедру в педагогическом институте, но вновь подвергается наскокам со стороны защитников «передовой биологии». В сборнике помещена его переписка с редактором газеты «Ульяновская правда», где была опубликована статья ректора пединститута В. Красоты, в которой Любичев причислялся к «оторванным от жизни ученым», не оценившим всей «созидательной силы мичуринской биологии».

После смерти Сталина, начиная с 1953 г., Любичев открывает свою «лысенкиану». В это время с Лысенко уже вели борьбу два журнала, которые возглавлял В. Н. Сукачев, — «Ботанический журнал» и «Бюллетень МОИП». Но и они были ограничены цензурой, через которую проходила лишь осторожная, достаточно мягкая критика. Это явно не подходило Любичеву. Стиль его критики язвительный и жесткий. Так, о сторонниках Мичурина он говорит: «И сейчас, конечно, должно быть и существует дружеское сосуществование с честными и самокритичными продолжателями дела истинного Мичурина, но не может быть сосуществования в науке с теми, кто использовал имя Мичурина после его смерти для захвата власти в науке, для деспотического навязывания своих бредовых идей всем инакомыслящим и главным орудием которых в борьбе за власть были политические и философские доносы» (с. 129). Напротив, с коллегами-оппонентами Любичев

щев полемизирует (о роли Ламарка, номогенезе, возможностях вейсманизма и хромосомной теории наследственности) в спокойных и уравновешенных тонах, выступая за плюрализм и творческие дискуссии.

Первую часть сборника открывает статья «Об аракчеевском режиме в биологии». Она начинается с фразы, которую можно взять эпиграфом ко всей книге: «Считаю своим долгом как ученого и гражданина высказать голос против аракчеевского режима в биологии, возглавляемого академиком Т. Д. Лысенко и его сторонниками» (с. 25). Далее Любичев говорит о «предложениях» Лысенко, которые принесли миллиардные убытки сельскому хозяйству страны (кроме общезвестной яровизации и гнездовых посадок дуба, тут прямо-таки россыпи нелепых рекомендаций — механическое раскрытие цветков семенной люцерны, применение кур в борьбе со свекловичным долгоносиком и черепашкой, хлопчатник на Украине и т. д.). Анализируются причины низкого качества новых сортов и пород, полученных «мичуринскими» методами, и сам теоретический арсенал «мичуринской биологии» (отказ от генетики, отрицание внутривидовой борьбы, новое учение о виде и эволюции).

Позицию Любичева Голубовский называет «разведкой боем». Лысенко, усеянный звездами и орденами, был еще в силе и имел прямой ход в ЦК. Еще свежи были в памяти и репрессии 1937 г., и последствия знаменитой сессии ВАСХНИЛ, и потому друзья, коллеги и родственники Любичева опасались за его судьбу. Но, как пишет О. П. Орлицкая, «Ал. Ал. был непоколебим: он продолжал делать то, что считал нужным, на него не действовали уговоры быть осторожным, дипломатом...» (с. 61).

В 1957 г. Любичев пишет статью «Смесь фальсификации, клеветы и невежества — чтение для школьников» о книге В. Елагина «Цель жизни», где в качестве «мичуринца» фигурирует крупный селекционер животных М. Ф. Иванов, который на самом деле руководствовался в своей работе посылками классическо-

го менделизма. В длившейся почти 20 лет переписке Любичева и инструктора ЦК В. П. Орлова, бесспорно порядочного и доброжелательного человека, Любичев высказывает и свое четкое отношение к претензии партии на руководство наукой: «Утверждение «Партия — это наука» напоминает старое изречение Людовика XIV «Государство — это я» (с. 139). Любопытно, что в последнем письме, написанном уже ушедшему на пенсию партийному функционеру, мы встречаем вполне современные мысли: «Что касается того, что Вы стесняетесь Вашей частной собственности — сада, то бросьте Вы эти дурацкие наши предрассудки, будто нельзя продавать даже на базаре плодов, честно выращенных на своей земле и своим трудом. Вот из-за дурацкого преследования частных мы и сидим без фруктов» (с. 148).

В целом же, как и большинство современников «оттепели», Любичев, отвергая сталинизм, с симпатией относился к ленинизму.

