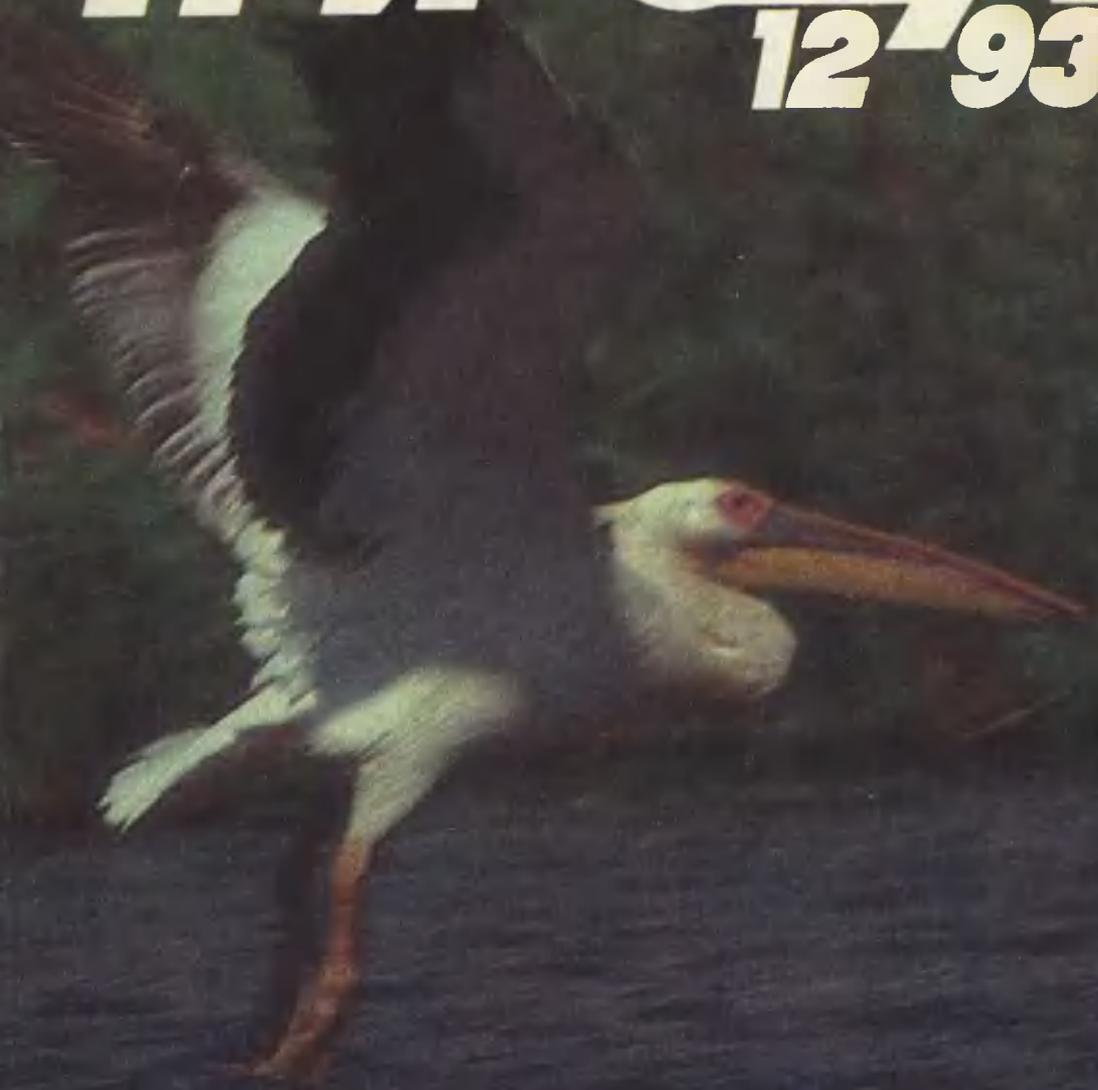


ISSN 0032 — 874X

# ПРИРОДА

12 93



Главный редактор академик А. Ф. АНДРЕЕВ  
Заместитель главного редактора кандидат физико-математических наук А. В. БЯЛКО

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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 (ответственный секретарь), член-корреспондент РАН Н. А. БОГДАНОВ (геология), член-корреспондент РАН В. Б. БРАГИНСКИЙ (физика), член-корреспондент РАН А. Л. БЫЗОВ (физиология), доктор географических наук А. А. ВЕЛИЧКО (палеогеография), 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), 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 (научная информация), 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 И ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦАХ ОБЛОЖКИ. В дельте р. Или находится самая крупная гнездовая группировка пеликанов в Евразии. См. в номере: Жумахан-улы А. Пеликаны — летающие легенды тысячелетий.

Фото автора



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

**В НОМЕРЕ:**

**3 Корогодин В. И., Корогодина В. Л.  
ОСНОВА ЖИЗНИ — ИНФОРМАЦИЯ**

Самый важный компонент живой клетки — информация, записанная в молекуле ДНК. Появившись на безжизненной Земле, эти структуры, отделенные от внешней среды оболочкой, породили живые существа, заселившие Землю. Информация обеспечила изменчивость и эволюцию и в конечном итоге сформировала биосферу Земли.

**11 Блох А. М.  
К ПУБЛИКАЦИИ ЛЕКЦИИ И. Р. ПРИГОЖИНА**

**13 Пригожин И. Р.  
ОТ КЛАССИЧЕСКОГО ХАОСА К КВАНТОВОМУ**

Роль хаоса при макроскопическом движении существенна как в классическом, так и в квантовом описании. Предлагается новая формулировка «неприводимых» законов природы, применимых к функциям распределения (или матрицам плотности, в случае квантовой механики). Такой подход приводит к чисто динамическому описанию «коллапса» волновой функции.

**24 Данилов Ю. А.  
ДЛЯ ТЕХ, КТО НЕ БЫЛ НА ЛЕКЦИИ**

**26 Якобсон К. Э.  
ПАРАДОКСЫ ВЕНДА**

При изучении вендского периода геологам не раз приходилось сталкиваться с фактами, противоречащими известным геологическим закономерностям.

**КРАСНАЯ КНИГА**

**33 Жумакан-улы А.  
ПЕЛИКАНЫ — ЛЕТАЮЩИЕ ЛЕГЕНДЫ  
ТЫСЯЧЕЛЕТИЙ**

**КРАСНАЯ КНИГА ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ**

**42 Иванова З. И., Столповский Ю. А.  
АБОРИГЕННЫЙ ЯКУТСКИЙ СКОТ**

**ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИИ**

**46 Васильева И. Н., Салугина Н. П., Цетлин Ю. Б.**

**ДРЕВНЕЙШЕЕ ГОНЧАРСТВО: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ**

**49 Машенко Е. Н.  
ЕЩЕ ОДНА ПТИЦЕОБРАЗНАЯ РЕПТИЛИЯ ИЗ МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
МОНГОЛИИ**

**НАСЛЕДИЕ**

**50 «...СЛОВНО В МИРЕ НЕТ НИЧЕГО,  
КРОМЕ ВОДОРΟΣЛЕЙ».**

Из писем П. А. Флоренского

Последние три года своей жизни Павел Александрович Флоренский — ученый-естествоиспытатель, философ, богослов, «враг народа» — провел в лагере на Соловках, где вместе с группой заключенных занимался исследованиями по практическому применению беломорских водорослей. Почти все его письма, адресованные семье, содержат упоминания водорослей, притом нередко сопровождаются их цветными рисунками.

**68 Чумаков И. С.  
РАДИОМЕТРИЧЕСКАЯ ШКАЛА ДЛЯ  
ПОЗДНЕГО КАЙНОЗОЯ ПАРАТЕТИСА**

Целенаправленное датирование серии стратиграфических подразделений позднего кайнозоя (14,5—0,5 млн. лет назад) позволило существенно уточнить историю геологического развития Восточной Европы и Средиземноморья.

**76 Фриш В. А.  
«ОКНА» ВЕРХОВЫХ БОЛОТ**

Всего за 3 тыс. лет на верховых болотах сформировалась система разнообразных больших и малых водоемов, позволяющих «заглянуть» в глубь торфяных куполов.

**80 Бялко А. В.  
КОМЕТНАЯ ЦЕПОЧКА: РОЖДЕНИЕ И  
ГИБЕЛЬ (ПРЕДСТОЯЩЕЕ СТОЛКНОВЕ-  
НИЕ С ЮПИТЕРОМ)**

**83 Пайерлс Р.  
ПЕРЕЛЕТНАЯ ПТИЦА. ВОСПОМИНА-  
НИЯ ФИЗИКА**

«Он знал всех в тесном мирке физиков предвоенных лет и восхитительно рассказал о своих многочисленных друзьях», — так отзывался Н. Мотт о книге воспоминаний Рудольфа Пайерлса «Перелетная птица. Воспоминания физика».

**98 РЕЗОНАНС  
ОТВЕТ ДЕДАЛА**

**99 НОВОСТИ НАУКИ (41, 45)**

**115 РЕЦЕНЗИИ**

**117 КОРОТКО**

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ (32)

**118 ТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ ЖУРНАЛА  
«ПРИРОДА» 1993 ГОДА**

**126 АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ ЖУРНАЛА  
«ПРИРОДА» 1993 ГОДА**

## IN THIS ISSUE:

### 3 Korogodin V. I., Korogodina V. L. INFORMATION MAKES THE BASIS OF LIFE

Information recorded in the DNA molecule is the most important component of the live cell. Having appeared on the lifeless Earth these structures enclosed and separated from the outer world managed to start life on the Earth. Information gave rise to variability and evolution, and as a result, provided the Earth with biosphere.

### 11 Blokh A. M. TO THE PUBLICATION OF I. PRIGOGINE'S LECTURE

### 13 Prigogine I. R. FROM CLASSICAL CHAOS TO QUANTUM CHAOS

The role of chaos in the fundamental dynamical description, both classical and quantum, is discussed. It leads to a new formulation of laws of nature which is "irreducible" (it is applied to probability distributions, or in quantum mechanics, to the density matrices). This leads to a purely dynamical interpretation of the "collapse" of the wave function.

### 24 Danilov Yu. A. FOR THOSE WHO WERE ABSENT AT THE LECTURE

### 26 Yakobson K. E. VENDIAN PARADOXES

When studying the Vendian period geologists not once came across the facts contradictory to the well known laws of geology.

### 33 RED DATA BOOK Zhumakan-uly A. PELICANS—THE WINGED CENTURIES—OLD LEGENDS

RED DATA BOOK FOR DOMESTIC ANIMALS

### 42 Ivanova I. N., Sfolpovskiy Yu. A. ABORIGINAL CATTLE OF YAKUTIA

NEWS FROM THE EXPEDITIONS

### 46 Vasiliev I. N., Salugina N. P., Tsetlin Yu. B. ANCIENT POTTERY: STUDY BY AN EXPERIMENT

### 49 Maschenko E. N. ONE MORE BIRD-LIKE REPTILE FROM THE CRETACEOUS SEDIMENTS OF MONGOLIA

## HERITAGE

### 50 "...THE WORLD LOOKS LIKE HAVING NOTHING BUT ALGAE IN IT". FROM LETTERS BY P. A. FLORENSKIY.

It was in the confinement in the Solovki islands that Pavel Florenskiy spent the last three years of his life. And it was there that this learned naturalist, philosopher, theologian and the "national enemy" together with a group of other confined men, carried on the study of the practical use of the White Sea algae. Practically all the letters of that time, addressed to his near and dear, contained this or that information on algae and in some letters there were even colored illustrations of algae.

### 68 Chumakov I. S. THE RADIOMETRIC SCALE OF LATTER CAINOSOIC PERIOD OF PARATETIS

Targetted dating of a series of stratigraphic subdivisions belonging to the latter Cainosoic period (14.5—0.5 million years ago) made it possible to specify the history of geological development in the Eastern Europe and the Mediterranean.

### 76 Frish V. A. "WINDOWS" INTO THE UPPER MARSHES

A system of big and small reservoirs have been formed within the three thousand years on the upper marshes. The peat cupolas now have the "windows to peep into".

### 80 Byalko A. V. CHAIN OF COMETS: BIRTH AND DEATH (A FUTURE COLLISION WITH JUPITER)

### 83 Peierls R. BIRD OF PASSAGE. RECOLLECTIONS OF A PHYSICIST

"He knew everyone in the small physics world and stories of his many friends are told delightfully", that's what N. Mott had to say about the book by Rudolf Peierls, several chapters from which we present in this issue.

## RESONANCE

### 98 THE ANSWER TO DAEDALUS

### 99 SCIENCE NEWS (41, 45)

### 115 BOOK REVIEWS

### 117 NEWS IN BRIEF

ADVERTISEMENT, ANNOUNCEMENTS (32)

### 118 PRIRODA—1993. ANNUAL CONTENTS

# Основа жизни — информация

В. И. Корогодина, В. Л. Корогодина



Владимир Иванович Корогодина, профессор, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Отдела биофизики Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна). Область научных интересов — радиобиология клетки, генетика, теория информации.

Виктория Львовна Корогодина, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник этого же отдела. Основные научные интересы связаны с изучением спонтанного и индуцированного мутагенеза.

**З**АМЕЧАЛИ ли вы когда-нибудь, что в русском языке нет слова, противоположного словам «живое», «жизнь»? Вернее, есть слова «мертвое», «смерть», но они означают лишь то, что когда-то было живым, а затем погибло. «Неживое» также происходит от слова «живое». И этот характерный для разных языков феномен связан, видимо, с тем, что, склонный судить о других по себе, первобытный человек одушевлял, по аналогии с собой, весь окружающий мир<sup>1</sup>.

Со временем понятия о всеобщей одушевленности сменились представлениями о постепенности переходов от неживого к живому. Так, Г. Лейбниц считал, что не существует неорганического царства, есть только одно громадное органическое, различные ступени которого представлены в минералах, растительных и животных формах. Всюду в мире наблюдается непрерывность, и всюду, где мы встречаемся с какой-нибудь организацией, существует и жизнь. Мертвая и живая материи не суть две какие-нибудь противоположности, но представляют собой две формы той же материи, отличающиеся друг от друга только оттенками.

Но философы пошли еще дальше по пути аналогий. В игре сил мертвой материи и главным образом в игре химических сил они увидели чуть заметный зародыш тех склонностей и стремлений, которые управляют деятельностью живых существ. По их мнению, все реакции материи указывают на существование в ней какого-то сознания, способности отличать дурное от хорошего, стремиться к приятному, избегать неприятного. Таково было мнение Эмпедокла еще в древности; так же считали и Д. Дидро, и Ц. Кабанис. Еще на заре химии Л. Берггав, например, сравнивал реакции соединения с сознательными союзами,

© Корогодина В. И., Корогодина В. Л. Основа жизни — информация.

<sup>1</sup> Дастр Н. Жизнь материи // Краткий систематический словарь биологических наук. Ч. 3. СПб., 1904. С. 5—31; Lovelock J. E. Gaja. A new look at life on Earth. Oxford, 1979.

причем соединявшиеся «по симпатии» химические элементы справляли чуть ли не свадьбу. Всюду жизнь, говорил Э. Геккель, и трудно было бы понять наличие ее в некоторых материальных агрегатах, если бы она не была свойственна их составным элементам.

## ЖИВОЕ И НЕЖИВОЕ

Одна из особенностей живых тел — их изменяемость во времени: старение, умирание и распад. Но ведь рождение и гибель касаются всех тел Вселенной — от атомов до галактик. Любой материальный объект «живет и умирает» в том смысле, что он медленно и непрерывно изменяется в одном и том же направлении, пока не достигнет состояния «вечного покоя».

Постоянство формы, рост, питание и размножение — таковы обязательные признаки жизни. Может быть, они обусловлены особым химическим строением? Но еще в середине прошлого века ученые выяснили, что протоплазма живой клетки, состоящая из углерода, водорода, азота, кислорода, фосфора и серы, в химическом отношении близка к ароматическим соединениям. Сейчас досконально изученное строение белков, жиров, углеводов и нуклеиновых кислот в организме показывает, что они не отличаются от своих неживых аналогов, образующихся под влиянием высоких температур или электрических разрядов. Их можно получать даже «в пробирках», по заранее составленному плану.

Специфичны ли для живых тел эти основные признаки? Если мы вспомним о кристаллах, сразу же станет ясно, что это не так. Давно известно, что каждый кристалл имеет строго определенную форму. Мало того. Если форма кристалла нарушена, например, отбит кусочек, — достаточно поместить его в раствор того же вещества, и он, подобно ящерице с оторванным хвостом, будет восстанавливать поврежденные. Уже это говорит о его способности к своего рода питанию — поглощению из окружающей среды нужных ему компонентов. И только после того, как ущерб будет ликвидирован, кристалл будет расти, пока не исчерпает «питательность» содержащего его раствора. Так же обстоит дело и с размножением: кто не видел друзы кристаллов, образующиеся из пересыщенного раствора поваренной соли или сахара?

Все это означает, что такие, казалось бы специфические, признаки живого

(постоянство формы, рост, регенерация, питание, размножение, старение, гибель и др.) характерны не только для живых организмов, но и для ряда заведомо неживых кристаллов. Но кристаллы, скажут нам, могут сохраняться в неизменном виде неограниченно долгое время, в отличие от живых существ. А сохраняемость сухих зерен в египетских пирамидах или хорошо высушенных коловраток, особенно при низких температурах? Когда организмы находятся в анабиозе, в состоянии «скрытой жизни», они могут оставаться без изменений годы и годы, и вновь начинают «жить» только при подходящей температуре, влажности и наличии питания. Но так же ведут себя и кристаллы! Значит, очень многие свойства живого присущи и неживым телам.

Чем же тогда, действительно, отличаются живые организмы от неживых тел? Может быть, какими-либо особенностями тех же функций, которые свойственны и неживым кристаллам, например, определенными требованиями к внешней среде, температуре, концентрации каких-либо веществ? Но как экспериментально показали такие крупные химики, как Ж. Жерне, К. Дюфур, В. Оствальд и другие, и в этом отношении принципиальных различий нет. Так, процессы кристаллизации или размножения кристаллов очень чувствительны к температуре, концентрации раствора и наличию примесей, подобно тому, как эти же факторы влияют на скорость размножения микроорганизмов, помещенных в питательный бульон. Более того, подбирая специальные условия среды, можно получить химические образования, ведущие себя внешне неотличимо от живых организмов: окруженные полупроницаемой мембраной, они, подобно живым клеткам, могут расти, затем делиться надвое, снова расти или образовывать фигуры, как водоросли в аквариуме.

Подобных примеров можно привести множество, но даже их достаточно, чтобы понять природу теорий самозарождения живых организмов, столь популярных до конца прошлого века, — были бы для этого подходящие условия. Этому опять есть аналогии в неживом мире. Так, кристаллы глицерина были случайно (единственный раз!) обнаружены в 1867 г. в бочонке, доставленном из Вены в Лондон с жидким глицерином, и с тех пор долго еще их получали только путем «размножения» этих исходных кристаллов как живых существ. Прямая аналогия самозарождению живых организмов!

## ЧТО ТАКОЕ ЖИВОЕ

И все же размышления о свойствах живого ни на шаг не приближают нас к ответу на вопрос: что такое живое? Конечно же, отдельные признаки живых организмов можно найти и у неживых объектов, но то, что разделяет их, остается непонятным. По такому пути традиционное мышление шло до самого последнего времени. И хотя сегодня мы знаем, из каких химических соединений построено живое, что представляет собой дыхание, питание, выделение «отработанных шлаков», как происходит деление клетки, размножение не только одноклеточных, но и высших организмов, какие при этом идут молекулярные процессы — точного определения живого еще нет.

«Жить — значит обладать способностью откликаться более или менее целесообразно на воздействия окружающей обстановки», — писал К. Платэ, несколько видоизменив определение живого, предложенное английским философом Г. Спенсером, который полагал, что жизнь есть определенное сочетание разнородных изменений, одновременных и последовательных, в соответствии с внешними сосуществованиями и последовательностями. По поводу этого определения жизни наш замечательный натуралист В. В. Лункевич остроумно заметил, что оно дает нам «и очень много, и ничего». Очень много, потому что объединяет в единое целое все возможные проявления жизни, и ничего, потому что оставляет в стороне вопрос о причинах, их вызывающих<sup>2</sup>.

По-видимому, нужно идти другим путем. Попробуем найти такое отличающее живое от неживого специфическое свойство, обладание которым делает объект живым. Эта искомая сущность должна объяснять все проявления жизни, включая способность к прогрессивной эволюции. Среди самых разных свойств живого должно быть одно, объединяющее все многообразие живых существ, как бы связывающее их в один букет и полностью отсутствующее у неживых объектов. Свойство это давно известно, но почему-то до сих пор приписывалось только человеку, это — способность совершать целенаправленные действия.

«Учение о цели» (телеология) восходит к доаристотелевским временам, когда движение небесных светил и невидимых атомов объясняли существованием единой «дви-

жущей силы», находящейся вне «материальных оболочек» привычных и знакомых всем вещей. Лишь с течением времени физики избавили неживой мир от влияния «единого движителя», и в его ведении осталась лишь живая природа. Эта одухотворяющая сила во времена Аристотеля, т. е. более 2300 лет назад, получила наименование «энтелехия». Такие представления под другими названиями просуществовали до начала нашего века<sup>3</sup>, но в дальнейшем энтелехия сошла со сцены. На виду осталось очевидное — способность совершать целенаправленные действия. Если не связывать эту способность с сознательным стремлением к цели, то почти не нужно доказывать, что она присуща всем без исключения живым организмам. Что же касается неживых объектов, то «действовать целенаправленно» могут лишь созданные человеком различного рода машины.

## ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ И ЕГО КОМПОНЕНТЫ

Чем же «целенаправленное действие» отличается от других событий, происходящих вокруг нас?

Идет гроза, ветер гнет деревья, раздается грохот грома, молния ударяет в деревянный сарай, и начинается пожар. Можем ли мы по отношению к таким событиям сказать, для чего они происходят? Нет, конечно. Мы полностью объясним эти события, если ответим на вопрос: почему? Множество таких событий совершаются в неживом мире, многие происходят «на стыке живого и неживого» (например, во время горного обвала камень, падая, придавил козу), а некоторые — даже в мире живого.

Но таким событиям противостоят другие, которые нельзя объяснить, ответив только на вопрос «почему?» и умолчав «для чего?». Это события, идущие с участием живых организмов: когда вирусная частица, прикрепившись к поверхности бактерии, впрыскивает в нее свою ДНК; когда муравьи роют боковой вход в муравейник; когда птица строит гнездо, зверь — нору или человек засеивает зерном взрыхленное поле. Во всех подобных случаях, чтобы понять действия живых существ, следует знать, для чего они это делают. Подчас этого ответа достаточно, чтобы понять природу наблюдаемого явления.

Здесь напрашивается аналогия с машинами, изготавливаемыми человеком, да и дру-

<sup>2</sup> Лункевич В. В. Основы жизни. Ч. 1. М.—Л., 1928.

<sup>3</sup> Дриш Г. Витализм. Его история и система. М., 1915.

гими изделиями, которые производят разные живые существа — от насекомых до высших млекопитающих: термитники и муравейники, гнезда и норы и т. п. В этом случае прежде всего решают вопрос, для чего они предназначены, а уже затем — как. Цель стоит впереди, а уж насколько то или иное изделие будет ей соответствовать, зависит от искусства его творца. Поэтому-то такие изделия и называют искусственными.

Итак, «искусственный» — термин, применяемый к объекту, изготовленному каким-либо живым организмом согласно «своему желанию», для достижения своей цели — удовлетворить потребность живого. Но таким же целям служат, по существу, и любые другие действия, совершаемые живыми организмами, как бы ни был широк их диапазон. Эти целенаправленные действия далеко не всегда однозначно связаны с «конечной целью» — той именно потребностью, которую организм стремится удовлетворить, подчас не осознавая этого. Но стоит внимательно понаблюдать за любым живым существом, и станет ясно, что все «конечные цели» сводятся к одной — оставить потомство. Поэтому можно сказать, что живое — это совокупность объектов, способных совершить целенаправленные действия, конечная цель которых — самовоспроизведение.

Целенаправленное действие отличается от бесцельного прежде всего тем, что оно повышает вероятность осуществления «события цели». Насколько повысится эта вероятность — зависит от искусства исполнителя, от степени его осведомленности о путях достижения цели и о наличии в его распоряжении необходимых ресурсов. Но, независимо от этого, любое целенаправленное действие характеризуется именно повышением вероятности достижения цели, и величина эта позволяет судить об его эффективности<sup>4</sup>.

Вторая характеристика целенаправленного действия — те дополнительные изменения в окружающей среде, которые его сопровождают. При любом целенаправленном действии всегда (в соответствии со вторым законом термодинамики) появляются какие-нибудь «побочные продукты» — от едва заметного повышения температуры окружающей среды до накопления в этой среде веществ, отравляющих все живое. Чем совершеннее методы достижения цели, тем меньше образуется побочных продуктов.

И, наконец, самое главное в целе-

направленном действии — это механизм, который его осуществляет. Такой механизм можно назвать «оператором»<sup>5</sup>. В искусственных устройствах — это машина, изготовленная человеком, или какое-либо иное сооружение, сделанное живыми существами, а в самих живых организмах это — сам организм, его тело, его строение, его навыки и умение пользоваться имеющимися ресурсами для достижения своей цели. Ведь все мы прекрасно знаем, сколь различны организмы по размерам, форме и образу действий и как превосходно они пригнаны к среде своего обитания, к своей «экологической нише». И чем больше такое соответствие, тем успешнее они достигают цели и менее пагубны побочные продукты, их сопровождающие.

Но, простите, нет ли здесь тавтологии? Живой организм может совершать целенаправленные действия, способствующие его самовоспроизведению, и это, потому, что он устроен именно так, а не иначе, чтобы в данных условиях эти действия совершать. А в случае «неживого механизма», машины? Ведь она тоже сделана так, а не иначе, изготовлена из определенных материалов, согласно той информации, которой располагал ее изготовитель. И чем точнее чертежи, чем более в них учтены особенности ее будущих функций, чем искуснее мастер, ее строящий, тем она будет полезнее. Здесь, следовательно, именно чертежи и искусство мастера решают все. А как же быть с живыми организмами?

## ОСНОВА ЖИЗНИ — ИНФОРМАЦИЯ

Вот мы и подошли к самому главному. Чтобы какое-либо живое существо могло в определенных ситуациях поступать строго определенным образом, оно должно быть построено согласно определенному плану. Как мы знаем, каждый организм происходит от себе подобных и начинает свое существование от одной-единственной клетки, например от оплодотворенного яйца. Именно в такой яйцеклетке следует искать план создания будущего организма и методы его построения. Другими словами, в каждой клетке, способной дать начало новому живому существу, должна содержаться информация о его построении.

В наше время молекулярной биологии, генной инженерии и ЭВМ такое утверждение никого не удивит. Мы привыкли к словосочетанию «генетическая информация», забыли даже, что ввел его в научный оборот

<sup>4</sup> Харькевич А. А. О ценности информации // Проблемы кибернетики. Вып. 4. М., 1960. С. 53—57.

<sup>5</sup> Корогодин В. И. // Биофизика. Т. 28. С. 171—179.

физик Э. Шредингер в середине 40-х годов<sup>6</sup>. В своей книге «Что такое жизнь с точки зрения физики?» он опирался на работу Н. В. Тимофеева-Ресовского, К. Г. Циммера и М. Дельбрюка «О природе генных мутаций и структуре гена», увидевшую свет в Германии в 1935 г.<sup>7</sup> Это произошло вскоре после того, как Г. Меллер, ученик Т. Моргана, впервые показал, что гены не только воспроизводят себя и изменяются (мутируют), но что можно повлиять на частоту их мутирования, например, повышением температуры или действием ионизирующих излучений.

В 1928 г. Меллер в статье «Ген как основа жизни» провозгласил, что именно гены (образования неизвестной тогда химической природы), способные к ауто- и гетерокатализу, положили начало феномену жизни на нашей планете. «Ясно, что, став на эту точку зрения, мы избегаем логических трудностей, связанных с происхождением современной протоплазмы, с ее взаимодействием частей, действующих совместно в направлении продолжения роста и точного воспроизведения целого. Система эта образовалась, так же как и сложная макроскопическая форма высших растений и животных, ... постепенно, шаг за шагом, каждый из которых проверялся по мере того, как в первичных аутокаталитических генах мутация следовала за мутацией. В этом процессе преимущественно выживали, размножались и вновь мутировали лишь те гены, побочные продукты которых оказывались наиболее полезными для дальнейшего воспроизведения... Согласно этому взгляду, который, по-видимому, наилучшим образом выдерживает проверку исчерпывающим анализом, по крайней мере значительная часть протоплазмы явилась вначале лишь побочным продуктом активности генного вещества; ее функция... заключается лишь в питании генов; первичные же, свойственные всякой жизни, тайны скрыты глубже, в самом генном веществе... Мутабельного типа структуры в генном веществе несомненно претерпели в процессе эволюции глубокие изменения и подверглись усложнениям, а под их влиянием, конечно, эволюционировала и протоплазма, но другие структуры — те черты строения гена, которые ответственны за его первичное свойство аутокатализа — должны быть еще и сейчас такими же, какими они были в незапамятные времена, когда

зеленая тина еще не окаймляла берегов морей»<sup>8</sup>.

Всего через 20 с небольшим лет после этой публикации ученые разных стран установили, что гены представляют собой отдельные участки молекулы ДНК, размножающиеся путем комплементарного пристраивания друг к другу составляющих их «кирпичиков» — четырех видов нуклеотидов (оснований); мутируют гены, когда происходят ошибки в этом процессе; они управляют синтезом разного рода белков, составляющих протоплазму, переключаясь время от времени с аутокатализа (построения собственной копии) на гетерокатализ (построение инородных молекул) путем синтеза РНК и, с ее помощью, уже молекул белка.

Сейчас все эти хорошо известные процессы изучают в молекулярной биологии и генной инженерии. Сами собой отпали аналогии конца прошлого века между свойствами живых клеток и, например, кристаллов. Стало ясно, что рост и размножение кристаллов, когда к исходной «затравке» присоединяются все новые, точно такие же молекулы из раствора, не имеют ничего общего с размножением даже наиболее просто устроенного живого организма — вируса. Действительно, прикрепившись к поверхности живой клетки, вирус с помощью специального белкового устройства впрыскивает в нее свою молекулу ДНК или РНК, содержащую его гены. Гены вируса не только воспроизводят себя, используя синтезируемые зараженной клеткой «кирпичики», но также заставляют эту клетку создавать новые, не свойственные ей белковые молекулы, которые, окружая готовые генетические структуры новых вирусных частиц, создают ту белковую оболочку, что защищает их гены и приспособлена для осуществления следующего цикла целенаправленного действия — заражения других клеток.

Итак, теперь совершенно ясно, что в основе жизни лежат гены, или, точнее, ДНК — носитель генетической информации. Теперь все теории происхождения жизни вращаются вокруг попыток ответить на вопрос: как возникла ДНК и та информация, которая записана в ней?<sup>9</sup> Но вот что, нам кажется, требует дополнительного обсуждения, это — взаимоотношения между генетической информацией и другими ее видами — поведенческой и логической, с

<sup>6</sup> Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? М., 1947.

<sup>7</sup> Timofeef-Ressovsky N. W., Zimmer K. G., Delbruck M. // Nachr. Ges. Wiss. Gottingen. 1935. Fachg. 6. N F-1. P. 13.

<sup>8</sup> Меллер Г. Ген как основа жизни // Меллер Г. Избр. работы по генетике. М.—Л., 1937. С. 173—174.

<sup>9</sup> Эйген М., Шустер П. Гиперцикл. М., 1982; Корогодина В. И. Информация и феномен жизни. Пущино, 1991.

возникновением которых шло дальнейшее развитие жизни, а затем и человеческого общества.

## ИНФОРМАЦИЯ И ЕЕ НОСИТЕЛИ

Дело в том, что слова «ДНК», «гены», «наследственная информация» стали настолько привычными, что нередко воспринимаются как синонимы. В действительности это далеко не так.

Гигантская по длине молекула ДНК состоит из четырех типов «кирпичиков», или нуклеотидов, которые могут быть соединены в любой последовательности. Эти молекулы обладают свойством, которое Г. Меллер назвал аутокатализом. Если в раствор, содержащий такие молекулы, внести в должном количестве все четыре нуклеотида (основания), то при соблюдении некоторых дополнительных условий эти молекулы начнут пристраивать основания вдоль своей цепи точно в той же последовательности, как и в них самих, а затем отделять от себя готовые копии, т. е. будут самоудваиваться. Процесс этот не зависит от того, какова последовательность оснований, составляющих исходные молекулы ДНК. Это может быть случайная последовательность, или строго чередующаяся, или любая иная — копии всегда будут похожи на оригинал, если не произойдет мутации, т. е. случайной замены, вставки или выпадения одного или нескольких оснований.

Если ДНК состоит из случайной последовательности оснований, это далеко еще не ген, поскольку никакой наследственной информации не содержит, хотя и может самовоспроизводиться. Информация возникает на отрезках молекулы ДНК лишь тогда, когда благодаря мутированию там сложится такая последовательность оснований, которая сможет повлиять на другие химические процессы, протекающие в ее окружении. Только тогда, выступая в роли «катализатора», ген сможет ускорить одни или притормозить другие процессы, меняя тем самым свое химическое окружение. Постепенно все большие преимущества будут получать такие структуры ДНК, которые в непосредственном своем окружении могут увеличивать концентрацию нуклеотидов и других веществ, необходимых для их удвоения или размножения. Лишь когда этот процесс завершится и в «первичной» молекуле ДНК возникнут отрезки, каждый из которых стимулирует образование необходимых для удвоения ДНК соединений или угнетает синтез соединений, препятствуя-

щих удвоению, можно считать, что в молекуле ДНК возникли гены и что сама эта молекула стала носителем генетической информации.

Генетическая информация, следовательно, содержится в наборе генов, контролирующих синтез соединений, которые обеспечивают удвоение молекулы ДНК в некоторых данных условиях. Появление генов тесно связано с формированием оболочек или мембран, отделяющих от внешней среды участки, где находится ДНК и создаваемые генами структуры, способствующие синтезу копий такой молекулы<sup>10</sup>. Это уже возникновение живых объектов, которые могут расти, размножаться и приспосабливаться к новым условиям благодаря генам, возникающим в результате мутаций; они умирают, когда разрушаются содержащиеся в них гены или когда они не в состоянии приспособиться к внешним условиям. Меняясь, гены влияют и на другие структуры организма, обеспечивая тем самым «заселение» все новых мест обитания, появление многоклеточных растений и животных, т. е. эволюцию жизни на Земле. Как и писал Меллер, в основе жизни лежит ген.

Таким образом, совокупность генов, или генетическая информация, регулирующая целенаправленную деятельность любой живой клетки, определяется не самими основаниями ДНК, а последовательностью их расположения. Различие между генетической информацией и молекулой ДНК также позволяет ввести понятие носителей генетической информации и отличие таких носителей от информации как таковой. Поэтому-то мы и говорим, что генетическая информация записана в ДНК определенной последовательностью оснований. Именно эта информация, т. е. запись ее строения, последовательности тех событий, которые должны произойти, чтобы вновь возникающие клетки могли вырасти, а затем снова поделиться и т. д. — самый важный компонент живой клетки. Теперь то, что писал Меллер более 60 лет назад, можно сформулировать следующим образом: живое — это совокупность объектов, содержащих наследственную информацию и побочные продукты ее деятельности, составляющие структуры, которые отделяют ее от внешней среды, и создающие во внутренней среде другие структуры, необходимые для удвоения носителей генетической информации вместе с информацией, в них содержащейся. Жизнь — это возникновение все новых содержащих информацию объектов, мате-

<sup>10</sup> Балбоянц А. Молекулы, динамика и жизнь. М., 1990.

риальные компоненты которых обеспечивают ее воспроизведение во все более разнообразных и сложных ситуациях. Очевидно, что чем сложнее эти ситуации, тем больше нужно информации, чтобы в соответствии с нею построить живой объект, способный в этих ситуациях существовать.

## АВТОГЕНЕЗ ИНФОРМАЦИИ

Генетическая информация и первичные живые организмы возникли на нашей планете более 4 млрд. лет назад. Тем самым предшествовавшая неорганическая эволюция дополнилась эволюцией живых организмов, в форме которой выступила новая, ранее не существовавшая на Земле информация. Закономерности развития информации позволяют понять, как появились новые виды живых организмов, а по существу — новые варианты генетической информации. Попадая во все более сложные условия, в создании которых на молодой Земле информация принимала все большее участие через «наработку» побочных продуктов своей деятельности, живые организмы, подчиняясь естественному отбору, увеличивали количество содержащейся в них информации, повышали ее ценность, оптимизировали эффективность.

Различные варианты генетической информации менялись как количественно, так и качественно. В результате живой мир постепенно распространялся по всей планете. Появились многоклеточные организмы — растения, грибы и животные. Количество генетической информации, содержащейся в клетках этих организмов, стремилось к возможному для них максимуму<sup>11</sup>. Для координации действий у одной из групп гетеротрофных организмов — многоклеточных животных — образовалась нервная система. У высших животных поведенческие реакции, играющие все большую роль в их жизнедеятельности, не ограничивались уже теми, которые передаются по наследству, а создавались и самостоятельно, на основании жизненного опыта, и передавались потомкам через обучение. Так возникла поведенческая информация, по лабильности и скорости передачи существенно превосходящая генетическую.

Конечно, поведенческая информация образовалась на основе врожденных поведенческих реакций, генетически запрограммированных в нервной системе. Это — яркий пример перехода информации из

одной формы в другую, точнее, с носителей одной природы (молекулы ДНК) на носители другой природы (нервные клетки). Для высших животных, обитающих в сложной природной среде, умение «вести себя» в тех или иных ситуациях играет такую же роль для их выживания, как для простых живых существ «умение» потреблять нужную пищу, строить из нее свое тело и вырабатывать нуклеотиды, необходимые для размножения молекул ДНК<sup>12</sup>. Поведенческая информация позволила высшим животным не только ориентироваться в окружающих ситуациях, но и взаимодействовать друг с другом в поисках пищи и половых партнеров, в воспитании и обучении потомства, в защите от врагов. Вырабатывались различные сигналы, которыми обменивались друг с другом высшие животные, такие как химические метки, знаки на земле или коре деревьев и, конечно, звуки, имеющие разное значение в разных ситуациях. Так постепенно готовилась почва для формирования речи — способа обмена информацией путем различной последовательности звуков и их комбинаций. Складывалась человеческая речь.