Второй раздел включает статьи и письма по более широкому кругу проблем. Там не менее «мичуринская биология» как наглядный пример деградации науки и культуры в условиях тоталитарной системы присутствует почти во всех публикуемых материалах. Это все та же «лысенкиана», но на более высоком уровне обобщения и критического анализа.

В статье «К столетию со дня рождения Мичурина. Открытое письмо», написанной в 1955 г., Любичев очищает имя Мичурина от коросты и пишет о двух Мичуриных — реальном и придуманном: «...это просто миф, это маска, сфабрикованная Лысенко в целях грандиозного очковитерательства и захвата власти в науке» (с. 149).

Открытым вызовом тоталитарной системе звучат его слова об общей деградации культуры и науки в СССР: «нет, оскудение нашей философии, биологии, истории, педагогики, литературы — это не болезни отрочества. Явления деградации есть следствие попыток осуществить во всей области культуры тот проект о введении единомыслия в России, который

был в свое время разработан Козьмой Прутковым» (с. 197).

Интересно письмо к М. Поповскому (по поводу его повести «Тысяча дней из жизни академика Вавилова»), а также заключающее книгу «Письмо в редакцию «Известий» (об одном делегате III съезда комсомо-

ла) — едкий памфлет на основного лидера жандармской философии М. Б. Митина. В своих оценках диалектического материализма Любичев смыкается с В. И. Вернадским, который считал его суррогатом философии.

Остается лишь поблагодарить всех, кто помог выходу

этой уникальной книги. Представителям старшего поколения она поможет критически оценить прожитое, а молодежи будет полезна как собрание документов о трудных годах советской биологии.

НОВЫЕ КНИГИ

Биология. Океанография

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ШЕЛЬФОВЫХ И ОКРАИННЫХ МОРЕЙ СОВЕТСКОГО СОЮЗА. Отв. ред. О. А. Скарлато, А. П. Алексеев. М.: Наука, 1990 (Сер. «Биологические ресурсы гидросферы и их использование»). 304 с. Ц. 4 р. 80 к.

Вышедшие 25 томов серии «Биологические ресурсы гидросферы и их использование» — это плод совместных усилий ряда научных учреждений страны. Тематика книг чрезвычайно широка; 13 из них посвящены ресурсам океанской и морской части гидросферы Земли. Один из томов целиком посвящен млекопитающим, промысел и охрана которых регламентируются рядом международных комиссий. Другой — теоретическим разработкам методов оценки численности рыб, еще один — питанию и пищевым отношениям рыб. Истории рыболовственных исследований уделено особое внимание. Развитие промысла невозможно без учета рентабельности рыбопромыслового флота. Эта тема также нашла отражение в одной из книг.

Живые ресурсы пресных вод подробно описаны в девяти томах.

В последнем, 25-м томе — «Биологические ресурсы шельфовых и окраинных морей» — речь идет о живых ресурсах дальневосточных морей СССР и морей Европейского Севера.

В целом серия подводит итог огромного труда по изучению и введению в промысел биоресурсов гидросферы. Однако предстоит еще много рабо-

ты, для которой «Ресурсы гидросферы» составят прочный фундамент. В частности, следует обратить особое внимание на межвидовые, в основном пищевые, взаимоотношения. Кроме того, под воздействием ряда факторов меняется (иногда необратимо) сама гидросфера, меняется и правовой режим эксплуатации запасов.

А. А. Нейман,
доктор биологических наук
Москва

Экология

У. Маршалл. МОЯ РАДИОАКТИВНЫЙ САД. М.: Энергоатомиздат, 1991. 32 с. Ц. 40 к.

Эта книга о радиophobia, о синдроме «только не в моей округе», который выражает отношение к АЭС и хранилищам отходов, о страхе, порождаемом некомпетентностью «мистера и мисс Общественности» в вопросах ядерной энергетики.

Радияция — обычное природное явление, в нашей жизни 73 % этой энергии мы получаем от природных радиоактивных веществ, 12 % — от медицинских процедур и 14 % — с космическими лучами. При этом вред фоновой радиации не больше, чем последствия от пяти затяжек сигаретой в неделю или «пассивного курения», когда некурящие поневоле вдыхают табачный дым от чужих сигарет.