Появление владеющего речью человека говорящего означало возникновение нового вида информации — информации логической. Б. Ф. Поршнев связывал появление речи с формированием самого человека<sup>13</sup>. Не труд, а речь сделала человека тем, что он есть. Трудиться может и «бессловесная тварь», не жалея сил и преодолевая разные препятствия для достижения своей цели — построения гнезда или плотины, при охоте за дичью. Но организовать труд, передавать друг другу уже приобретенные трудовые навыки, обобщать опыт и в сжатом виде трансформировать его в понятия — для всего этого необходима речь.

Если генетическая информация породила жизнь, поведенческая — обеспечила разнообразие поведения высших животных, то логическая информация, передаваемая с помощью речи, вначале устной, а затем и письменной, ознаменовала начало эры ноогенеза, эры рождения сферы разума, охватывающего, вслед за биосферой, весь земной шар. На основе логической информации, или, другими словами, на основе накапливаемого человечеством знания начали развиваться технологии. Этим термином на-

<sup>12</sup> Корогодина В. И. Радиотаксоны, надежность генома и прогрессивная биологическая эволюция // Природа. 1985. № 2. С. 3—18; Северцов А. Н. Эволюция и психика. М., 1922.

<sup>13</sup> Поршнев Б. Ю. О начале человеческой истории М., 1976.

<sup>11</sup> Korogodin V. I., Fajsz Cs. // Int. J. Systems sci. 1986. V. 17. P. 1661—1667.

зывают искусственно создаваемые человеком структуры и процессы, обеспечивающие его существование, а тем самым и размышления, и передачу тех фрагментов логической информации, которые вызвали их к жизни. Если технология себя не оправдывает, человек ее отбрасывает, и лежащая в ее основе логическая информация утрачивается.

Так же, как биологическая эволюция представляет собой лишь «отражение в мире вещей» развивающейся генетической и поведенческой информации, так и техногенез — лишь отражение развития логической информации, существующей вне отдельных человеческих существ и почти целиком подчинившей их деятельность своим целям.

### ПРЕДВИДИМО ЛИ БУДУЩЕЕ?

Кто знает, к чему приведет развитие жизни на Земле и какое будущее ожидает логическую информацию?

Судя по аналогии с предыдущими видами информации, можно предположить автотрофное существование логической информации, подобно автотрофному типу питания, избранному растениями. Но у растений переход этот был связан с совершенствованием отдельных индивидуумов, представляющих собой искусные «живые фабрики» по производству глюкозы из воды и углекислого газа (с помощью квантов солнечного света), использующих этот продукт для энергообеспечения синтеза молекул, слагающих их тела. В случае же логической информации намечается иной путь к автотрофности — возникновение технологий, использующих тот же солнечный свет (а может быть, и термоядерный синтез) как источник энергии, и «подручное» неорганическое сырье для создания сначала — систем жизнеобеспечения человека, а затем, возможно, и для строительства самовоспроизводящихся автоматов, предсказанных еще полвека назад американским математиком Дж. фон Нейманом<sup>14</sup>. Следует, однако, подчеркнуть, что автотрофность человечества — эта такая же вольная фантазия, как и все другие футурологические рассуждения. Единственное, чему нас учит история, это — непредсказуемость будущего, особенно далекого.

Мы видели, что информация, появившись на безжизненной Земле, породила жи-

вые существа, обеспечила их изменчивость и эволюцию, заселила ими Землю и сформировала биосферу Земли. Многообразие растительного и, тем более, животного царства, спаянных воедино многочисленными трофическими и поведенческими связями создавало все более сложные условия для развития организмов. Это и обусловило возможность прогрессивной эволюции жизни на Земле. Наконец, возник Человек, почти вся жизнедеятельность которого оказалась подчиненной поведенческой и логической информации.

С появлением речи информация освободилась из-под контроля биологических существ и обрела независимое существование. Разнообразные технологии, создаваемые человеком на основе этой информации и предназначенные для ее передачи, приема, обработки, хранения и использования, все больше освобождают информацию из-под контроля человека. В наше время уже возникает единая глобальная информация планеты, напоминающая гигантскую информационную сверхсистему.

Но не будем предвосхищать будущее, остановимся на том, что уже есть. Около 20 лет назад Л. Н. Серавин написал: «... жизнь есть способ существования органических систем, организация которых от молекулярного до системного уровня определяется использованием их внутренней информации»<sup>15</sup>. Сказанное в этой статье позволяет, пожалуй, несколько уточнить это определение. Можно думать, что живое — это такая форма существования информации и кодируемых ею структур, которая обеспечивает воспроизведение этой информации в подходящих условиях внешней среды.

Теперь нам остается ответить лишь на один вопрос: если феномен жизни — это форма существования природных самовоспроизводящихся информационных систем, то что же такое информация? На этот вопрос придется ответить, пожалуй, словами Н. Винера, одного из создателей кибернетики и теории информации: «Информация есть информация, а не материал и не энергия»<sup>16</sup>.

<sup>15</sup> Серавин Л. Н. Теория информации с точки зрения биолога. Л., 1973.

<sup>16</sup> Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. М., 1968.

<sup>14</sup> Нейман Дж. фон. Общая и логическая теория автоматов // Тьюринг А. Может ли машина мыслить? М., 1960. С. 59—73.

## К публикации лекции И.Р.Пригожина

2 июня 1993 г. на расширенном заседании ученого совета Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова был вручен диплом почетного доктора создателю учения о самоорганизации в неравновесных системах, лауреату Нобелевской премии по химии 1977 г. Илье Романовичу Пригожину.

«Меня глубоко трогает, — сказал в своей речи Пригожин, — что именно теперь, когда Россия проходит через столь трудные испытания, вы нашли возможность организовать эту великолепную церемонию. Вы владеете огромным потенциалом, талантливой, идущей молодежи. Это позволяет вам с оптимизмом смотреть в будущее... Я хотел бы сказать, сколь многим обязан русской науке. Прежде всего хочу упомянуть, что теорию поля изучал по учебникам Иваненко и Соколова. Так что можно сказать, что я уже давний ученик университета имени Ломоносова. В моей научной карьере было два крутых поворота: один из них связан с неравновесной термодинамикой, а другой, более поздний, — с теорией динамических систем и статистической механикой неравновесных состояний. Всякий раз меня сопровождали при этом работы представителей русской науки. В первом случае это были труды математиков Н.М.Крылова и Н.Н.Боголюбова, физикохимиков Б.П.Белюсова, А.М.Жаботинского, В.И.Кринского и других, а во втором — работы таких великих математиков, как А.Н.Колмогоров и И.М.Гельфанд».

Пожалуй, ни у одного из ведущих естествоиспытателей Запада не найти столь частых ссылок на научные работы россиян. Большую роль сыграло здесь и отсутствие языкового барьера.

Илья Романович Пригожин родился в Москве 25 января 1917 г. Его отец Роман Абрамович, «из купеческих внуков», как он числился по документам, выпускник химического отделения Московского технического училища, получив диплом инженера-технолога и основал в районе Крестовской заставы небольшой завод лакокрасочных материалов.

Темь событий 17-го года не обошла и Пригожиных. Как деликатно упомянул Илья Романович в одном из автобиографических очерков, «семья плохо приспособилась к изменению режима и в 1921 г. покинула Россию<sup>1</sup>. Причина, толкнувшая отца на эмиграцию, для того времени заурядна — опасение возможного ареста как одного из «бывших».

Надежда на скорое возвращение определила и маршрут исхода из России. Выбрали Каунас, до сих пор называемый Ильей Романовичем на русский манер — Коано. В те годы многие пользовались литовским маршрутом для легальной эмиграции. Его популярность — заслуга русско-литовского поэта, старого москвича Юргиса Балтрушайтиса, в то время полномочного представителя Литовской республики в России. Многочисленные связи, в частности личное знакомство с Луначарским, помогли ему достичь договоренности с властями о повышенной квоте на выдачу выездных виз.

В Каунасе задержались ненадолго. Ситуация на родине не обещала скорой либерализации режима, и уже через год Пригожины переехали в Берлин.

«Отец очень тяжело адаптировался в чужой среде, — вспоминает Илья Романович. — До последних своих дней он так и не научился толком языкам и предпочитал общаться по-русски».

Неуютно чувствовала себя в Берлине и мать, плохо знавшая немецкий язык. Но зато с детских лет она в совершенстве владела французским. Потому в 1929 г. решили перебраться во франкоязычную страну — выбрали Бельгию, жизнь в которой, по сравнению с Францией и Швейцарией, тогда была гораздо дешевле.

Юношей Пригожин готовил себя в гуманитарии. Еще в средней школе любимой книгой стала «Творческая эволюция» А.Бергсона. Именно Бергсон заронил в него смутное ощущение кардинальной роли стрелы времени в эволюции Вселенной. Ключевой для последующих размышлений стала фраза французского философа: «Чем больше мы углубляемся в природу времени, тем лучше понимаем, что время означает изобретение, творчество форм, непрерывное порождение абсолютно нового.»

В 16-летнем возрасте Пригожин решил быть юристом. «Что обязательно для юриста! — вспоминал о том времени Пригожин. — Знание психологии знаменитых преступников... Так в моих руках оказалась только что вышедшая 20-томная энциклопедия по психологии, первый том которой целиком посвящен нейробиологии. Чтобы понять, о чем речь, взял книги по биологии. В них оказалось много химии, которую тоже знал слабо. Оттого перешел к химическим учебникам, от них к работам по физической химии. Так, наконец, вышел на физику, а уж в ней нечего делать без математики». В итоге он решил поступить на химический факультет Свободного университета в Брюсселе.

С проблемами неравновесной термодинамики его познакомил Т. де Донде, ученик знаменитого А.Пуанкаре. Занявшись ими, Пригожин пришел к выводу, что для описания необратимых явлений необходим принципиально новый математический аппарат. Это вывело его на труды русской математической школы.

<sup>1</sup> Les prix Nobel, 1977. Stockholm, 1978. P.121.

<sup>2</sup> Ibid.

Первостепенным для всемирного признания своих пионерных воззрений он считает открытие в конце 50-х — первой половине 60-х годов явления периодических колебаний концентрации промежуточных продуктов химического процесса (реакция Белоусова — Жаботинского). Оценивая это достижение как одно из главных экспериментальных открытий нашего века, он особо подчеркивает его своевременность для себя лично.

«Если бы, — говорит он, — это открытие, ставшее экспериментальным фундаментом для моих теоретических построений, запоздало, мои воззрения отвергли бы из-за отсутствия подтверждающих опытных данных. Если бы оно стало известно много ранее, их восприняли бы как нечто заурядное, тривиальное. То есть помощь из России пришла вовремя, не позже и не раньше».

Сегодняшние беды российской науки Пригожин воспринимает как драму мировой значимости. На приеме в российском посольстве в Брюсселе, устроенном по случаю его 75-летия, он настоятельно подчеркивал необходимость государственной поддержки науки. «Надо сделать все, чтобы сохранить научный потенциал России, особенно в области фундаментальных наук. Даже в условиях тяжелейшего кризиса недопустимо забывать, что такая поддержка — дальновидное вложение в будущее страны».

Илья Романович не ограничивается словесными призывами. Он принял на себя многотрудные обязанности координатора в использовании немалых финансовых средств, выделяемых европейским сообществом в поддержку российской науки. Эти усилия укладываются в контекст давних его мечтаний о единой европейской науке, неразрываемой «границами на замке».

Журнал «Природа» давно и хорошо знаком Илье Романовичу. Поэтому он с готовностью откликнулся на предложение редакции дать для публикации материал о его последних работах. Текст его доклада на конференции в Японии во многом пересекается с содержанием лекции, прочитанной им 3 июня 1993 г. в МГУ. Она была посвящена новой формулировке законов природы, призванной решить проблему, которую Пригожин называет «парадоксом времени».

Проблема времени, по словам самого Ильи Романовича, находилась в центре его исследований в течение всей жизни. «Кто говорит о времени, говорит о событиях, которые разрушают связь между прошлым и будущим. Отъезд моих родителей из России, наш приезд в Бельгию, события периода оккупации, войны — все это определило мою судьбу. Быть может, именно они и привели меня к стремлению выйти за рамки классического понимания науки, которая стремится представить природу в виде отлаженного механизма, управляемого вневременными и детерминированными законами».

Статья Пригожина, которой предшествует это вступление, по внешней сложности текста, обильно формул может показаться постоянному читателю необычной для журнала. Однако для публикации тем не менее есть свои резоны.

В беспрецедентно переполненной, как засвидетельствовал ректор МГУ В.А.Садовничий, университетской аудитории, в которой Пригожин читал свою лекцию о парадоксе времени, многие слушатели сожалели, что текст, не очень легкий для восприятия на слух, не будет опубликован в периодических популярных изданиях. Предоставляя свои страницы фундаментальным построениям одного из ведущих естествоиспытателей современности, «Природа» существенно множит число тех, кто хочет приобщиться к достижениям сегодняшней научной мысли. А значительно облегчит понимание сложных мест комментарий Ю.А.Данилова, тонкого знатока научного творчества Пригожина и переводчика многих его трудов, в том числе и публикуемого доклада.

© А.М.Блох  
доктор геолого-минералогических наук  
Москва

# От классического хаоса к квантовому

И.Р.Пригожин



*Илья Романович Пригожин, член Бельгийской Королевской академии наук, литературы и изящных искусств, профессор Свободного университета в Брюсселе, директор Сольваевского Международного института физики и химии (Брюссель, Бельгия) и Центра статистической механики и сложных систем Техасского университета в Остине (США). Почетный член ряда академий и научных обществ Европы и США; иностранный член Российской академии наук. Лауреат Нобелевской премии по химии 1977 г.*

Для меня высокая честь, что доклад, сделанный мной в 1992 г. на конференции в Японии, публикуется на страницах журнала «Природа». Я хотел бы добавить несколько слов по поводу названия моего доклада.

В течение всей моей научной карьеры меня чрезвычайно интересовала проблема времени, точнее, то, что я предпочитаю называть парадоксом времени. С одной стороны, различие между прошлым и будущим весьма важно для нашего существования. Это различие играет также заметную роль в столь различных областях науки, как космология, химия или биология. С другой стороны, фундаментальные законы классической механики и квантовой механики инвариантны относительно обращения времени. Прошлое и будущее играют одну и ту же роль.

Традиционное решение парадокса времени основано на предположении, что необратимость в фундаментальные законы физики вносят приближения, вводимые нами. В известном смысле мы «отцы», а не «дети» времени. Такой подход меня никогда не удовлетворял.

Мои работы связаны прежде всего с физикой неравновесных процессов, и особый интерес для меня представляло доказательство их конструктивной роли. Сегодня мы знаем, что неравновесность приводит нас к новому физическому состоянию материи. Действительно, в этом случае возникают долгоживущие корреляции, которые, в свою очередь, обуславливают когерентные явления, такие как, например, химические периодические реакции. Ныне исследованиями такого рода проблем занимаются во многих лабораториях. Конструктивная роль времени делает еще более неправдоподобной точку зрения, согласно которой необратимость обусловлена лишь приближениями или ошибками, вводимыми нами в динамику. Постепенно я пришел к убеждению, что вместо того, чтобы пытаться выводить стрелу времени из законов динамики, связывая ее с игрой приближений, следовало бы обобщить динамику так, чтобы она включала в себя явления, отвечающие нарушению временной симметрии. В реализации этой программы фундаментальная роль принадлежит работам по неустойчивым динамическим системам, начатым

Пуанкаре и продолженным блестящей русской школой. Точнее говоря, вопрос сводится к тому, чтобы показать, какие законы управляют хаотическими системами. Именно этой проблемой я занимался в последние годы. В своем докладе я пытаюсь дать вводный обзор результатов, полученных мной коллегами и мной.

Мы показали, что введение хаоса приводит к тому, что можно было бы назвать третьей формой законов природы. Первая форма этих законов оперирует с траекториями в классической механике и с волновыми функциями в квантовой механике. Вторая форма — это статистическая формулировка законов природы, хорошо известная из работ Дж. Гиббса и А. Эйнштейна. Но предложенная этими авторами статистическая формулировка оставалась «приводимой», или «сводимой»: в качестве частного случая она применима к траекториям и волновым функциям. Наоборот, статистическая формулировка, к которой мы приходим при изучении спектральной теории операторов эволюции хаотических систем, неприводима, или несводима. Иными словами, новая формулировка не позволяет отойти от статистического уровня описания. Резюмируя, можно сказать, что законы хаоса носят вероятностный, но не достоверный характер. Законы, управляющие поведением устойчивых систем, детерминистичны и обратимы во времени. Наоборот, законы, описывающие хаотические системы, соответствуют вероятностям и включают в себя необратимость.

Хаос, о котором пойдет речь в докладе, — не только классический хаос, связанный с показателями Ляпунова. Он охватывает также важную категорию неустойчивых гамильтоновых систем, и в частности систем, изучаемых в неравновесной статистической механике, и взаимодействующие поля. Поэтому полученные нами результаты могут представлять интерес для исследования фундаментальных явлений. Любопытно, что парадокс времени связан также с проблемами, которые непрерывно обсуждаются с момента возникновения квантовой механики и создания современной космологии.

Я надеюсь, что по прочтении моего доклада у читателя возникнет желание обратиться к оригинальным работам<sup>1</sup>, где он сможет найти более подробное изложение используемых нами математических методов. В этой связи я хотел бы особо подчеркнуть, что каждая физическая теория рождает свою собственную математику, наиболее соответствующую ее задачам. Это положение остается в силе и в нашем случае. В качестве математической теории мы используем обобщенный функциональный анализ,

которым мы в основном обязаны российской математической школе, и прежде всего И. М. Гельфанду и его коллегам.

Окружающий нас мир — мир эволюционирующий. Мир обратимых явлений, мир Ньютона и мир, описываемый уравнением Шредингера, — всего лишь весьма частные его случаи. Интересно отметить, что мы лишь постепенно, шаг за шагом, приходим к формулировке законов, описывающих эти общие аспекты природы.

29 июля 1993 г.

## ХАОТИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И НЕПРИВОДИМЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

В этом разделе мы познакомим читателя с хаотическими отображениями, в частности со сдвигом Бернулли, и в общих чертах поясним смысл нашей формулировки законов хаоса, основанной на неприводимых представлениях оператора эволюции. В качестве примера рассмотрим хорошо известное отображение — сдвиг Бернулли (рис. 1). Его «уравнение движения» имеет вид

$$x_{n+1} = 2x_n \pmod{1}, \quad (2.1)$$

где  $x$  — число из единичного интервала  $[0, 1]$ , которое в двоичной системе имеет вид

$$x = \frac{u_1}{2} + \frac{u_2}{4} + \frac{u_3}{8} + \dots,$$

где  $u_i$  — двоичная цифра, равная 0 или 1. Отображение (2.1) соответствует сдвигу на один двоичный знак влево:  $u'_n = u_{n-1}$ . Показатель Ляпунова для сдвига Бернулли равен  $\ln 2$ . Вследствие экспоненциального разбегания траекторий решение уравнения движений неосуществимо на уровне траекторий. Поэтому

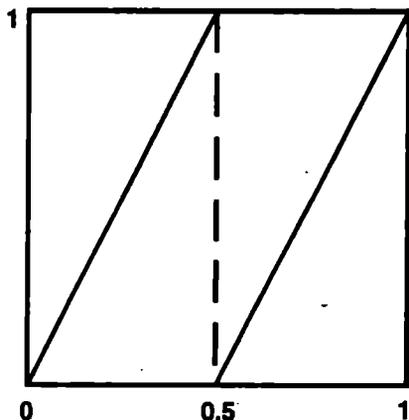


Рис. 1. Сдвиг Бернулли.

<sup>1</sup>Ссылки на ранние работы см.: Prigogine I. Non Equilibrium Statistical Mechanics. N.Y., 1962.

мы воспользуемся вероятностной формулировкой в терминах плотности вероятности  $\rho_n(x)$ . Тогда уравнение движения примет вид

$$\rho_{n+1}(x) = U \rho_n(x), \quad (2.2)$$

где  $U$  — так называемый оператор Перрона-Фробениуса. Нетрудно убедиться, что для сдвига Бернулли уравнение (2.2) может быть записано в следующем явном виде<sup>2</sup>:

$$\rho_{n+1}(x) = \frac{1}{2} \left[ \rho_n \left( \frac{x}{2} \right) + \rho_n \left( \frac{x+1}{2} \right) \right]. \quad (2.3)$$

Таким образом, основная задача сводится к тому, чтобы найти спектральное разложение оператора  $U$ . Эта проблема была решена лишь недавно Х.Х. Хасегавой и У. Сафиром<sup>3</sup>. Основная трудность заключается в том, что оператор  $U$  не допускает спектрального разложения в гильбертовом пространстве. Поэтому мы вынуждены обратиться к обобщенным пространствам (так называемым оснащенным гильбертовым пространствам<sup>4</sup>). Как мы увидим, переход от гильбертовых пространств к оснащенным гильбертовым пространствам играет решающую роль в формулировке неприводимых представлений оператора  $U$ .

Нетрудно найти собственные функции оператора  $U$  — это так называемые полиномы Бернулли  $B_n(x)$ . Например,

$$U1 = 1, U(x - \frac{1}{2}) = \frac{1}{2}(x - \frac{1}{2}), \dots \quad (2.4)$$

Несколько первых полиномов Бернулли  $B_n(x)$  и их производящая функция  $G(x;t)$  представлены ниже.

$$G(x;t) = \frac{te^{xt}}{e^t - 1} = \sum_{n=0}^{\infty} B_n(x) \frac{t^n}{n!}$$

$$B_0(x) = 1$$

$$B_1(x) = x - \frac{1}{2}$$

$$B_2(x) = x^2 - x + \frac{1}{6}$$

<sup>2</sup> См., например: Schuster H. Deterministic Chaos. Weinheim, 1989.

<sup>3</sup> Hasegawa H.H., Saphir W.C. // Phys. Letters. 1991. V.161. P.471-477; Gaspard P. // J. of Physics. 1992. V.A25. P.483; Antoniou I., Tasaki S. // Int. J. Quantum Chemistry. 1993. V.46. P.425-474.

<sup>4</sup> См., например: Shields P. The Theory of Bernoulli Shifts. Chicago, 1973.

$$B_3(x) = x^3 - \frac{3}{2}x^2 + \frac{x}{2}$$

$$B_4(x) = x^4 - 2x^3 + x^2 - \frac{1}{30} \quad \text{и т.д.}$$

Заметим, что собственные значения вещественны и связаны с показателем Ляпунова (так называемые резонансы Рюэля). Полиномы Бернулли более высоких степеней исчезают до того, как функция распределения становится постоянной.

Трудности возникают, когда мы приступаем к рассмотрению оператора  $U^+$ , сопряженного с оператором Перрона-Фробениуса. Нетрудно проверить, что

$$U^+ f(x) = \begin{cases} f(2x), & 0 \leq x \leq \frac{1}{2}, \\ f(2x-1), & \frac{1}{2} < x \leq 1. \end{cases} \quad (2.5)$$

Кроме того,  $U^+$  — изометрический оператор, т.е.

$$\langle U^+ f | U^+ f \rangle = \langle f | f \rangle. \quad (2.6)$$

Трудность возникает именно здесь, так как в гильбертовом пространстве изометрический оператор может иметь собственные значения, только равные по модулю единице. Но  $U^+$  допускает в качестве собственных функций так называемые обобщенные функции (распределения в смысле Л.Шварца):

$$U^+ \bar{B}_n(x) = \frac{1}{2^n} \bar{B}_n(x), \quad (2.7)$$

где

$$\bar{B}_n(x) = \frac{(-1)^{n-1}}{n!} [\delta^{(n-1)}(x-1) - \delta^{(n-1)}(x)] \quad (2.8)$$

и

$$\delta^n = \frac{d^n}{dx^n} \delta(x). \quad (2.9)$$

Кроме того, функции  $B_n(x)$ ,  $\bar{B}_n(x)$  образуют полную биортонормированную систему. Поэтому, используя традиционные дираковские обозначения («браз» и «кет»), мы можем записать, что

$$\langle \bar{B}_n | B_m \rangle = \delta_{nm} \quad (2.10)$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} |B_n\rangle \langle \bar{B}_n| = I, \quad (2.11)$$

и получить комплексные спектральные представления

$$U = \sum_{n=0}^{\infty} |B_n\rangle \frac{1}{2^n} \langle \bar{B}_n|, \quad (2.12)$$

$$U^+ = \sum_{n=0}^{\infty} |\bar{B}_n \rangle \frac{1}{2^n} \langle B_n|. \quad (2.13)$$

Важно подчеркнуть, что левые собственные функции являются обобщенными функциями. В незначительном обобщении сдвига Бернулли, получившем название мультидвиг Бернулли, эти собственные функции являются фракталами<sup>5</sup>. (Это означает, что оператором  $U$  мы можем действовать только на обобщенные функции в комбинации с пробными функциями<sup>6</sup>.) Отдельной траектории в таком представлении соответствует обобщенная функция

$$\rho_n(x) = \delta(x - x_n). \quad (2.14)$$

Скалярное произведение

$$\langle B_n | \delta(x - x_n) \rangle$$

содержит произведение двух обобщенных функций и поэтому не имеет смысла. Мы должны воспользоваться пробными функциями, которыми, как следует из соотношения (2.8), являются полиномы Бернулли произвольного конечного порядка. Для этих функций имеем:

$$\rho_m(x) = U^m \rho_0(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{1}{2^n}\right)^m |\bar{B}_n \rangle \langle B_n | \rho_0 \rangle. \quad (2.15)$$

Эти функции затухают при приближении к равновесию. Сказанное позволяет нам сделать важный вывод: хаос приводит к неприводимому представлению оператора эволюции  $U$ . Таков простейший пример предложенной нами формулировки законов физики (формулировки третьего типа, о которой шла речь во введении). Сдвиг Бернулли не соответствует динамической системе (у сдвига Бернулли нет обратного отображения, он принадлежит к так называемым точным системам).

Обратимся теперь к динамической системе, получившей название «преобразование пекаря» (рис.2). Под действием преобразования пекаря координата  $x$  на каждом шаге растягивается в направлении оси  $x$ , а координата  $y$  сокращается в направлении оси  $y$ .

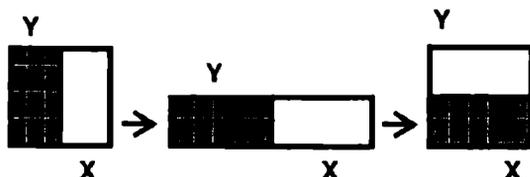


Рис.2. Преобразование пекаря.

В аналитической форме преобразование пекаря выглядит следующим образом ( $0 < x < 1$ ,  $0 < y < 1$ ):

$$\begin{cases} x' = 2x, y' = \frac{y}{2} & \text{при } 0 \leq x \leq \frac{1}{2}, \\ x' = 2x - 1, y' = \frac{y+1}{2} & \text{при } \frac{1}{2} \leq x \leq 1. \end{cases} \quad (2.16)$$

Существует преобразование, обратное преобразованию пекаря<sup>8</sup>. Оно получается, если поменять местами  $x$  и  $y$ .

Вывод спектрального представления в обобщенных пространствах проводится аналогично тому, как это делается в случае сдвига Бернулли<sup>9</sup>. Отличие состоит лишь в том, что теперь и левые, и правые собственные функции – обобщенные. Мы хотим подчеркнуть

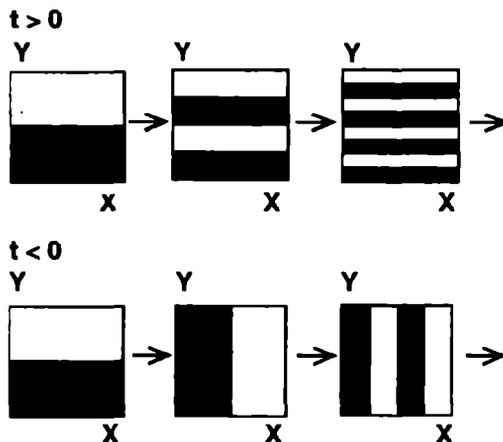


Рис.3. Преобразование пекаря: эволюция в будущее  $t > 0$  и в прошлое  $t < 0$ .

<sup>5</sup> Hasegawa H.H., Driebe D.J. // Phys.Lett.A. 1993. P.176-193.

<sup>6</sup> См., например: Bohm A. Quantum Mechanics. Berlin, 1986.

<sup>7</sup> Antoniou I., Tasaki S. Opt.cit. Более глубоко спектральное представление отображений Реньи, включающих в себя сдвиг Бернулли, рассмотрено в: Antoniou I., Tasaki S. // Journ. of Physics. 1993. V.A26. P.73-94.

<sup>8</sup> Подробнее о преобразовании пекаря см., например: Nicolis G., Prigogine I. Exploring complexity. N.Y., 1989.

<sup>9</sup> См.: Antoniou I., Tasaki S. Opt.cit., а также: Antoniou I., Tasaki S. // Physica A. 1992. V.190. P.303-329.

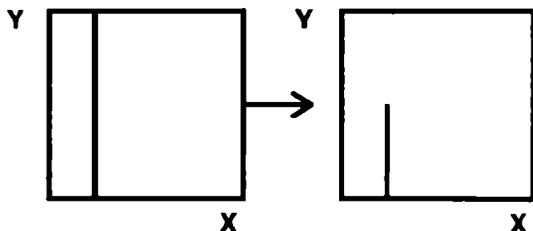


Рис.4. Преобразование пекаря: сжимающиеся волокна.

одно новое фундаментальное свойство – нарушение симметрии во времени. Чтобы понять механизм расщепления динамической группы на две подгруппы, проследим за тем, как происходит преобразование пекаря, обращенное в будущее ( $t > 0$ ) и в прошлое ( $t < 0$ ).

В первом случае мы получаем горизонтальные полосы, во втором – вертикальные (рис.3). Равновесию соответствовало бы равномерное распределение точек по квадрату. Следовательно, существуют наблюдаемые, непрерывные по  $x$  для  $U_t$ ,  $t > 0$ , и наблюдаемые, непрерывные по  $y$  для  $U_t$ ,  $t < 0$ . Кроме того, начальное распределение должно удовлетворять некоторым условиям. Рассмотрим сжимающееся волокно (рис.4). У всех точек, принадлежащих сжимающимся волокнам, одно и то же будущее ( $y$  всех точек, принадлежащих растягивающимся волокнам, одно и то же прошлое). Следовательно, чтобы получить приближение к равновесию при  $t \rightarrow +\infty$ , мы должны начать с распределения  $\rho$ , непрерывного по  $x$ .

Условия непрерывности плотности  $\rho$  по  $x$ , наблюдаемых  $A$  по  $y$ , оператор Перрона-Фробениуса  $U_t$  распространяет при  $t < 0$ . Аналогично, непрерывность плотности по  $y$ ,  $A$  по  $x$  оператор  $U_t$  распространяет при  $t < 0$ . В результате мы вынуждены рассматривать отдельно две подгруппы<sup>10</sup>. Для преобразования пекаря существует более чем одно спектральное представление. Обычное спектральное представление мы имеем в гильбертовом пространстве<sup>11</sup>, а новые спектральные представления – в обобщенных пространствах. Представление в гильбертовом пространстве приводит к собственным значениям, равным по модулю единице (так как  $U_t$  – унитарный оператор).

Представление в гильбертовом пространстве приводимо (оно может быть применено к отдельным траекториям), новые представления неприводимы. Существенно новым элементом представлений в обобщенных пространствах

является дополнительная информация, которую содержит спектр (эта информация связана с временем Ляпунова), и нарушение симметрии во времени. Поэтому мы рассматриваем комплексные спектральные представления как более полную формулировку законов динамики.

С другой стороны, мы видим также, что приближение к равновесию требует специфических условий на наблюдаемые и функции распределения. Необратимость – свойство статистическое, в полном соответствии с пророческими предсказаниями Больцмана.

Обратимся теперь к гамильтоновым системам.

## ГАМИЛЬТОНОВЫ СИСТЕМЫ. ТЕОРЕМА ПУАНКАРЕ

Для нас особое значение имеет предложенная Пуанкаре классификация гамильтоновых систем на интегрируемые и неинтегрируемые. Мы определим, что такое большие системы Пуанкаре (БСП), и кратко рассмотрим некоторые примеры.

Начнем с классической динамики. Коль скоро гамильтониан  $H(p, q)$  известен, мы имеем две формулировки динамики: одну на языке траекторий (И. Ньютон), другую на языке ансамблей (Дж. Гиббс, А. Эйнштейн). Во втором случае мы вводим функцию распределения  $\rho(q, p, t)$ , которая удовлетворяет уравнению Лиувилля

$$i \frac{\partial \rho}{\partial t} = L \rho, \quad (3.1)$$

где  $L$  – оператор Лиувилля (связанный со скобками Пуассона):

$$L = -i \frac{\partial H}{\partial p} \frac{\partial}{\partial q} + i \frac{\partial H}{\partial q} \frac{\partial}{\partial p}. \quad (3.2)$$

Уравнение Лиувилля рассматривается в соответствующем гильбертовом пространстве (представление Купмана<sup>12</sup>):  $L$  – эрмитов оператор, и его собственные значения в гильбертовом пространстве вещественны.

Решение уравнения Лиувилля имеет вид

$$\rho(t) = U(t) \rho(0) = e^{-itL} \rho(0), \quad (3.3)$$

где  $U$  – унитарный оператор. Представление Купмана в гильбертовом пространстве приводимо, так как действие оператора  $U$  в соотношении (3.3) можно записать и как точечное преобразование.

Уравнение Лиувилля – основа статистической механики: покада собственные значения вещественны, мы не можем ввести необратимость на фундаментальном уровне. Она может возникать лишь как следствие каких-то

<sup>10</sup> Более подробно см.: Antoniou I., Tasaki S. *Opf.cit.*: Antoniou I., Prigogine I. // *Physica A*. 1993. V.92. P.443-464.

<sup>11</sup> Arnold V.I., Avez A. *Ergodic Problems of Classical Mechanics*. N.Y., 1968.

<sup>12</sup> См.: Koopman B. *PNAS, USA*. 1931. V.17. P.315..

приближений (т.е. исключения корреляций высших порядков). Мы придерживаемся совершенно иной стратегии. Мы показываем, что для хаотических систем наш подход дает комплексное спектральное представление в обобщенных пространствах. Этот наш шаг в некотором смысле аналогичен тому, который делается в общей теории относительности, когда при наличии материи переходят от евклидова пространства к риманову (напомним, что

гильбертово пространство является обобщением евклидова векторного пространства на случай функционального пространства, поэтому при обращении к гильбертову пространству мы покидаем евклидово пространство).

С совершенно аналогичной ситуацией мы сталкиваемся в квантовой теории. Основой ее описания является уравнение Шредингера

$$i \frac{\partial \Psi}{\partial t} = H_{\text{оп}} \Psi, \quad (3.4)$$

обычно рассматриваемое в гильбертовом пространстве. Однако многие авторы давно подчеркивали настоятельную необходимость перехода к оснащеному гильбертову пространству для получения спектрального представления в случае непрерывного спектра или введения понятия векторов Гамова<sup>13</sup> (к этому вопросу мы еще вернемся).

Второе описание — на языке ансамблей, удовлетворяющих уравнению Лиувилля–Неймана (3.1), где  $L$  — коммутатор оператора Гамильтона  $H_{\text{оп}}$  с  $\rho$ :

$$L = [H_{\text{оп}}, \rho]. \quad (3.5)$$

И снова мы получаем приводимое статистическое представление. Коль скоро мы решаем задачу на собственные значения для оператора Гамильтона  $H_{\text{оп}}$  и получаем его спектральное представление

$$H_{\text{оп}} = \sum_n |\varphi_n\rangle E_n \langle \varphi_n|, \quad (3.6)$$

мы тем самым решаем и задачу на собственные значения оператора Лиувилля  $L$ :

$$L (|\varphi_i\rangle \langle \varphi_j|) = (E_i - E_j) (|\varphi_i\rangle \langle \varphi_j|) \quad (3.7)$$

и получаем его спектральное представление.

$$L = \sum_j (|\varphi_j\rangle \langle \varphi_j|) (E_j - E_i) (|\varphi_i\rangle \langle \varphi_i|) \quad (3.8)$$

<sup>13</sup> См.: Bohm A. *Opt.cit.*, а также: Bohm A., G adella M. *Dirac kets, Gamow vectors and Gelfand triplets*. Berlin., 1989; некоторые работы Э.Сударшана с сотрудниками, например: Parravicini G., Goriiv., Sudarshan E.C.G. // *J.Math.Physics*. 1980. V.21. P.2208.

<sup>14</sup> Petrosky T., Prigogine I. // *Physica A*. 1991. V.175. P.146.

Заметим, что все пары  $|\varphi_i\rangle \langle \varphi_j|$  соответствуют инвариантам движения ( $E_i - E_j = 0$ ). С совершенно иной ситуацией мы сталкиваемся в случае систем, допускающих неприводимые представления: как будет показано, уравнения Лиувилля–Неймана допускают решения, не выводимые из уравнения движения (Ньютона, Шредингера). В этом смысле мы получаем альтернативную форму классической или квантовой динамики<sup>14</sup>.

В этом месте мы вводим предложенную Пуанкаре (1889) фундаментальную классификацию систем на интегрируемые и неинтегрируемые<sup>15</sup>. Теорема Пуанкаре действительно стала вехой в истории динамики. До нее считалось, что динамическая проблема разрешима, если удалось записать дифференциальные уравнения движения. Пуанкаре показал, что это не так, поскольку необходимо различать интегрируемые системы (для которых гамильтониан может быть записан в виде функции, зависящей только от импульсов или переменных действия  $J$ ) и неинтегрируемые системы. Пуанкаре начал с гамильтонианов с двумя степенями свободы

$$H = H_0(J_1, J_2) + \lambda V(J_1, J_2, \alpha_1, \alpha_2) \quad (3.9)$$

и задал себе вопрос, можно ли исключить взаимодействие  $V$  с помощью канонических преобразований, аналитических по константе связи  $\lambda$ .

Как хорошо известно, ответ в общем случае отрицателен из-за расходимостей Пуанкаре, обусловленных малыми знаменателями. Фундаментальное значение работ Пуанкаре было осознано с появлением теории КАМ (А.Н.Колмогорова, В.И.Арнольда, Ю.Мозера)<sup>16</sup>. Теперь мы знаем, что резонансы приводят к появлению «стохастических» траекторий, наблюдаемых в сечениях Пуанкаре фазового потока.

Следует подчеркнуть, что теория КАМ не решила проблему интегрирования неинтегрируемых систем Пуанкаре, а только установила условия, гарантирующие применимость теории возмущений достаточно далеко от резонансов.