Для сравнения роли радиации, получаемой при производстве ядерной энергии, использовано два эталона — «са-

довая единица», т. е. количество радиоактивности в метровом слое почвы обычного сада площадью 4 сотки и «подушное» количество отходов АЭС, которые соответствуют электрической энергии, потребляемой средним англичанином в течение жизни. «Садовая единица» формируется за счет 0,8 кг радиоактивного калия и 6 кг тория. С «садовой единицей» автор и сравнивает «подушное» количество различных фракций радиоактивных загрязнителей среды — низкоактивных, короткоживущих и долгоживущих среднеактивных, высокоактивных. Количество отходов составляет соответственно 16, 0,5, 4 и 0,14 л. Три первых типа загрязнения малоопасны и легко захороняются, так как в «подушном» исчислении в десятки и даже тысячи раз меньше «садовой единицы». Последняя, самая опасная, фракция содержит 98 % всей радиоактивности АЭС и в четыре раза превышает естественную радиацию даже по сравнению не с метровым, а с трехсотметровым слоем почвы и подстилающих их пород нашего сада. Однако, по мнению автора, стеклование, бетонирование и изоляция в бетонных и глубоко захороненных блоках этих отходов также делает их малоопасными для человека.

В заключение рассматриваются ограниченные возможности угольной альтернативы, как имеющей свои минусы, — «подушные» отходы в этом случае соответствуют 20 м³ золы, которая и радиоактивна, и токсична.

Ситуации с авариями на

АЭС и хранилища радиоактивных отходов, подобные Чернобыльской и Кыштымской, в книге не обсуждаются.

Экология

И. Н. Лозановская, В. И. Микхур, С. Л. Озиранский и др. ГОЛУБОЕ БОГАТСТВО. М.: Агропромиздат, 1991. 250 с. Ц. 1 р.

Слова древнегреческого философа Фалеса Милетского «Вода — это первооснова всего сущего», взятые эпиграфом к книге, как нельзя лучше раскрывают ее содержание. Колыбель жизни, важнейшая составляющая живого вещества, обязательное условие жизни любого организма, средство повышения плодородия почвы, важнейшее сырье для работы любой отрасли промышленности, могучая сила, вращающая лопасти турбин электрических станций, самые дешевые дороги — вот далеко не полный перечень того, что значит вода для биосферы и человека как ее центрального вида.

Но как и все, к чему прикоснулся «властелин природы», водные ресурсы сегодня в глубочайшем кризисе. Воспетый поэтами прекрасный Рейн, где коварная Лорелея своим пением заманивала в речные водовороты доверчивых рыбаков, сталсточной канавой, в которой нет ни рыбы, ни рыбаков. Умирают от загрязнения знаменитые курортные Цюрихское и Женевское озера. Немногим лучше обстоит дело в морях и океанах. В голубую лагуну Венеции поступают неочищенные стоки 76 заводов. Гибнет Северное море, в котором даже в 200 км от берега рыбаки ловят рыбу с полусгнившими плавниками. В течение 40 из 43 дней своего путешествия на «Кон-тики» Тур Хейердал наблюдал загрязненную поверхность океана.

В книге рассказано о возможностях выхода из кризиса при условии экономики воды в сельском хозяйстве, промышленности, в быту и при совершенствовании очистных сооружений, исключающих массивированный сброс в водоемы токсичных стоков промышленных

предприятий и животноводческих ферм. Для улучшения ситуации водопользования нужны надежные правовые и экономические механизмы.

Философия

В. С. Соловьев. ИЗБРАННОЕ. Сост. А. В. Гулыга, С. Л. Кравец. М.: Советская Россия, 1990 (Сер. «Художественная и публицистическая библиотека атеиста»). 494 с. Ц. 95 к.

Поистине мода заставляет забыть стыд не только тинзиджеров. Не устояла и добропорядочная «Советская Россия», выпустив в серии «Библиотека атеиста»... сборник сочинений выдающегося религиозного мыслителя Владимира Сергеевича Соловьева. Что подлаешь — мода! Действительно, различные тома сочинений замечательного русского философа, которые еще недавно легче было подвергнуть остракизму, чем достать и прочитать, теперь без труда (хотя и за немалую цену) можно купить чуть ли не в каждом подземном московском переходе. И это в общем-то замечательно.