Нас будут интересовать большие системы Пуанкаре (БСП) с непрерывным спектром<sup>17</sup>. Как впервые отметили Б.Купман и Дж. фон Нейман, динамические системы с непрерывным спектром эволюционируют во времени смешанным образом. Именно в этой работе термин «хаос» был

<sup>15</sup> См., например: Tabor M. *Chaos and Nonintegrability in Nonlinear Dynamics*. N.Y., 1989.

<sup>16</sup> См.: Tabor M. *Opt.cit.*

<sup>17</sup> Petrosky T., Prigogine I. // *Physica A*. 1988. V.147. P.439. Здесь же содержатся ссылки на более ранние работы.

<sup>18</sup> Коорман В., Neumann von T. *PNAS, USA*. 1932. V.18. P.255.

впервые применен в связи с динамическими системами.

Нетрудно понять, что к БСП теория КАМ неприменима. Рассмотрим, например, осциллятор с частотой  $\omega_1$ , помещенный в поле. Знаменатель Пуанкаре в этом случае имеет вид

$$\frac{1}{\omega_1 - \omega_k} \quad (3.10)$$

В пределе непрерывного поля ( $\omega_k$  изменяется как непрерывная функция волнового вектора  $k$ ) величина (3.10) не ограничена. БСП, классические и квантовые, представляют собой весьма общий случай систем, встречающихся в нашем описании природы («золотое правило» Ферми соответствует приближению, позволяющему исключить расходимости Пуанкаре). Они встречаются во всех проблемах, связанных с неравновесной статистической механикой, а также там, где рассматриваются взаимодействующие поля, будь то квантовая электродинамика или космология.

### МОДЕЛЬ ФРИДРИХСА

Приведем пример, когда расходимости Пуанкаре (связанные с неинтегрируемостью) легко поддаются «лечению», — известную модель Фридрихса<sup>20</sup>, играющую для квантовых гамильтоновых систем роль, в некотором смысле аналогичную сдвигу Бернулли.

Известно, что гамильтониан в модели Фридрихса (мы рассматриваем двухуровневый атом, взаимодействующий с полем, и пренебрегаем виртуальными переходами) имеет вид

$$\begin{aligned} H &= H_0 + \lambda V = \\ &= \omega_1 |1\rangle\langle 1| + \sum_k \omega_k |k\rangle\langle k| + \\ &+ \lambda \sum_k V_k (|k\rangle\langle 1| + |1\rangle\langle k|). \end{aligned} \quad (4.1)$$

Фридрихс решил спектральную проблему, исключив из рассмотрения состояние атома. В таком случае получаем

$$H = \sum |\Phi_k\rangle \omega_k \langle \Phi_k|, \quad (4.2)$$

где новые полые моды  $|\Phi_k\rangle$  образуют полную ортонормированную систему. Проблемы, связанные с решением Фридрихса, хорошо известны<sup>21</sup> (спектральная катастрофа при  $\lambda \rightarrow 0$ , трудности с описанием квантовых переходов, так как состояние атома исключено). По этой причине различные

авторы предложили воспользоваться аналитическим продолжением или методами расширения, чтобы сохранить в спектре гамильтониана  $H$  «одетое» нестабильное состояние. В частности, нас интересует исключение расходимостей Пуанкаре. Чтобы избавиться от них, мы начнем с обычной теории возмущений Шредингера, но на комплексной плоскости. В явном виде запишем<sup>22</sup>:

$$\begin{aligned} (H_0 + \lambda V)|\varphi_\alpha\rangle &= z_\alpha |\varphi_\alpha\rangle, \quad (\alpha=1 \text{ или } k), \\ |\varphi_\alpha\rangle &= \sum_{n=0}^{\infty} \lambda^n |\varphi_\alpha^{(n)}\rangle, \quad |\varphi_\alpha^{(0)}\rangle = |\alpha\rangle, \quad (4.3) \\ z_\alpha &= \sum_{n=0}^{\infty} \lambda^n z_\alpha^{(n)}, \quad z_\alpha^{(0)} = \omega_\alpha, \end{aligned}$$

откуда получим

$$\begin{aligned} \langle \beta | \varphi_\alpha^{(n)} \rangle &= \frac{-1}{\omega_\beta - \omega_\alpha + i\epsilon_{\beta\alpha}} x \\ [ \langle \beta | V | \varphi_\alpha^{(n-1)} \rangle &- \sum_{l=1}^n z_\alpha^{(l)} \langle \beta | \varphi_\alpha^{(n-l)} \rangle ]. \end{aligned} \quad (4.4)$$

В знаменателе появляются расходимости Пуанкаре. В простых задачах рассеяния (об этом речь ниже) достаточно выбрать раз и навсегда ветвь  $\epsilon_{\beta\alpha} = +\epsilon$  ( $\epsilon > 0$ ) или  $\epsilon_{\beta\alpha} = -\epsilon$ . Но такой выбор еще не избавляет от расходимостей. Поэтому нам придется воспользоваться аналитическим продолжением, которое зависит от процесса. Условимся рассматривать переходы из нестабильного состояния 1 в полевое состояние как «ориентированные в будущее», а переходы из полевых состояний в возбужденное состояние как «ориентированные в прошлое». Такое соглашение соответствует физической ситуации, когда атом достигает основного состояния в будущем (подчеркнем аналогию с преобразованием пекаря, в котором будущее ассоциируется с растягивающейся координатой). В итоге мы получаем правило

$$\epsilon_{\alpha\beta} = \begin{cases} -\epsilon & \text{при } k \leftarrow 1, \\ -\epsilon & \text{при } k \leftarrow k', \\ +\epsilon & \text{при } 1 \leftarrow k. \end{cases} \quad (4.5)$$

Оно позволяет устранить расходимости Пуанкаре и приводит к состоянию атома

<sup>19</sup> Этим замечанием мы обязаны Я.Антониу.

<sup>20</sup> Friedrichs K. // *Comm. Pure Appl. Math.* 1948. V.1. P.361.

<sup>21</sup> См., например: Sudarshan E.C.G., Chiu C.B., Gorini V. // *Phys.Rev.D.* 1978. V.18. P.2914.

<sup>22</sup> Petrosky T., Prigogine I., Tasaki S. // *Physica A* 1991. V.173. P.175.

$$|\varphi_1\rangle = N_1^{1/2} \left( |1\rangle - \sum_k \frac{\lambda V_k}{(\omega_k - \bar{\omega}_1 - z)^+ - i\gamma} |k\rangle \right). \quad (4.6)$$

Здесь  $N_1$  – нормировочный множитель; знак + указывает на аналитическое продолжение вверх; перенормированная энергия  $\bar{\omega}_1$  и скорость распада  $\gamma$  возбужденного состояния связаны с собственным значением  $z_1$  соотношением

$$z_1 = \bar{\omega}_1 - i\gamma. \quad (4.7)$$

Формула для  $|\varphi_1\rangle$  была впервые выведена Н. Наканиши<sup>23</sup>. Она соответствует комплексной обобщенной функции. Аналогичные выражения получены для  $\langle \bar{\varphi}_1 |$ , а также для  $|\varphi_k\rangle$  и  $\langle \bar{\varphi}_k |$ . Функции  $|\varphi_\alpha\rangle, \langle \bar{\varphi}_\alpha |$  ( $\alpha = 1$  или  $k$ ) образуют биортонормированную систему. Таким образом, мы получаем спектральное представление

$$H = \sum |\varphi_\alpha\rangle z_\alpha \langle \bar{\varphi}_\alpha|. \quad (4.8)$$

Основной результат состоит в том, что мы получили второе спектральное представление эрмитова оператора  $H$  (см. формулу (4.2)). Поскольку  $|\varphi_\alpha\rangle$  и  $\langle \bar{\varphi}_\alpha |$  – обобщенные функции, новое комплексное спектральное представление действует в оснащённом гильбертовом пространстве. И в этом случае нам, как и прежде, необходимы пробные функции. Не вдаваясь в обсуждение математической структуры оснащённого пространства, упомянем лишь о том, что новое спектральное представление обладает нарушенной симметрией во времени и что, как и в случае преобразования пекаря, динамическая группа разбивается на две подгруппы.

Интересно отметить аналогию между отображениями и большими системами Пуанкаре, например моделью Фридрихса. И в том, и в другом случае существует естественная внутренняя стрела времени (наше время течет в направлении положительного показателя Ляпунова или в направлении распада нестабильной частицы).

Поскольку модель Фридрихса приводит к нарушению симметрии во времени, она не описывает приближение к равновесию. Энергия нестабильного атома только передается полю.

Кроме того, поскольку модель Фридрихса – БСП, она не приводит к неприводимому спектральному представлению на уровне вероятностного описания. Мы можем по-прежнему пользоваться волновыми функциями. В том смысле, который определен выше, система не хаотична. В этом нетрудно убедиться с помощью несложных компьютерных

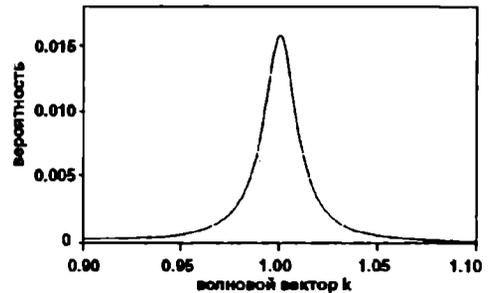
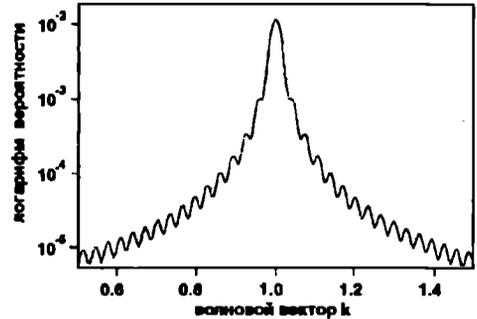
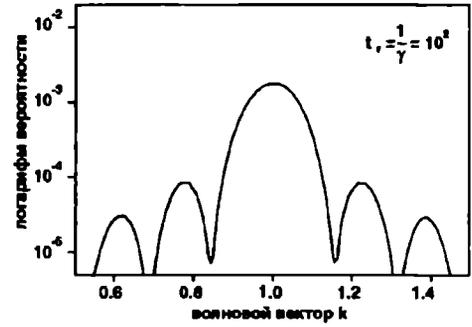


Рис.5. Эволюция вероятности перехода вблизи резонанса,  $t = 40, 200, 800$ , (в произвольных единицах).

экспериментов<sup>24</sup> (рис.5). На графиках показана эволюция во времени вероятности перехода  $|\langle k | \exp(-iHt) | 1 \rangle|^2$  как функции волнового вектора  $k$ .

После нескольких колебаний спектральное представление, как и следовало ожидать, принимает лоренцовскую форму. Такое

<sup>23</sup> Nakanishi N. // Progr. Theor. Phys. 1958. V. 19. P. 607.

<sup>24</sup> Выражаю свою признательность У. Сафиру за проведение этих компьютерных экспериментов.

поведение отличается от поведения квантовых «хаотических» систем, к рассмотрению которых мы сейчас переходим.

## КВАНТОВЫЙ ХАОС

Теперь мы подходим к главному – существованию неприводимых представлений (на уровне матрицы плотности) в квантовой механике. Рассмотрим простой пример потенциального рассеяния, который позволяет высказать несколько общих соображений.

Парному рассеянию соответствует гамильтониан

$$H = \sum_k \omega_k |k\rangle \langle k| + \lambda \sum_{k,k'} V_{k,k'} |k\rangle \langle k'|. \quad (5.1)$$

И в этом случае возникают резонансы Пуанкаре. Однако мы не можем избавиться от них с помощью одного лишь упорядочения во времени состояний  $k$  в гильбертовом пространстве, как в модели Фридрихса.

Это побудило нас разработать общий метод, позволяющий исключать резонансы Пуанкаре, но на уровне статистических ансамблей. И этот метод, как и раздел 4, основан на упорядочении времени. Но теперь упорядочение времени относится к потоку корреляций. Иначе говоря, если мы начнем с независимых частиц, то соударения приведут последовательно к парным, тройным и т.д. корреляциям. Это позволяет с помощью подходящего аналитического продолжения исключить расходимости Пуанкаре на уровне уравнения Лиувилля – фон Неймана. Как и в случае отображений, мы получаем неприводимое спектральное представление, которое в нашем подходе служит признаком хаоса.

Здесь мы хотим ограничиться лишь несколькими краткими замечаниями по поводу рассеяния и показать, что, когда мы выходим за рамки теории  $S$ -матрицы, нам удастся получить диссипативные эффекты, недоступные описанию в рамках традиционной квантовой теории.

Рассеяние ставит перед нами физическую проблему: с одной стороны, оно соответствует вполне определенному динамическому процессу, описываемому в квантовой механике  $S$ -матрицей; с другой стороны, это основной механизм необратимости в том виде, в каком необратимость входит в уравнения переноса. Как связаны между собой эти два аспекта необратимости?

Как мы видим, различие между ними заключается в типе начальных условий.

Мы можем рассматривать либо выключаемое рассеяние, происходящее на конечном

интервале времени, либо невыключаемое рассеяние, происходящее на бесконечном интервале времени (второй случай ближе к ситуациям, которыми занимается статистическая механика или космология). К квантовому хаосу приводит совместное действие резонансов и невыключаемого рассеяния.

Остановимся сначала на случае рассеяния, соответствующем вполне определенным in- и out-состояниям. Гамильтониан диагонализуются с помощью так называемых меллеровских состояний

$$H|\varphi_k^\pm\rangle = \omega_k |\varphi_k^\pm\rangle. \quad (5.2)$$

(Никакого противоречия с теоремой Пуанкаре здесь нет.) Зная меллеровские состояния, мы можем вычислить  $S$ -матрицу и сечение рассеяния. Так как система интегрируема, уравнение Лиувилля–фон Неймана не дает ничего нового. Рассмотрим теперь невыключаемое взаимодействие. Например, мы можем выбрать плоскую волну. Ее матрица плотности имеет вид  $\rho = |k_0\rangle \langle k_0|$ . Теперь мы уже имеем импульсное представление в терминах обобщенных функций. В общем случае невыключаемое взаимодействие соответствует сингулярной матрице плотности

$$\rho_{kk'} = \rho_k^d \delta_{\Omega}(k-k') + \rho'_{kk'}. \quad (5.3)$$

В координатном представлении сингулярный член соответствует равномерному распределению. Здесь  $\delta_{\Omega}(k) = \Omega \delta^{Kr}(k)$ , где  $\Omega$  – объем,  $\delta^{Kr}$  – дельта-функция Кронекера<sup>25</sup>.

Из формулы (5.2) мы получаем для задачи на собственные значения оператора Лиувилля (см.(3.5)):

$$L|\varphi_k^\pm; \varphi_{k'}^\pm\rangle = \omega_{kk'} |\varphi_k^\pm; \varphi_{k'}^\pm\rangle, \quad (5.4)$$

где мы воспользовались обозначением  $|\varphi_k^\pm; \varphi_{k'}^\pm\rangle$  для диад  $|\varphi_k^\pm\rangle \langle \varphi_{k'}^\pm|$  и  $\omega_{kk'} = \omega_k - \omega_{k'}$ . Поскольку меллеровские состояния – не обычные, а обобщенные функции, при интерпретации соотношений (5.2) или (5.4) необходимо соблюдать осторожность. Особый интерес для нас представляет интерпретация соотношения (5.4) при  $k \rightarrow k'$ . В этом случае  $\omega_{kk'} \rightarrow 0$ . Отсюда прежде всего следует, что величины  $|\varphi_k^\pm; \varphi_{k'}^\pm\rangle$  – инварианты движения. И это действительно так в  $x$ -представлении. В этом представлении меллеровские состояния вполне определены (и являются обычными, а не обобщенными функциями), и

<sup>25</sup> Мы вводим здесь новую нормировку. В пределе при  $\Omega \rightarrow \infty$  величина  $\delta_{\Omega}(k)$  переходит в обычную  $\delta$ -функцию Дирака. Мы вводим здесь новую нормировку. В пределе при  $\Omega \rightarrow \infty$  величина  $\delta_{\Omega}(k)$  переходит в обычную  $\delta$ -функцию Дирака.

$$\frac{d}{dt} \langle\langle xx | e^{-iL t} | \varphi_k^+; \varphi_k^+ \rangle\rangle = 0.$$

В импульсном представлении ситуация иная. С обобщенными функциями обычно оперируют, вводя «волновые пакеты», которые представляют собой не что иное, как пробные функции. Однако теперь мы хотим выйти за рамки обычной теории S-матрицы. Следовательно, мы должны с особой тщательностью выполнить аналитическое продолжение. В результате мы получаем<sup>26</sup>

$$\frac{d}{dt} \langle\langle ||' | e^{-iL t} | \varphi_k^+; \varphi_k^+ \rangle\rangle = 0. \quad (5.6)$$

Но

$$\frac{d}{dt} \langle\langle || | e^{-iL t} | \varphi_k^+; \varphi_k^+ \rangle\rangle = \Theta_{||kk}, \quad (5.7)$$

где  $\Theta$  – оператор столкновений, входящий в кинетическое уравнение Паули. Поэтому величина  $|\varphi_k^+; \varphi_k^+\rangle\rangle$  перестает быть инвариантом, если ее связывать с делокализованной плоской волной  $||\rangle\langle|$ . Кроме того,  $\langle\langle || | e^{-iL t} | \varphi_k^+; \varphi_k^+ \rangle\rangle$  изменяется строго линейно по времени. Резонансы (возникающие в операторе столкновения) разрушают инварианты движения. Возникают диссипативные эффекты, характерные для хаоса и нарушения симметрии во времени.

Это – простейшая проблема, на примере которой мы видим, как динамика объединяется с теорией ансамблей и необратимостью.

Для проверки наших предсказаний относительно рассеяния в классическом и квантовом случае были проведены обширные численные эксперименты. Согласие оказалось превосходным (в пределах точности вычислений<sup>27</sup>).

Заметим еще раз, что непосредственное применение квантовой механики, использующее соотношение (5.2), приводит к заключению, согласно которому  $|\varphi_k^+; \varphi_k^+\rangle\rangle$  – инвариант движения. Диссипативные эффекты могут наблюдаться только в случае непрерывающегося рассеяния (для волновых пакетов вклад  $|\varphi_k^+; \varphi_k^+\rangle\rangle$  пренебрежимо мал по сравнению с  $\langle\langle ||' |$ ). Как видно из соотношения (5.3), необходимо рассмотреть сингулярные решения  $F_k^{(0)}$  уравнения Лиувилля–фон Неймана, не принадлежащие гильбертовому пространству. Это вынуждает нас переформулировать задачу на собственные значения, так как для сингулярной части  $F_k^{(0)} \delta_{\Omega}(k-k')$  и для регулярной части  $F_k^{(0)} \delta_{\Omega}(k, -k')$  нам необходимы два связанных уравнений. Эта задача на собственные значения может быть решена строго. Важный вывод состоит в том, что в случае невыключаемых взаимодействий возник-

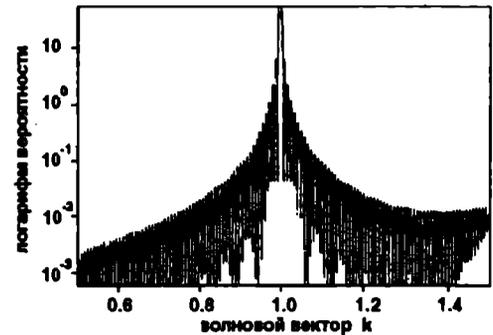
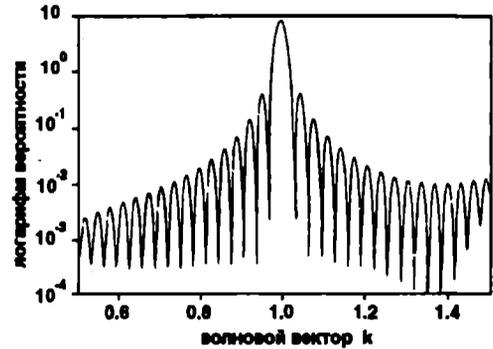
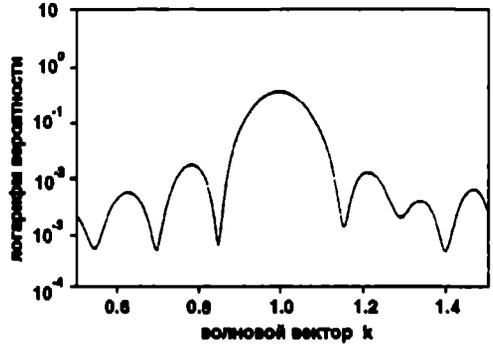


Рис.4. Вероятности перехода при  $t = 40, 200, 800$  (в произвольных единицах с невыключаемыми взаимодействиями).

ают новые решения (такие, как микроканоническое распределение), которые представляют собой суперпозиции квантовых состояний и не выводятся из уравнения Шредингера. Полученные нами сингулярные решения задачи на собственные значения допускают сравнение с результатами численных экспериментов. И снова согласие оказывается полным.<sup>28</sup> Разумеется, в

<sup>26</sup> Petrosky T., Prigogine I. // 1993  
<sup>27</sup> Opt.cif.

случае одиночного рассеяния равновесие не достигается, но теория легко допускает обобщение на случай многих тел.

Рассмотрим теперь физический смысл квантового хаоса. В классических ситуациях хаос не означает, что уравнения движения становятся «плохими». Смысл хаоса в том, что интегрирование уравнений движения может быть выполнено на статистическом уровне. С аналогичной ситуацией мы встречаемся и в нашем случае. Как известно, соотношение между матрицей плотности  $\rho$  и волновой функцией  $\Psi$  (в чистом состоянии) имеет вид

$$\rho = \Psi \Psi^\dagger. \quad (5.8)$$

Необратимость означает, что мы не можем переходить от  $\Psi$  к  $\rho$  и обратно. Такой переход возможен, только если  $\Psi$  и  $\rho$  – обобщенные функции. В простых случаях временное уравнение Шредингера удается решить на компьютере (результаты такого численного решения представлены на рис.6).

Рассмотрим одномерное рассеяние. Начнем с монохроматической волны. Ее начальная энергия равна  $\omega_0 = kb/2$ , где  $k_0 = 1$ , и мы попытаемся построить резонанс в окрестности  $k=1$ . Рис.6 полезно сравнить с рисунками, на которых изображено формирование спектральной линии. Как и следовало ожидать,  $\rho$  обнаруживает все более быстрые осцилляции. Поэтому  $\rho$  имеет смысл только в комбинации с пробными функциями (и становится тогда пропорциональной времени). В сочетании с пробными функциями они приводят к постоянным во времени. Таким образом, матрица плотности, взятая в сочетании с пробными функциями, не может быть разложена на волновые функции, взятые в сочетании с пробными же функциями. Таков результат совместного действия резонансов (возникающих между бра- и кет-векторами) и невыключаемого рассеяния. На уровне матрицы плотности квантовое описание становится неприводимым.

Мы имеем здесь очень простой пример «коллапса» волновой функции, обусловленного потерей когерентности. Неявно этот результат

содержится в соотношениях (5.6) – (5.7), так как диагональные члены возрастают линейно со временем, тогда как недиагональные члены остаются постоянными.

## ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Существование хаотических динамических систем, характеризуемое неприводимыми комплексными представлениями оператора эволюции, имеет далеко идущие последствия. Это в равной мере относится и к классической, и к квантовой механике.

Нефакторизуемость квантовой матрицы плотности для БСП, по существу, обусловлена резонансами между бра- и кет-векторами, делающими невозможным описание при сколь угодно больших временах в рамках традиционного гильбертова пространства.

Мы считаем, что наш подход дает решение и парадокса времени, и квантового парадокса. Мы получаем чисто динамическое описание «процесса коллапса» в обобщенных пространствах. Кроме того, можно показать, что коллапс протекает причинно. Именно поэтому связь между квантовой механикой и общей теорией относительности упрощается.

Мы уже упоминали о том, что взаимодействующие поля – это типичные БСП. В частности, это относится к взаимодействию гравитации и материи. Так, Тасаки показал, что резонансы могут происходить между конформным полем в общей теории относительности и полями материи, дестабилизируя вакуум Минковского.

В итоге мы приходим к более единообразному описанию природы, в котором неприводимость играет существенную роль на каждом уровне описания. Необратимость возникает в результате неустойчивости «хаоса». Но коль скоро необратимость вводится в фундаментальное описание посредством надлежащего обобщения формулировки законов природы, становится понятным то необычайное разнообразие, которое являет нам природа, – от равновесных систем (например, реликтового излучения) до высокоорганизованных неравновесных систем (например, живых организмов).

## Для тех, кто не был на лекции

Ю.А.Данилов

Москва

Несмотря на то, что самая большая аудитория МГУ была переполнена, далеко не все желающие смогли присутствовать на лекции И.Р. Пригожина. Им, а также тем из читателей «Природы», которым статья Пригожина могла бы показаться сложной, и предназначены эти заметки. Они состоят из двух частей. В первой автор как бы пытается ответить на вопрос, что было на лекции, своему коллеге, не склонному углубляться в детали, но желающему тем не менее узнать суть новых работ Пригожина. Во второй части заметок автор отвечает на вопросы, которые могли бы возникнуть по ходу чтения записи лекции у читателя, не знакомого с языком современной физики.

Итак. Основной тезис Пригожина состоит в том, что необратимость во времени порождается хаосом на фундаментальном уровне. Под этим понимается следующее. В ньютоновой механике эволюция физической системы во времени описывается в терминах отдельных траекторий, в квантовой — в терминах отдельных волновых функций. Уравнения движения (уравнения Ньютона — в классической механике и уравнение Шредингера — в квантовой механике) оказываются обратимыми во времени: прошлое при таком описании равноправно с будущим. Несответствие между наблюдаемой необратимостью физических процессов (однаправленностью времени) и обратимым характером уравнений движения Пригожин называет парадоксом времени.

Дж.Гиббс и А.Эйнштейн предложили перейти от описания в терминах траекторий к вероятностному описанию совокупностей, или ансамблей, траекторий. С возникновением квантовой механики описание в терминах ансамблей было применено к квантовым системам. Однако парадокс времени по-прежнему оставался нерешенным, так как описание в терминах ансамблей допускало сведение к описанию в терминах отдельных траекторий.

Решение парадокса времени Пригожин видит во введении нового понимания в терминах ансамблей, отличающегося от описания Гиббса и Эйнштейна несводимостью к отдельным траекториям и волновым функциям. Математическое оформление этой идеи потребовало значительных усилий, связанных с необходимостью выхода за рамки традиционного аппарата математической физики.

Таков (в сильно упрощенном изложении) основной сюжет доклада Пригожина.

Попытаемся теперь ответить хотя бы на часть вопросов, которые могут возникнуть у менее подготовленного читателя при первом знакомстве с текстом статьи. Разумеется, перечень вопросов индивидуален, и приводимые ниже ответы не претендуют, да и не могут претендовать на полноту и, тем более, строгость. (Строгие определения математических терминов и понятий, встречающихся в статье, были бы еще более непонятны неспециалисту.

1. Экспоненциальное разбегание траекторий означает, что первоначально близкие

траектории быстро (экспоненциально) расходятся. Оставаясь в ограниченной области (фазового) пространства, они перепутываются, что и порождает сложное (хаотическое) поведение системы.

2. Показатель Ляпунова — количественная характеристика (число) скорости разбегания траекторий.

3. Чувствительность к начальным данным — характерное свойство систем с хаотическим поведением: незначительный в начальный момент разброс траекторий и приводит к тому, что эволюция первоначально близких состояний системы существенно различается.

4. Квантовая механика традиционно описывает эволюцию систем с помощью операторов — отображений или преобразований, переводящих волновую функцию из начального состояния в последующие состояния. Операторы, как принято говорить, действуют на гильбертовом пространстве волновых функций. Это означает, что операции сложения волновых функций и умножения волновой функции на любое (комплексное) число не выводят за пределы допустимого множества волновых функций. Кроме того, для любых двух волновых функций в гильбертовом пространстве определено скалярное произведение — неотрицательная величина, свойства которой воспроизводят свойства скалярного произведения обычных векторов.

Операторы (линейные), действующие в гильбертовом пространстве, допускают спектральное представление,

или разложение. Иными словами, каждый оператор может быть представлен в виде суммы так называемых проекционных операторов (или интеграла от проекционных операторов)—аналог разложения функции в ряд по заданным функциям, например в ряд Фурье.

Оснащенные гильбертовы пространства—одно из обобщений понятия гильбертова пространства, позволяющее сохранить некоторые «хорошие» свойства последнего.

5. Операторы, сохраняющие (т.е. оставляющие неизменным) скалярное произведение любых двух волновых функций гильбертова пространства, называются унитарными. Последовательное выполнение («умножение») двух унитарных операторов порождает новый унитарный оператор—произведение исходных унитарных операторов.

Множество всех унитарных операторов образует группу (унитарную группу) относительно «умножения», понимаемого как последовательное выполнение операторов. Это означает следующее: произведение любых двух унитарных операторов унитарно; единичный, или тождественный, оператор, не производящий над волновыми функциями никаких действий, унитарен; оператор, обратный любому унитарному оператору (т.е. уничтожающий его действие), унитарен; произведение любых трех унитарных операторов не зависит от «расстановки скобок», т.е. от того, умножается ли сначала первый оператор на второй, а затем их произведение на третий, или

сначала второй оператор умножается на третий, а затем первый оператор умножается на произведение второго и третьего.

Наличие в унитарной группе обратных операторов означает обратимость описываемой ими эволюции во времени, т.е. перехода не только от прошлого к будущему, но и обратного перехода—от будущего к прошлому.

6. Полугруппа—множество операторов, не содержащее обратных операторов (как и в случае группы, произведение любых трех операторов полугруппы не зависит от «расстановки скобок»). В статье Пригожина речь идет об операторах эволюции. Отсутствие обратных операторов делает эволюцию однонаправленной либо из прошлого в будущее, либо из будущего в прошлое.

7. Оператор Перрона-Фробениуса—оператор эволюции, переводящий текущее состояние системы в последующие состояния.

8. Под действием оператора функция (волновая) переходит, вообще говоря, в какую-то другую. В тех случаях, когда действие оператора сводится к умножению исходной функции на число (вещественное или комплексное), это число называется собственным значением, а функция—собственной функцией оператора. Множество всех собственных значений данного оператора называется его спектром.

9. Два оператора называются сопряженными, если для любых двух функций из гильбертова пространства скалярное произведение первой функции, после действия на нее первого оператора, на вол-

новую функцию совпадает со скалярным произведением первой функции на вторую функцию после действия на нее второго оператора.

10. Обобщенная функция—математическое понятие, расширяющее классическое понятие функции на случай распределения физических величин, не поддающихся измерению в точке, но могущих быть измеренными в среднем по некоторой окрестности точки.

11. Скобочные обозначения «брас» и «кет»—предложенные П.Дираком обозначения скалярного произведения в виде угловых скобок, разделенных вертикальной чертой. Левый аргумент (первая функция), называется брас-состоянием, а правый—кет-состоянием (от англ. bracket—скобка).

12. Фракталы—объекты с сильно извилистой, изрезанной или пересеченной границей. Обычные меры длины, площади и объема к фракталам неприменимы. Геометрию фракталов принято описывать другими характеристиками, например размерностью Хаусдорфа-Безиковича. Для нефрактальных (гладких) объектов эта размерность совпадает с обычной (топологической) размерностью (равной 0 для точки, 1—для линии, 2—для плоской фигуры, 3—для тела) и принимает целочисленные значения, но для фрактальных объектов (фракталов) размерность Хаусдорфа-Безиковича принимает, вообще говоря, дробные значения. Например, для очень извилистой линии она может быть равна 1,03 («уже не линия, но еще не плоская фигура»).

# Парадоксы венда

К. Э. Якобсон

Венд — это период, имеющий исключительное значение для понимания направленности геологического процесса.

Академик Б. С. Соколов



Ким Эдуардович Якобсон, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий отделом Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского. Автор примерно 80 научных работ по докембрию Русской платформы и Урала.

**О** КОЛО 40 лет назад ленинградский геолог Б. С. Соколов доказал, что между толщами протерозоя и палеозоя располагается мощный и сложный по своему строению комплекс горных пород. (По имени древней славянской народности, населявшей Прибалтику, этот комплекс назвали вендом.) Позднее было установлено, что по своему значению и длительности — около 80 млн. лет — венд соответствует самостоятельному геологическому периоду<sup>1</sup>.

Этот период во многих отношениях уникален: в венде происходили события, которые не отмечались ни до, ни после него, а также события, определявшие весь дальнейший ход геологической истории.

Важнейшая особенность венда — присутствие на многих материках мощных покровных оледенений. В течение геологической истории оледенения бывали неоднократно, но они никогда не охватывали столь обширных территорий. С этим периодом связано и появление древнейших в истории Земли животных, отпечатки которых находят в вендских слоях. Вместе с тем это был период диастрофизмов — мощных тектонических катастроф, преобразующих лик Земли.

Автор предлагаемой статьи посвятил геологии венда многие годы, и не раз при изучении этого уникального периода ему доводилось сталкиваться с некоторыми труднообъяснимыми фактами. Парадоксальность их заключается хотя бы в том, что они противоречат известным геологическим закономерностям. Попытаемся разрешить эти противоречия, рассмотрев непонятные факты один за другим.

## ПАРАДОКС ПЕРВЫЙ

Известно, что под нагрузкой материковых льдов земная поверхность прогибается, а после таяния льда ее уровень

© Якобсон К. Э. Парадоксы венда.

<sup>1</sup> Соколов Б. С. Вендский период в истории Земли // Природа. 1984. № 12. С. 3—18.

восстанавливается. Однако после вендского оледенения на Русской платформе уровень земной поверхности остался прежним. В этом состоит первый парадокс.

Любая платформа — это относительно стабильная область суши. Одной из крупнейших на Земле платформ является Русская, или Восточно-Европейская, простирающаяся от Урала до Карпат. На примере Русской платформы можно рассмотреть всю последовательность событий, происходивших в венде. Но сначала несколько слов о прецеденте.

Около 1,65 млрд. лет назад на Русской платформе, как и во многих других областях Земли, завершились активные геологические процессы, и территория превратилась в возвышенную сушу — горную страну, или плоскогорье, рассеченное глубокими речными долинами.

В таком состоянии платформа существовала целый миллиард лет, т. е. всю эпоху, именуемую рифеем. На ней протекали обычные для горных стран процессы эрозии и связанного с ней выравнивания рельефа, но никаких крупных событий, которые оживили бы вялый характер этих процессов, не происходило. События начались в венде, около 700 млн. лет назад, когда почти вся северная часть платформы оказалась покрытой мощным ледниковым щитом (так называемое Лапландское оледенение) и превратилась в некое подобие современной Антарктиды.

Доказать это удалось довольно давно. Лед, как известно, вещество пластичное. Из возвышенных областей суши он медленно растекается в понижения, неся при этом большое количество глинистых частиц, песка, мелких камней и огромных валунов. При таянии ледника весь этот разнородный материал отлагается в виде хаотичных по структуре образований — морен. Ископаемые морены называются тиллитами. Особенно мощные отложения тиллитов сосредоточены на границах ледника. Лед тает, но одновременно к краю ледника подступают новые его массы, несущие свежие порции захваченного материала. Чем дальше сохраняет равновесие, тем мощнее слой морены.

При поисках полезных ископаемых на Русской платформе были пробурены многочисленные скважины. По ним-то и удалось обнаружить скопления вендских тиллитов, т. е. установить границы ледника. Оказалось, что скважины с тиллитами выстраиваются в линию, проходящую от южных районов Беларуси на восток через Рязанскую область и дальше на Урал, где эта линия круто поворачивает на север и тянется вдоль за-

падного склона Уральских гор. Еще одна полоса скоплений тиллитов известна на северо-западе Скандинавии. Таким образом удалось определить, что лапландский ледник покрывал весь европейский север и центральные области России.

На Русской платформе лапландский ледник просуществовал всю первую половину венды. В середине вендского периода он растаял и на его месте образовался морской бассейн. На это указывает распространение в тех же самых границах покровы морских осадков — песков и глин. Исключение составляет Карело-Кольский регион и Скандинавия, которые тоже находятся внутри «тиллитового кольца», но морских осадков поздневендского времени здесь нет. Впрочем, существуют косвенные данные (которые вряд ли стоит здесь приводить), что вендский бассейн распространялся и на эти регионы. Однако впоследствии эти морские осадки были смыты.

Итак, в рифее на Русской платформе была суша, в раннем венде — ледник, в позднем венде — море. Суша, ледник, море — это понятия географические, однако образование моря на месте суши говорит о том, что произошло понижение уровня земной поверхности. А это явление уже относится к классу геологических. С этих позиций оно и представляет для нас интерес.

Закономерности поведения материковых ледников были изучены на примере четвертичных оледенений, охватывавших несколько десятков тысячелетий назад север Евразии и Америки. После этих оледенений земная поверхность, как известно, возвращалась к своему прежнему уровню. Модель процесса казалась чрезвычайно простой: масса льда утяжеляет верхнюю твердую оболочку Земли — литосферу, благодаря чему она погружается в подстилающую ее пластичную мантию, а после таяния ледника исходная ситуация восстанавливается.

В чем же дело, почему после четвертичных оледенений быстро восстанавливался изначальный уровень поверхности литосферы и суша опять становилась сушей, а после вендского оледенения образовалась обширная депрессия, которую заполнила вода? Нам представляется, что это противоречие вполне объяснимо<sup>2</sup>.

Существует такое понятие, как «поглощение литосферы мантией». Основание литосферы, погружаясь, попадает в зону

<sup>2</sup> Якобсон К. Э. // Сов. геология. 1985. № 6. С. 95—101.



Распространение вендских тфалитов на Русской платформе.

-  Береговая линия вендского моря
-  Вендские тфалиты
-  Вулканические породы

высоких температур и давлений и частично плавится. Чем длительнее оледенение, тем плавление заходит дальше. Условно процесс можно разделить на пять этапов.

I этап. Исходная позиция. Имеется континентальный блок литосферы, поверхность которого выше уровня моря.

II этап. На поверхности литосферного блока формируется ледниковый покров.

III этап. Под нагрузкой льда этот блок погружается. Нижняя его часть, оказавшаяся ниже границы «литосфера — астеносфера», в области высоких температур и давлений, к концу этапа плавится.