К томику, изданному «Советской Россией», только одна претензия — название серии. А Соловьев здесь ни при чем. И составители — тоже. В книжечке удобного формата и очень недорогой собраны такие прекрасные и интересные широкие кругам читателей статьи и речи, как «Три силы», «Три речи в память Достоевского», «Смысл любви», «Идея сверхчеловека» и др. Если читатель впервые прикоснулся к творчеству В. С. Соловьева, то он пройдет прекрасный подготовительный курс, прочитав вступительную статью А. В. Гулыги. Необходимая дополнительная информация содержится в комментариях С. Л. Кравца. В общем издательству «Советская Россия» — спасибо.

История науки

ФИЗИКИ О СЕБЕ. Сост. Н. Я. Мошковченко, Г. А. Савина. Отв. ред. В. Я. Френкель. Л.: Наука, 1990. 484 с. Ц. 2 р.

Вниманию читателей предложены автобиографии

крупнейших физиков советского периода нашей истории. В некоторых случаях автобиографии дополнены характеристиками, письмами, фрагментами воспоминаний, выступлениями и другими документами, которые дают представление о том, как видел себя тот или иной ученый (с поправкой на характер документа) и каким он представлялся своим коллегам. В сборнике использовано огромное количество материалов Архива АН СССР, доселе известных лишь его хранителям и редким исследователям. Это тот слой первоисточников, к которым обращаются историки в поисках наибольшей достоверности.

На первый взгляд, книга не содержит заметных сенсаций, хотя, возможно, такое суждение возмутит иного специалиста. И в самом деле самооценка О. Д. Хвольсона, Л. И. Мандельштама, Н. Н. Семенова, Г. А. Гамова, В. А. Фока, А. П. Александрова, Я. Б. Зельдовича и многих, многих других чрезвычайно интересна своими нюансами.

Сборник состоит из 60 небольших разделов, в центре каждого находится фигура одного из крупных физиков, избранных академиками в период с 1917 по 1946 г. На самом деле этот формальный составительский ритуал часто и удачно нарушается. Да и весь жанр книги выплескивается за рамки «Кто есть кто», что делает ее привлекательной не только для профессионального историка, физика, но и для любого почитателя исторической литературы.

Кто изобрел луноход?

В. А. Бронштэн,
кандидат физико-математических наук
Москва

17 НОЯБРЯ 1970 г. советская автоматическая межпланетная станция (АМС) «Луна-17» доставила на поверхность Луны в район Моря Дождей самоходный аппарат «Луноход-1», управляемый с Земли по радио и оснащенный разнообразной измерительной и телевизионной аппаратурой. Благодаря последней «экипаж» аппарата, оставшийся на Земле, мог управлять движением и всеми операциями «Лунохода».

16 января 1973 г. в Море Ясности с «Луны-21» стартовал «Луноход-2» (усовершенствованный вариант «Лунохода-1»). Каждый из этих аппаратов проработал на Луне несколько месяцев и передал на Землю многочисленные результаты измерений и телеизображения лунной поверхности, внося неоценимый вклад в изучение Луны.

ПРИОРИТЕТ
Ю. С. ХЛЕБЦЕВИЧА

Проект «Лунохода» впервые опубликован, как ни странно, в «Литературной газете» 4 августа 1955 г. Автором его был кандидат технических наук Ю. С. Хлебцевич.

Вскоре в журнале «Наука и жизнь» (№ 11 за 1955 г.) появилось подробное описание проекта полета к Луне и доставки туда управляемой по радио танкетки-лаборатории. Эти и последующие статьи Хлебцевича перепечатали во многих странах. У американских специалистов и военных в связи с этим возникло беспокойство: «Почему же мы немедленно не сосредоточим свои усилия и не водрузим флаг США на Луне с помощью серии полетов ракет?!»¹

Американцы действитель-



Юрий Сергеевич Хлебцевич (1916—1966). Фото 50-х годов.

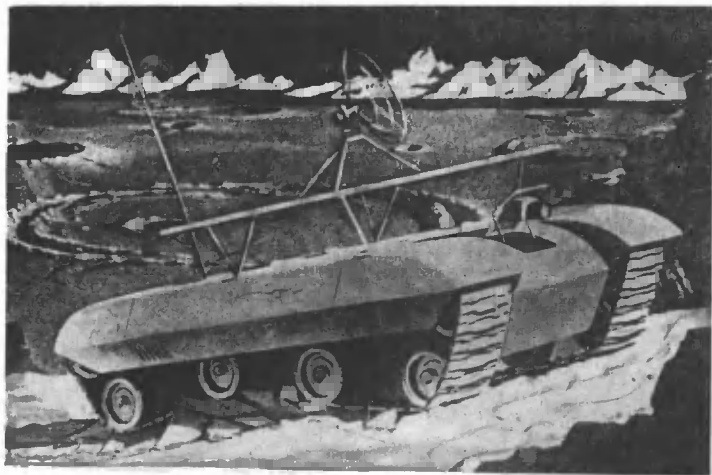
но сосредоточили усилия, и через 12 лет флаг США был водружен на Луне. Это произошло 21 июля 1969 г., за 16 месяцев до высадки нашего «Лунохода», к которой Хлебцевич формально не имел никакого отношения.

Подлинный изобретатель лунохода не получил награды. Имя его стало забываться.

Что же мы знаем о нем как о человеке и ученом?

Юрий Сергеевич Хлебцевич родился в 1916 г. в г. Черемухове, под Иркутском. Его родители преподавали в коммерческом училище Щукина: отец — литературу, мать — француз-

¹ Hass P. G. // *Mechanics illustrated*. 1957. N 2.



Автоматическая танкетка на Луне.
Фантастический рисунок 50-х годов.

ский язык. В 1921 г. семья переехала в Москву, где Юрий окончил семилетку, ФЗУ, рабфак и перед войной — Энергетический институт.

В 1941 г. Юрий Сергеевич был призван в армию, воевал под Тихвином, получил боевые награды. В 1943 г. его отозвали в Москву в связи с работой над изобретенным им взрывателем для мин. До 1953 г. он работал в засекреченном конструкторском бюро, потом в Московском авиационном институте. В 1950 г. стал кандидатом технических наук.

Освободившись от трудностей и ограничений, связанных с работой в секретном КБ, Юрий Сергеевич целиком отдается пропаганде космонавтики. В 1955 г. он публикует несколько статей в журналах и брошюру «Радиотелеуправление космическими ракетами» (М.: Знание, 1955). В 1956—1958 гг. одна его публикация следует за другой. Многие из них сопровождалась подробными схемами полета к Луне, Венере, изображениями и детальными схемами танкетки-лаборатории. Он внимательно следил и за успехами космонавтики в США. В 1957 г. под его редакцией вышел перевод сборника материалов по проекту американского ИСЗ «Авангард».

Хлебцевич не раз выступил

с публичными лекциями о своих проектах, в том числе в Политехническом музее и в Московском планетарии, сопровождая их показом диапозитивов с изображениями его «танкетки». Термин «танкетка Хлебцевича» прочно вошел сначала в лекторский лексикон, а потом стал все чаще упоминаться в печати. Проект привлек всеобщее внимание.

ЗАПРЕТ НА ИДЕЮ

В начале 1959 г. в Московском планетарии раздался телефонный звонок. Юрий Сергеевич сообщил директору планетария В. В. Базыкину, что публикация всех его статей приостановлена и ему строго запрещено писать о своей танкетке. На вопрос: «Кто запретил?» — последовал ответ: «Соответствующие органы».

Он пробовал бороться, писал письма в различные инстанции. Ничто не помогало. Я, в то время научный консультант Московского планетария, настоятельно советовал директору написать коллективное письмо в одну из центральных газет и даже придумал ей название — «В защиту инженера Хлебцевича». Но директор не решился. Тогда я перешел к «партизанским» методам борьбы. На каждой лекции об освоении космоса я говорил о танкетке Хлебцевича и показывал ее на диапозитиве. А ведь 1959 год был годом нашего «наступления» на Луну: три советских ракеты достигли Луны, а АМС «Луна-3» впервые

сфотографировала ее обратную сторону. Моему примеру следовали и другие лекторы планетария. Органы КГБ и Главлита не посылали своих людей на наши лекции и не изымали диапозитивы. Они и по сей день находятся в планетарии.

Юрий Сергеевич не дожидаясь запуска «Лунохода» и высадки астронавтов на Луну. Он скончался от саркомы в 1966 г. Ему было тогда только 50 лет.