IV этап. Именно он наиболее важен для наших рассуждений. Лед растаял. Плита стала тоньше. Если сравнивать континенты с айсбергами, как это нередко делают, то следует вспомнить, что, подтаяв снизу и сверху, айсберг становится тоньше, «меньше ростом», а подошва его поднимается. В венде поверхность Русской платформы опустилась ниже уровня моря.

V этап. Снизу масса плиты пополняется веществом астеносферы, переходящим

в твердое состояние. Сверху морской бассейн заполняется осадками.

Все описанные процессы длительны из-за низкой теплопроводности литосферы, но времени для их осуществления в венде было достаточно, поскольку вендское оледенение длилось миллионы лет. В четвертичную же эпоху было несколько кратковременных оледенений (десяtkи тысяч лет), разделенных теплыми межледниковьями. Поэтому строение литосферы не успевало измениться, и Русская платформа каждый раз быстро возвращалась в исходное состояние.

Вендское оледенение, таким образом, нарушило устойчивое равновесие, длительно существовавшее на Русской платформе, и привело к образованию на месте суши морского бассейна с покровом осадочных пород в нем. Этот покров лёг сплошным чехлом на породы архейско-нижнепротерозойского фундамента и рифея. Произошла крупная тектоническая перестройка: Русская платформа превратилась в двухъярусную структуру, состоящую из кристаллического фундамента и осадочного чехла.

Крайне своеобразным было вендское море. Обычно погружение суши под мор-

ские воды бывает постепенным. Сначала в море отлагаются мелководные галечники и пески, затем глубоководные илы. При бурении скважин в толщах морских осадков мы сначала достигаем глин и только затем извлекаем из нижних слоев образцы более грубых по составу пород. В вендском бассейне все оказалось наоборот. Он был глубоководным с того начального момента, когда ушел ледник, и лишь потом постепенно заполнился осадками мелководья. Поэтому в районе Москвы — Вологды — Архангельска в основании вендского осадочного комплекса располагаются, как правило, илистые осадки, которые выше по разрезу постепенно сменяются песками. В подошве вендской толщи иногда находят плохо отсортированные пески с галькой — остатки перемытой донной морены.

Какими же были масштабы вендского оледенения?

Поскольку мощность вендской толщи на Русской платформе достигает 1 км, а плотность осадков в 2,5 раза больше плотности льда, можно заключить, что толщина льда составляла около 2,5 км. Следовательно, вендский ледник по мощности близок ледниковому панцирю современной Антарктиды.

В венде, как уже отмечалось, появились первые представители животного мира. Это были бесклеточные медузообразные организмы. Любопытно, что их отпечатки обычно находят в глинистых осадках вендского послеледникового бассейна. Здесь у них было больше шансов сохраниться, чем в песках неспокойного мелководья, в которое в конце венда превратился некогда глубокий бассейн.

Русская платформа — не единственная область, где вендское оледенение способствовало образованию морского бассейна на месте бывшей суши. В сходной ситуации формировались в венде осадки так называемых групп Уилпина и Луиза-Даунс в Австралии. В Южной Африке надтиллитовый бассейн впервые распространился в пределы кратона Калахари, где вендские толщи залегают непосредственно на фундаменте. Еще один пример вендского послеледникового бассейна, образовавшегося на месте доледниковой суши, — платформа Янцзы в Китае.

Рассмотренный выше механизм действовал и в палеозое. Например, над тиллитовым комплексом Двайка (Южная Африка), имеющим каменноугольный возраст, залегают морская по генезису свита Экка.

Таким образом, получается, что восстановление уровня поверхности литосферной

плиты после четвертичного оледенения — это не общее правило, как было принято считать, а лишь один из вариантов сложного геологического процесса.

## ПАРАДОКС ВТОРОЙ

Это может показаться невероятным, но теоретически вендского оледенения не должно было бы быть. Дело в том, что материка, на которых находят следы ледников вендского периода, располагались во время формирования последних вблизи экватора.

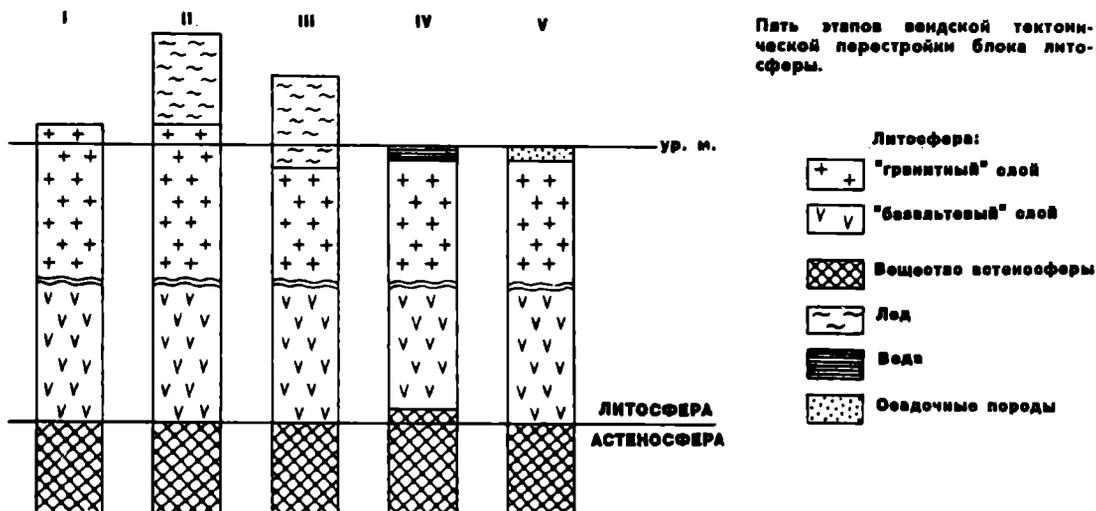
Теоретической базой современной геологии является, как известно, тектоника литосферных плит. Согласно этой теории, литосфера состоит из нескольких крупных плит, которые перемещаются друг относительно друга. Движение плит осуществляется за счет тепловой конвекции вещества в глубинах мантии. Континенты представляют собой верхние части плит и дрейфуют вместе с ними по пластичному астеносферному слою. Так что современное расположение континентов и океанов — это лишь один кадр из фильма, именуемого геологической историей и длящегося миллиарды лет.

Большинство исследователей считают, что материковые оледенения связаны с вхождением литосферных плит в процессе дрейфа в холодные полярные и субполярные широты. Но, судя по палеомагнитным данным, в венде большинство материков было сосредоточено близ экватора. На этот парадокс обратили внимание В. Е. Хаин и Н. А. Ясаманов, которые, считая, что палеомагнитные данные недостаточно точны, построили глобальную модель вендского оледенения, основанную на находках тиллитов и других индикаторов климата<sup>3</sup>. Согласно новой модели, материка опять-таки оказались сгруппированы у полюсов.

А нельзя ли разрешить этот парадокс, предположив, что оледенение было связано не с расположением материков, а с какими-то иными причинами, например с изменением состояния атмосферы?

Нижний венд — это не только эпоха оледенений, но и эпоха вулканизма. Вендские вулканические породы — базальты и туфы — найдены на Украине и на Урале. Их общая масса здесь превышает массу всех вулканитов, накопившихся в Восточной Европе за последние 1,5 млрд. лет. Следы древних вулканов обнаружены непосредственно в краевых зонах ледника.

<sup>3</sup> Хаин В. Е., Ясаманов Н. А. // Вестн. МГУ. Сер. «Геология». 1987. С. 15—25.



Анализ материалов по другим регионам мира показывает, что и там для нижнего венда характерен обильный вулканизм. Вулканические породы этого возраста найдены на Тянь-Шане, в Саудовской Аравии, Судане, Алжире, Китае, Марокко, Танзании, Южной и Западной Австралии, Северной Америке. Во многих перечисленных областях вулканические породы соседствуют с ледниковыми.

Итак, напрашивается связь вулканизма и оледенения. Можно предположить, что по краям погружающейся под тяжестью ледника плиты возникли глубинные разломы, служившие подводными каналами для магматических расплавов. Подобное явление в миниатюре возникает в обрамлениях вулканических конусов, нагрузка которых на литосферу вызывает ее расколы и внедрение магмы<sup>4</sup>. Следует также учитывать, что при погружении литосферной плиты в астеносферу вещество последней перетекает к краям погружающейся плиты, где создается избыточное давление, — это также способствует извержению глубинных расплавов на поверхность.

В результате вулканических извержений в атмосферу поступает большое количество пыли, водяного пара и кислот, которые поглощают часть солнечного тепла, что само по себе может спровоцировать понижение температуры в любой части планеты. Положение материков у полюсов в этом случае не обязательно. Возникает, таким образом, саморегулирующийся про-

цесс: вулканизм провоцирует оледенение, которое в свою очередь усиливает вулканизм.

Завершим рассуждения о втором парадоксе венда ссылкой на известного климатолога М. И. Будыко, который еще в начале 60-х годов писал, что крупные ледники в тропиках возможны и что одной из причин их образования может служить обилие вулканической пыли в атмосфере<sup>5</sup>.

### ПАРАДОКС ТРЕТИЙ

В нижневендских отложениях ассоциируются, т. е. встречаются совместно, породы и минералы, которые геологически принято считать антагонистами.

На большом количестве изученного материала доказано, что собственно ледниковые осадки венда находятся в тесном парагенезисе с флювиогляциальными озерноледниковыми и морскими песчано-глинистыми отложениями, вулканическими лавами и пеплами, а также с карбонатными породами. Иногда сюда же присоединяются яшмы и гематит.

Ассоциация тиллитов с вулканическими и песчано-глинистыми породами закономерна. Но объяснить их сочетание с доломитами, яшмами и гематитом (хемогенными породами и минералами) крайне трудно. Доломиты — это осадки осолоненных, сильноминерализованных вод заливов и лагун, причем минерализованность вод обу-

<sup>4</sup> Раст Х. Вулканы и вулканизм. М., 1982.

<sup>5</sup> Будыко М. И. Тепловой режим Земли // Природа. 1962. № 8. С. 55—59.

словлена выпариванием в жарком климате. Жаркого климата требует также образование яшм и гематита.

Разные авторы по-разному объясняют совместное нахождение пород-антагонистов. Если эти породы сменяют друг друга в вертикальном разрезе, то их чередование пытаются объяснить резкими похолоданиями на фоне общего жаркого климата. Если же наблюдается близкое нахождение этих пород в одновозрастном слое, то говорят о контрастности климатических поясов в эпохи оледенений. Вместе с тем ассоциация тиллитов с перечисленными породами в огромном большинстве случаев настолько тесна, что вряд ли можно объяснять этот феномен климатическими контрастами. Проявляем это положение примерами.

В Беларуси, в средней части так называемой блонской свиты нижнего венда, представленной песчаниками, алевролитами и тиллитами, содержатся прослои доломитов. На Среднем Урале тиллиты слагают два горизонта серебрянской серии, в состав которой среди прочих пород входят и доломиты (пачки мощностью до 15 м). Чередование тиллитов и доломитов отмечено также в зоне сочленения Урала и Тимана на Полюдовом кряже.

Сложные сочетания пород известны на Тянь-Шане в хребте Джетынтай, где среди тиллитов встречаются прослои осадочных гематитовых руд и доломитов. Тянь-Шань, вообще, богат подобными примерами.

Трудно также истолковать генезис пород, которые обнажаются в провинции Шэньси Центрального Китая. Горный хребет здесь сложен синийскими (местное название вендских отложений) конгломератами, имеющими доломитовый цемент. В конгломератах встречаются так называемые штрихованные гальки, гальки с отполированными гранями и другие признаки ледникового происхождения пород. Китайские геологи объясняют присутствие доломитового цемента в породе тем, что после таяния ледника повысился уровень моря, исходный песчано-глинистый цемент был вымыт, унесен прочь, и его место занял доломит, выпавший из морской воды. Объяснение, мягко говоря, неудачное. Трудно представить себе процесс выноса цемента из 300-метровой толщи, в которой к тому же чередуются слои конгломератов с доломитовым и глинистым цементом. Последний в любом случае должен был воспрепятствовать проникновению вод в нижележащие слои.

Примеры тесной пространственной

связи тиллитов с хемогенными породами имеются и на других континентах. В Африке на территории Ганы в основании докембрийской серии Бузм залегают разногалечные конгломераты, определяемые Н. М. Чумаковым как тиллиты. Вместе с тем другой исследователь Н. А. Божко отрицает их ледниковый генезис лишь на основании того, что они чередуются с яшмами, гематитовыми сланцами и доломитами.

Показательны австралийские примеры. В бассейне Джорджина на древнем фундаменте залегает комплекс алевролитов (с валунами до 1 м в диаметре), чередующихся с песчаниками и доломитами. Группа Кианди в бассейне р. Кимберли представлена алевролитами, песчаниками и тиллитами с некоторым количеством доломитов. Тесное соседство тиллитов с доломитами отмечено и в серии Марино (Южная Австралия).

Упомянем также о Шпицберген, на котором тиллитовый комплекс Свенор замещается обломочно-карбонатными породами с линзами известняков и доломитов.

Перечень примеров можно бы продолжить. Но и без того, наверное, ясно, что сочетание ледниковых пород и пород, которые обычно связывают с жарким климатом, не исключение, а, скорее, правило для венда.

Как уже отмечалось, венд был эпохой вулканизма. Вулканизм, несомненно, влиял на состав поверхностных вод, повышая их минерализованность. Но вряд ли только за счет извержений минерализованность вод могла так повыситься, что достигла насыщения. Главную причину сочетания тиллитов и доломитов автор видит совсем в другом<sup>6</sup>.

Известно, что льды континентальных ледников образованы атмосферными осадками и являются пресными. Пример — льды Антарктиды и Гренландии. Ледник, таким образом, извлекает из морской воды только ее пресную компоненту, увеличивая тем самым концентрацию солей в ней. Вода может достичь насыщения, что приведет к осаждению растворенных солей при относительно низких температурах.

К сожалению, предлагая такое объяснение феномена сочетания пород-антагонистов, мы не можем привести никаких расчетов. Нам не известна общая масса вендского льда, поверхностной воды и, соответственно, не известны концентрация минерализованных вод и температура, при

<sup>6</sup> Якобсон К. Э. // Докл. АН СССР. 1987. Т. 295. № 6. С. 1429—1432.

которой выпадали в осадок карбонатные илы.

Доломиты, связанные с вендскими ледниками, содержат в повышенном количестве марганец и железо. Если наши рассуждения верны, то этими элементами должны были быть обогащены все поверхностные воды ранневендской эпохи, а следовательно, и осадки, выпавшие в этих водах. В Сибири, например, в венде не было оледенения, а существовал морской бассейн, в котором формировались доломиты. Интересно было бы провести серию анализов этих доломитов и сравнить их состав с составом подстилающих и перекрывающих пород. Если в нижневендских породах обнаружится аномалия железа и марганца, то это будет доводом в пользу наших рассуждений.

В заключение добавим следующее. Согласно теории тектоники литосферных плит, как уже отмечалось, движение последних осуществляется за счет конвекционных потоков в мантии, т. е. за счет внутренней энергии Земли. Внутреннюю энергию Земли привлекают для объяснения глубинных про-

цессов и авторы других геологических концепций. Между тем процессы, которые были нами только что рассмотрены, имеют другую энергетическую основу.

По представлениям, господствующим в современной планетологии, электромагнитное излучение Солнца — главный источник энергии физических, химических и биологических процессов в географической оболочке Земли. Именно в географической. Но очевидно, что рассмотренный нами процесс вертикальных движений литосферных плит, относящихся уже к геологической оболочке, тоже порожден солнечной энергией. Солнце испаряет большие массы воды, ветер переносит их в места, где образуются скопления льда, а они, в свою очередь, становятся причиной нарушения изостатического равновесия больших участков литосферы и их погружения. С этими же энергетическими затратами связано изменение состава морской воды и обусловленное этим совместное нахождение пород-антагонистов. Это тоже процесс геологический; поскольку итогом его является формирование горных пород.

Геологические процессы, таким образом, могут быть обусловлены не только внутриземной, но и солнечной энергией.

## РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

В издательстве "Наука" в I квартале 1994г. выходит в свет новая книга (15 а.л.) "ПАМЯТИ ПЕРВЫХ РОССИЙСКИХ БИОГЕОХИМИКОВ" (отв. ред. член-корреспондент РАН Э.М.Галимов). Это попытка издать книгу-памятник ученым - жертвам сталинских репрессий.

Публикуются биографические сведения, фрагменты эпистолярного наследия, стихи, очерки, рисунки безвинно погибших учеников В.И.Вернадского, его соратников по Биогеохимической лаборатории АН СССР. Помимо этого, каждый из мартиролога представлен своим наиболее крупным научным трудом, опубликованным в свое время в научной периодике и снабженным современным комментарием.

*Книга посвящена памяти биогеохимиков А.М.Симорина, В.А.Зильберминца и Б.К.Бруновского, ушедших в ГУЛАГ, и Л.С.Селиванова - офицера Красной Армии, погибшего при восстании в гитлеровском концлагере Маутхаузен за два месяца до Победы.*

Предварительные заказы направлять по адресам Российской торговой фирмы "АКАДЕМКНИГА":  
 Москва, 117383, Мичуринский пр., 12  
 Санкт-Петербург, 191104, Литейный пр., 57  
 Иркутск, 664033, ул. Лермонтова, 280  
 Новосибирск, 630090, Морской пр., 22  
 Казань, 420043, ул. Достоевского, 53

# Пеликаны — летающие легенды тысячелетий

А. Жумакан-улы



Алтай Жумакан-улы, научный сотрудник Института зоологии Национальной академии наук Республики Казахстан, орнитолог. Занимается экологией пеликанов, сотрудничает с международной рабочей группой по изучению пеликанов Старого Света (Биологическая станция Тур дю Валя, Франция).

**О** ДНИ из древнейших птиц на Земле, пеликаны жили еще 20 млн. лет назад (их ископаемые остатки находят в отложениях неогенового периода). Облик пеликанов действительно весьма своеобразен: массивное тело на низких ногах, длинная шея и громадный клюв; размеренный, размашистый полет. Они — как птицы пришельцы, залетевшие к нам из глубины тысячелетий и почти не изменившие свой вид.

Это самые крупные водоплавающие птицы, их масса в среднем составляет 8—9 кг, а некоторых особей — и до 12—13. Среди летающих птиц лишь дрофам и грифам уступают пеликаны по массе. У таких тяжелых птиц на единицу массы приходится относительно меньшая поверхность крыла, чем у легких, но тем не менее при сравнительно большой нагрузке на крыло (около 80 Па) пеликаны достаточно легки в полете. Такая легкость обеспечивается сильно развитыми воздухоносными полостями в прочных трубчатых костях и воздушными мешками в теле, которые через легкие заполняются воздухом, подобно воздушным шарам. Известен случай, когда упавшего в воду человека свободно удержали на плаву два пеликаненка.

Существует соотношение между мощностью, необходимой для полета, мощностью мышц и весом тела, которое ограничивает размеры животного, способного подняться в воздух за счет энергии мышц. Пеликаны вплотную приближаются к этой границе и вряд ли могли бы долго держаться в воздухе, если бы не «умели» использовать атмосферные процессы. Это типичные птицы-планеры, а американский бурый пеликан к тому же может прекрасно пикировать. И, конечно, пеликаны прекрасно плавают, благодаря сильным ногам, пальцам, соединенным перепонками.