Почему же понадобилось «заткнуть рот» автору идеи лунохода? Дело в том, что как раз в это время начались работы по рабочему проектированию и конструированию луноходов. Казалось бы, следовало привлечь к этому делу в первую очередь автора проекта. Но те, кто командовал разработкой рабочего проекта, решили обойтись без него. Хлебцевич был не из их «системы». А так как у нас тогда было принято все засекречивать, разглашение «государственной тайны» следовало предотвратить, даже если эта «тайна» уже стала достоянием широкой печати.

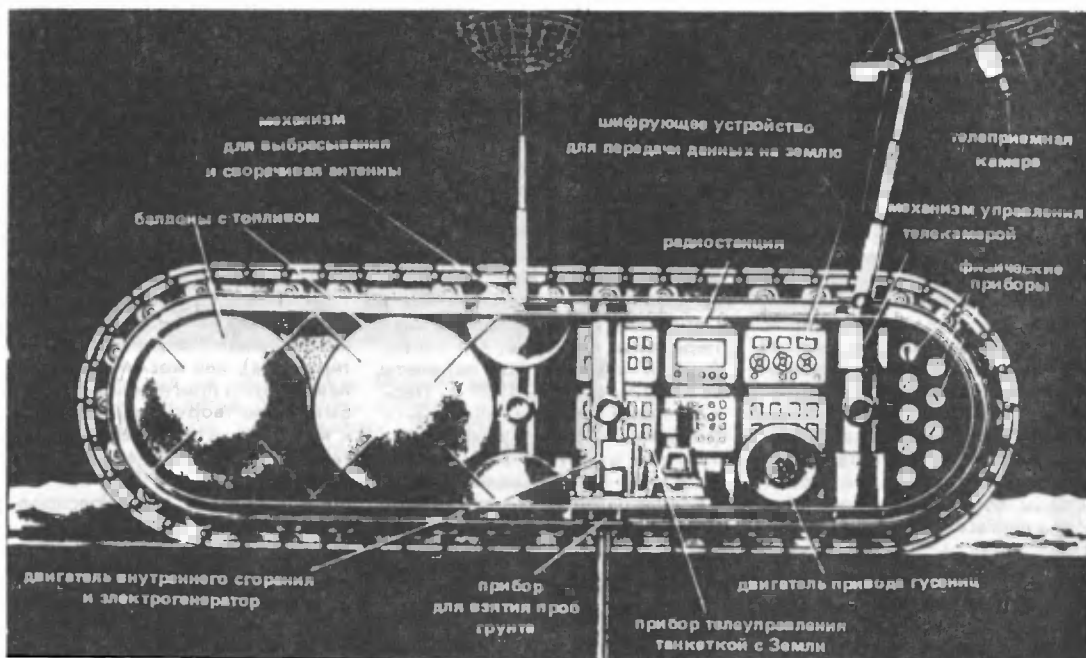
Несомненно, разработчики лунохода читали статьи Хлебцевича и использовали многие его идеи. Они воплотили их в реальные конструкции, приборы и методы, позволившие вывести на поверхность Луны оба аппарата и несколько месяцев обеспечивать бесперебойную работу каждого из них. Честь им за это и слава.

ТАНКЕТКА ХЛЕБЦЕВИЧА И «ЛУНОХОД-1»

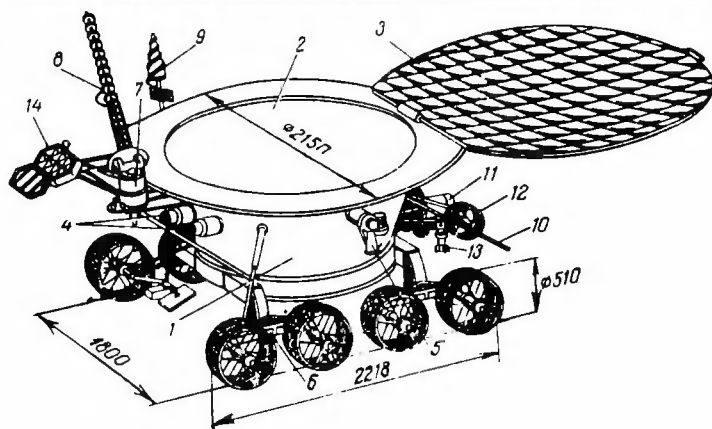
Сравним танкетку Хлебцевича и «Луноход-1». Что у них общего и чем они отличаются? Первое различие состоит в том, что танкетка должна была иметь гусеничный ход, а у «Лунохода» — восемь колес. Создатели «Лунохода» испытывали и тот, и другой вариант в условиях, близких к лунным, и отдали предпочтение колесному приводу.

Далее, в танкетке предполагалось использовать двигатель внутреннего сгорания, а потому много места в ней отводилось баллонам с топливом. У «Луноходов» солнечные батареи питали электродвигатель.

Все остальное очень похоже. Антенна (или антенны) для



Луноход Хлебцевича. Устройство танкетки объяснялось так: «При помощи телевизионной передающей камеры и различных измерительных приборов ученые, находясь на Земле, смогут получать по радио все интересующие их данные и выбирать место для посадки ракеты с людьми».



приема команд с Земли и передачи информации, телеприемная камера, прожектор-осветитель, измерительные приборы, вспомогательные электронные устройства. У Хлебцевича — прибор для взятия проб лунного грунта, на «Луноходе» — для определения физико-механических свойств грунта. Не предусмотрел, правда, Юрий Сергеевич угловой отражатель для светолокации Луны, который разработали французские ученые и по договоренности с нашими специалистами оснастили им «Луноходы». Такие же приборы установили в местах посадки «Аполлонов» американские астронавты. Да и не мог один человек, будь он семи пядей

Устройство «Лунохода-1»: 1 — герметичный приборный отсек; 2 — радиатор-охладитель; 3 — солнечная батарея; 4 — иллюминаторы для телекамер; 5 — фототелекамеры; 6 — блок колес шасси; 7 — привод остроуправленной антенны; 8 — остроуправленная антенна; 9 — малонаправленная антенна; 10 — штыревая антенна; 11 — изотопный источник тепловой энергии; 12 — девятое колесо; 13 — прибор для определения физико-механических свойств грунта; 14 — оптический угловой отражатель.

во лбу, предусмотреть все, да еще в середине 50-х годов.

В полете «Аполлона-15» (июль—август 1971 г.), американцы тоже оснастили экспедицию, высаживаемую на Луну, самоходным экипажем, своего рода луноходом, который они назвали «лунным скитальцем» (lunar rover). Но он управлялся, как и обычный автомобиль, шофером, тогда как наши — по радио с Земли. Правда, телекамера «скитальца» могла работать и после отлета астронавтов,

управляемая сигналами с Земли (впрочем, на луноходе «Аполлона-15» вскоре после отлета людей она вышла из строя).

ПРОЕКТЫ ПОЛЕТОВ К ЛУНЕ И ВЕНЕРЕ

Хлебцевич разработал не только проект танкетки. Он предложил удобные и экономичные проекты перелетов межпланетных аппаратов к Луне и Венере. Полет на Луну в его проекте состоит из трех этапов. На первом аппарат выходит на эллиптическую орбиту с апогеем на расстоянии 42 380 км от центра Земли. На втором — ненадолго включается двигатель, и аппарат переходит на круговую стационарную орбиту с периодом обращения ровно 24 ч. Когда двигатель включается сно-

ва, аппарат переходит на траекторию перелета к Луне (третий этап).

При полетах к Луне и для облета Луны советских АМС «Луна» и «Зонд», американских КА «Аполлон» применялись различные в деталях схемы перелета, но во всех случаях аппарат выводился сначала на околоземную орбиту (только не на такую высокую, как в проекте Хлебцевича), а потом уже стартовал к Луне. Многое предвидел Юрий Сергеевич и в планировании перелетов к Венере. Он считал (в 1957 г.), что эти перелеты возможны в 1962—1969 гг. Первый полет станции «Венера-1» (неудачный) был осуществлен в 1961 г., а в 1967—1969 гг. «Венера-4, -5, -6» провели первые научные измерения в атмосфере планеты. Мягкую посадку на по-

верхность Венеры впервые произвела 15 декабря 1970 г. «Венера-7».

Большое значение придавал Хлебцевич дозаправке ракет в космосе специальными ракетами-дозаправщиками, управляемыми по радио с Земли. И эта его идея нашла воплощение в грузовых космических аппаратах «Прогресс», доставляющих топливо и другие грузы на станции «Салют» и «Мир».

Предвидел он и такие применения искусственных спутников Земли (тогда еще проектируемых), как космическое телевидение и прогноз погоды. Он был полон творческих замыслов и мог бы еще при жизни воплотить часть из них в реальные свершения.

Судьба и люди распорядились иначе.

Над номером работали
Заместитель ответственного секретаря
О. В. ВОЛОШИНА

Научные редакторы:
И. Н. АРУТЮНЯН
О. О. АСТАХОВА
Л. П. БЕЛЯНОВА
В. И. ЕГУДИН
М. Ю. ЗУБРЕВА
Э. Ю. КАЛИНИН
Г. М. КАРАСЕВА
Г. В. КОРОТКЕВИЧ
Л. Д. МАЙОРОВА
Н. Д. МОРОЗОВА
Н. В. УСПЕНСКАЯ
О. И. ШУТОВА

Литературный редактор
Г. В. ЧУБА

Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией
С. С. ПЕРЕПЕЛКИНА

Корректоры:
Р. С. ШАЙМАРДАНОВА,
Т. Е. ДЖАЛАЛЯНЦ

В художественном оформлении
номера принимали участие
В. С. КРЫЛОВА
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 26.12.91
Подписано в печать 18.02.92
Формат 70×100 1/16
Бумага офсетная, № 1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 607,6 тыс.
Уч.-изд. л. 15,0
Тираж 22 698 экз.
Зак. 2033
Цена 1 р. 80 к.

Ордена Трудового
Красного Знамени
Чеховский полиграфический
комбинат
Министерства печати и информации
Российской Федерации
142300, г. Чехов
Московской области

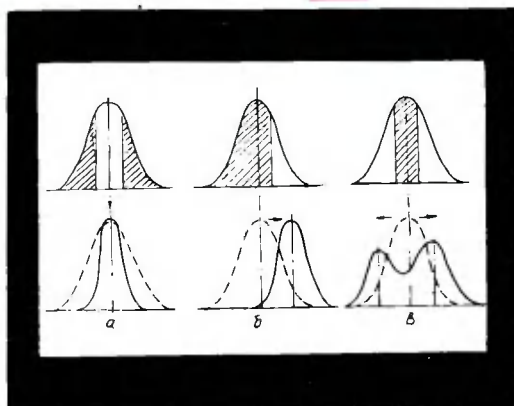


А. Б. Мигдал не дожил чуть больше месяца до своего 80-летия. Уговорить написать его о своей жизни так и не удалось. Это делают друзья и ученики, вспоминая о подлинном рыцаре науки.

В ПОИСКАХ ИСТИНЫ

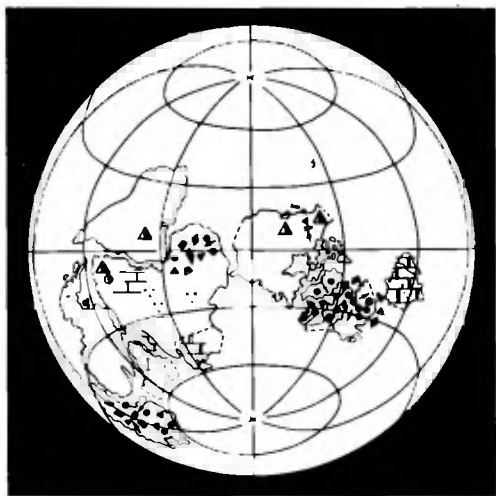
ПРИРОДА

4⁹²



Почему среди многих путей эволюции основным оказался путь от простого к сложному? Возможно, ответ поможет найти системный подход.

Черносантов П. Ю. ИЗБЫТОЧНОСТЬ КАК ГЛАВНЫЙ ФАКТОР ЭВОЛЮЦИИ



Судя по палеомагнитным данным, в позднем докембрии на Земле отсутствовали привычные для нас климатические зоны — следы оледенений и жаркого климата соседствуют друг с другом. Так ли это?

Чумаков Н. М. КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПАРАДОКС ПОЗДНЕГО ДОКЕМБРИЯ

Привитые нашему сознанию штампы официозно-догматического сциентизма составляли часть господствующей идеологии. Вера в науку в значительной мере заменяла веру в Бога. Стараясь освободиться от явных или неявных установок своего сознания, философы приходят к обоснованию научной рациональности современного типа.

Швырев В. С. НАУЧНАЯ РАЦИОНАЛЬНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ КРИТИЧЕСКОГО ОСМЫСЛЕНИЯ

1 р. 80 к.
Индекс 70707