В Казахстане, где я изучаю их с 1984 г., обитают два вида пеликанов: розовый, или большой белый (*Pelecanus onocrotalus*), и кудрявый, или далматинский

© Жумакан-улы А. Пеликаны — летающие легенды тысячелетий.



Кудрявые пеликаны. Здесь и далее фото автора Розовые пеликаны.



(*P. crispus*). Цвет оперения у обоих видов преимущественно белый. У розового пеликана больше черного цвета в маховых перьях, и весной в брачный период в оперении прибавляется розоватый оттенок. На голове и шее кудрявого пеликана рассученные, слегка курчавые перья — отсюда и название. У розового на голове хохол из удлиненных перьев.

Пеликаны питаются только рыбой. Розовый и кудрявый пеликаны, в отличие от своего собрата — бурого пеликана, не могут нырять. Рыбу же ловят, погружая голову в воду и действуя раскрытым клювом как сачком. Для кормежки выбирают места с большим скоплением рыбы на мелководьях прибрежной зоны крупных озер, на неглубоких и высыхающих водоемах. Хоро-

шо ловят рыбу на нересте среди тростников и камышом, обрамляющих озера и протоки. Розовые пеликаны на кормежке держатся плотными скоплениями, стараясь хлопаньем крыльев выгнать крупные косяки рыб на мелководье и ближе к поверхности воды. Нередко рядом можно видеть бакланов — хороших ныряльщиков, которые, охотясь, невольно гонят рыбу к пеликанам. Кудрявые пеликаны предпочитают охотиться в одиночку, подкарауливая рыбу в зарослях.

Один пеликан съедает от 1—1,5 до 2 кг рыбы в день, а стая из тысячи особей для прокорма необходимо 180—350 т рыбы за сезон. Поэтому пеликаны обитают и размещают свои колонии на водоемах и в дельтах рек, где много рыбы. Иначе им не выжить самим и не вырастить полноценное потомство. Однако пеликаны не составляют конкуренции промышленному рыболовству и не подрывают рыбных ресурсов, так как добывают рыбу, не представляющую коммерческой ценности, а зачастую ту, которая погибает в высыхающих водоемах.

Интересно наблюдать за жизнью пеликанов на колонии. С этой целью мы проводили специальные исследования в дельте Или и на Балхаше. Передвигаясь на лодках по озерам и протокам, попадаешь в сказочный мир джунглей Прибалхашья: многочисленные, разбегающиеся веером протоки, непроходимые тугаи, несчетное количество озер в барханах, окруженных зарослями тростника — своеобразные купакки, наступая на которые можно погрузиться в воду по грудь. Даже когда летишь на самолете или вертолете, глазами не можешь охватить все пространство этой уникальной страны — жемчужины Казахстана. Здесь настоящий рай для околводных птиц, фазанов, кабанов и косуль. На островах среди озер и тростниковых крепей живут лиса, барсук, солонгой, изредка встречается волк. С 30-х годов сюда завезли ондатру — североамериканского пушного зверька, который теперь стал основным объектом промысла местных охотников и браконьеров. Начиная с середины 80-х годов дельту заселил шакал, и ареал его стал расширяться.

Для своих наблюдений мы соорудили скрадок, установив на лодке деревянный каркас и сверху закрепив брезентовую палатку. Птицы быстро привыкли к нему, пеликанята безбоязненно подплывали вплотную и даже заглядывали внутрь. Встречаясь взглядом с человеком, они не пугались, а медленно уплывали.

Весной пеликаны прилетают очень рано — в двадцатых числах марта, когда боль-



Пеликаны начинают гнездиться рано, когда озеро еще во льду.



Гнезда розового пеликана.

шинство озер еще во льду, и сразу приступают к строительству гнезд и спариванию. Гнезда обычно группируются в своего рода кланы от 3—5 до 10—15, а у розового пеликана даже до нескольких сотен.

Выяснилось, что при насиживании пе-



Гирский лев ловит розового пеликана.

ликаны не оставляют кладки без присмотра, родители сменяют друг друга, чтобы покормиться и отдохнуть. Нельзя оставлять кладку открытой: еще холодно, да и врагов предостаточно. Это в основном черные вороны и изредка серебристые чайки, которые селятся рядом или даже внутри колонии. Стоит зазеваться, и уже разбойница тащит в клюве яйцо. Коллективной защиты от врагов нет даже в одном клане. Редко удается видеть, чтобы птицы соседних гнезд пытались спугнуть ворону, примостившуюся расклевать яйцо.

Поживиться свежими яйцами пеликанов и бакланов любят и кабаны. В середине апреля 1984 г. на одной из колоний, близ которой мы жили, устроив бивуак на замерзшем купале, приплывший сюда несколько раз кабан устраивал настоящий переполох. Наведывался он в сумерках, когда птицы уже отдыхали.

В начале насиживания пеликаны продолжают докраивать гнезда, больше из косметических и ритуальных целей. Ритуализация поведения у этих общественных птиц ярко выражена, особенно она проявляется в отношениях между особями в кланах. Существует в них и четкая иерархия. Часто происходят склоки и драки, причинами которых может быть попытка одного из членов клана украсть тростинку из чужого

гнезда, или из-за нарушения невидимой границы чьей-либо территории. Если ссора завязывается между высшей в иерархии птицей и стоящей ниже ее, то и другие особи вовлекаются в групповую драку, причем помогают, как правило, старшей. Такие потасовки заканчиваются демонстрацией позы полного подчинения слабой птицей, голову которой прижимает к гнезду своим клювом более сильная. Перепалки заканчиваются так же неожиданно, как и возникают.

Интересны и сцены приветствий: например, прибывшая на смену птица приседает и своеобразно кланяется, запрокидывая голову и клюв на спину, а та, что в гнезде, вытягивает к ней клюв, раздувает треугольником горловой мешок. Часто такими приветствиями обмениваются птицы, сидящие на соседних гнездах, причем все члены клана вытягивают клювы в сторону старшей в иерархии птицы или к воображаемой точке, куда она указывает своим клювом.

Розовый пеликан откладывает обычно два яйца, реже одно или три. В кладке кудрявого иногда можно обнаружить и до пяти яиц. Насиживание продолжается 33—39 дней. У вылупившихся голых и слепых пеликанят постепенно открываются глаза и кожа покрывается пухом: птенцы кудрявого — белым, а розового — темным, почти черным. Лишь ко второму месяцу в их оперении начинают появляться белые пятна на голове и теле. Молодые птицы, перед тем как научиться летать, становятся оляпи-

сто-бурыми. Птенцы кудрявого пеликана раза в полтора легче, чем розового, за счет быстрого развития воздушных мешков и пористости костей.

Уже в этом возрасте проявляются черты взрослых птиц. Розовые пеликанята собираются в группы по 10—12 особей и блуждают по колонии в поисках рыбы, а птенцы кудрявого больше держатся одиночно, как и их родители.

Иногда испуганные или прогоняемые чужими родителями пуховички сходят на воду и плавают. Нам приходилось наблюдать, как их пытались топить сомы: пеликаненок размером с чирка, как поплавок, «клевал» на одном месте, так как в этот момент сом метра в полтора длиной хватал его то за одну, то за другую лапу. Видимо, более крупным рыбам удается проглатывать птенцов. В желудках сомов неоднократно находили уток и ондатр.

В период миграций стаи пеликанов начинают полет примерно с 9 час. утра, что довольно поздно для птиц. Объясняется это тем, что для пеликанов с большой удельной нагрузкой на крылья требуются более устойчивые восходящие потоки воздуха. Самое удобное для парения время — между 11 и 16 час., когда теплые потоки могут обеспечивать скорость подъема 2—4 м в секунду в большом диапазоне высот — примерно до 3,5 км над уровнем моря. На такую высоту пеликаны поднимаются около 10 мин., после чего могут планировать в любом направлении. При благоприятных погодных условиях полет мигрирующих пеликанов обычно протекает на высоте 1—1,5 км со скоростью до 55 км в час, за день они могут преодолевать до 250—500 км. При перелетах на небольшие расстояния они летают на высотах от 50 до 600 м со скоростью 15—25 км в час.

Популяции из юго-восточных районов Казахстана на зимовку улетают в Индию и Пакистан. Их путь, обгибая мощные горные системы Тянь-Шаня, Памира и Гиндукуша, проходит через цепь крупных водоемов и рек, где птицы отдыхают и пережидают непогоду, и обычно заканчивается в дельте р. Инд или долинах других рек западной и центральной Индии. Во время перелетов пеликаны могут садиться в самых неожиданных местах: в степи или пустыне, прямо на песке. Такие случаи бывали в Кызылкуме, Таукуме, в долине Мургаба в Туркменистане и в Иорданской долине на территории Израиля. Во время гроз и пыльных бурь пеликаны обычно не летают, но иногда полеты случаются и в грозу, и тогда возможны трагедии. Так, сообщалось, что

молния ударила по стае из 32 розовых пеликанов, пролетавших над дельтой Дуная, 10 из них погибли, получив сильные ожоги на спине.

Редчайший случай произошел на западе Индии. Зимовавшего в заповедном Гирском лесу (п-ов Катхиявар) розового пеликана, окольцованного нами 17 июля 1987 г. в дельте Или, 16 февраля 1988 г. поймал лев. Типично околводная птица стала жертвой наземного хищника, потому что в этот период наступает сезон засухи и птицы держатся на высыхающих болотцах. Азиатский подвид льва, или, как его еще называют, гирский лев, считается редчайшим животным. В настоящее время их осталось не более 200 особей, поэтому для сохранения вида создан специальный заповедник. И так случилось, что одно редкое животное погибло от другого, еще более редкого.

О пеликанах сложено немало легенд. Согласно мусульманскому преданию, эти птицы помогали строить мечеть Мекки, принося в своем горловом мешке воду для замеса глины. У христиан пеликаны — символ родительской любви и преданности. По легенде, связанной со способом кормления, когда птенцу недостает пищи, родитель позволяет ему отрывать кусочки плоти от своей груди. Барельефами со сценами кормления пеликанов украшены некоторые католические соборы XVI в. в Западной Европе.

Пеликаны быстро привыкают к человеку и легко приручаются. Поэтому в некоторых странах, таких как Греция и Турция, их любят держать в качестве домашних животных, особенно в приморских поселках. Случается, и наши рыбаки и охотники из дельты Или воспитывают эту птицу. Рыбак А. Астафуров рассказывал про пеликана Пильку, который птенцом попал к нему на двор и настолько привык к людям, что стал относиться к своим опекунам как к настоящим родителям. Став взрослым, Пилька подолгу отсутствовал, но исправно появлялся ко времени кормежки. А если плавал на протоке и в ее заводях, то зорко следил за появлением рыбаков, тут же подлетал и начинал выпрашивать рыбу, причем брал ее из рук и давал себя поглядить. Но больше всего дружил он с маленьким сыном рыбака, который часами играл с ним. Однажды, наказанный за проказы, мальчишка сидел во дворе и жалобно плакал. Никто из взрослых не обращал на малыша внимания. Вдруг парящий в небе Пилька резко сникировал на плетенный из тростника забор, спрыгнул во двор и подошел



Семидневный птенец кудрявого пеликана.

Легко отличить черных птенцов розового пеликана от белых — кудрявого.



к плачущему ребенку. Каково же было удивление взрослых, когда птица начала успокаивать малыша, задевая его крыльями и стараясь заглянуть в лицо. Мальчишка наконец успокоился и, обняв Пильку, пошел к лодке поискать, не осталось ли на ее дне лакомой рыбешки.

Пожалуй, самый неординарный случай произошел в 1989—1990 гг. Осень выдалась очень теплой, и пеликаны, как бы чувст-

вуют, что хорошие дни продержатся долго, загнездились во второй раз в августе. Возможно, это сделали птицы, у которых подошел срок репродуктивной зрелости, так как они становятся окончательно взрослыми на третий год жизни. В конце октября на колонии оставалось около трех десятков птенцов розового пеликана, брошенных отпавшими в осеннюю миграцию родителями. Пеликанята, которые научились летать, отправились в путешествие вместе со взрослыми. Оставшимся была уготована другая судьба. Часть из них прибилась к рыбацкому стану, и рыбаки подкармливали малышей, пока не разъехались перед ледоставом. С наступлением зимы птицы погибли, но одного птенца со сломанным крылом привезли в рыбацкий поселок Асаубай. Жители взяли его на воспитание. Сломанная кость неправильно срослась, сделав птицу калекой: крыло не полностью раскрывалось и складывалось. Она быстро привыкла к людям, ее подкармливали. Птицу традиционно называли Пилькой. В середине ноября, когда забереги начали покрываться ледяной

кромкой, к Пильке прилетел здоровый молодой розовый пеликан, которого тут же назвали Филькой и который тоже стал ручным. Так они и перезимовали. До середины января 1990 г. они жили в подворье Михаила и Лены Ульяченко, потом перекочевали к заботливой Ольге Мезенцевой, которая приехала помогать мужу на зимней рыбалке. Каждый день птицы получали двух-трех лещей. и несмотря на то, что зимние мо-

розы достигали 30 °С, пеликаны не погибли. На ночь они хоронились в хозяйственной палатке, а днем становились прямо против пронизывающего ветра, поджимая лапу, укладывая голову на спину и пряча ее между крыльев. Весной у них были обморожены только края плавательных перепонок, цевки лап да края клювов.

Когда прилетели первые пеликаны с зимовок, летающий Филька присоединился к стаям и подолгу кружил с ними, но неизменно возвращался к Пильке, которая оказалась самочкой (а он самцом). Еще в юном возрасте он начал ухаживать за ней, приглаживая и почесывая ее оперение. К середине лета они оба уплывали далеко от поселка и сами ловили рыбу, их встречали на протоках и разливах оз. Асаубай, но на ночь обязательно возвращались к родному подворью. В конце июня Филька неожиданно пропал. Люди терялись в догадках: неужели он все-таки улетел и пристал к здоровым птицам или стал жертвой браконьера, воспользовавшегося доверчивостью птицы? Мы так и не узнали, куда



Кормление птенца.



Белоснежные птицы на фоне пожара.

он девался, а Пильку в октябре отвезли в зоопарк.

Еще в 40—50-е годы XX столетия пеликаны гнездились на многих водоемах и в дельтах крупных рек степной и пустынной зон Казахстана; в 1980—1990 гг. обитали только по северо-восточному побережью Каспийского моря, на озерах Западно-Казахстанской области, Тургайской низменно-

сти, Наурзумского заповедника, Тангиз-Коргальжинской впадины, их озерной системе Шошкакколь в Южно-Казахстанской области, озере Балхаш, дельтах рек Или, Тентек, Кара-Ертыс, озерах Алаколь, Зайсан. Теперь ареал резко сократился и оба вида занесены в Красную книгу Казахстана, а кудрявый пеликан, кроме того, включен в Красную книгу Международного союза по охране природы.



Пилька со своей хозяйкой Ольгой Мезенцевой.

В настоящее время на территории республики гнездятся около 4 тыс. пар розовых пеликанов и 1,5—1,8 тыс. пар кудрявых. Водоемы Казахстана — одни из немногих в Евразии, где пеликаны встречаются в количестве, необходимом для поддержания динамического равновесия популяций. Самая крупная гнездовая группировка находится в дельте р. Или: здесь гнездится до 2,5 тыс. пар розовых и до тысячи пар кудрявых пеликанов. Их исчезновение связано с изменением гидрологического режима озер и дельт рек — следствием освоения этих земель. Создание водохранилищ, водозабор на полив крупных площадей, изменение русел рек и проток, массовые выкосы тростника и пожары вызвали осушение и изменение структуры озер, уменьшение рыбных ресурсов водоемов. Все меньше оставалось мест, пригодных для гнездования и кормежки пеликанов.

Кроме того, резкое сокращение численности летающих гигантов вызвано браконьерством и пестицидной интоксикацией. Проникая в места расположения колоний на моторных лодках и ботах, браконьеры перебивают почти всех уже подросших птенцов, устраивая настоящий разбой. Добыча

птенцов пеликанов и бакланов в дельте Или и на Балхаше, как, впрочем, и в других районах их обитания, была известна давно, когда эти виды были многочисленны. Из-за недостатка продуктов питания и легкой доступности велась даже промышленная заготовка мяса, жира и шкурок птенцов веслоногих птиц. Одна из последних таких заготовок проводилась в 1945—1946 гг. Охота, продолжавшаяся регулярно из года в год даже после запрета, подорвала численность птиц. И сегодня можно найти шкурки убитых пеликанов у рыбацких и охотничьих поселков Каракумов, что на берегу Балхаша, Караозек и Асаубай в дельте Или. Порой пеликана убивают лишь для того, чтобы из отрезанного надклювья сделать ножны для охотничьего ножа. Уцелевшие птицы стали гнездиться в самых укромных, труднопроходимых, почти недоступных для человека урочищах.

Пеликаны, как и другие виды веслоногих и чайковых птиц, — основное и чаще всего конечное звено в трофической цепочке: планктон — рыба — птицы. Устойчивые пестициды, такие как ДДТ (и его производное ДДЕ), гексахлорциклогексан, применяемые в сельском хозяйстве, а также промышленные отходы представляют огромную опасность для птиц-ихтиофагов, завершающих пищевую цепь водных биоценозов. Концентрация пестицидов возрастает

от звена к звену, и на вершине пирамиды может в тысячу или более раз превышать начальную. Следовательно, пеликаны и бакланы больше других гидробионтов подвержены действию токсинов.

Высокое содержание пестицидов приводит к задержке начала гнездования, значительно уменьшению толщины скорлупы яиц, аномалиям в развитии зародышей, высокой смертности эмбрионов и птенцов. На побережье Калифорнии были найдены яйца бурого пеликана, скорлупа которых настолько тонка, что их нельзя было взять в руки, не раздавив. Для сохранения этих удивительных, редких птиц в Казахстане необходимо создать заповедник в дельте Или площадью не менее 65—90 тыс. га, где находится самая крупная гнездовая группировка

пеликанов в Евразии. Кроме того, нужны заказники в дельтах рек Тентек, Кара-Ертыс. Особенно важно поддерживать график эксплуатации гидротехнических сооружений, так как они влияют на гидрологический режим водоемов в местах гнездования. И, конечно, чтобы снять фактор беспоконья, должна быть ограничена хозяйственная деятельность (рыболовство, охота, сенокосение, выпас скота) в непосредственной близости от мест расположения колоний. Не менее важно усилить борьбу с браконьерством, а также следить и предотвращать возникновение пожаров в тростниковых зарослях. Не предприняв должных мер, пеликанов — и розового, и кудрявого — не сохранить.

## НОВОСТИ НАУКИ



Экология. Организация науки

### Международная экологическая премия «Вольво»

На ежегодном собрании акционеров известного шведского автомобильного гиганта «Вольво» в 1988 г. было принято решение учредить премию за наивысшие достижения в области экологии. Премии предназначены для отдельных лиц, проживающих в любой стране мира, внесших выдающийся вклад в познание или защиту окружающей среды путем научной, технической или социально-экономической деятельности.

Было подчеркнуто, что защита среды требует воздействия на весь «жизненный цикл» любого готового изделия, начиная от его замысла, дизайна, производства, использования и вплоть до превращения его в отходы, что только глобальный подход к данной проблеме позволит эффективно ее решать.

Ежегодное премирование лауреатов осуществляется на проценты от капитала, который на сегодня составляет 20 млн. ЭКЮ.

При выдвижении кандидатов учитываются два главных критерия: премия должна предоставляться за конкретное достижение; она является индивидуальной наградой, но может быть присуждена и группе лиц. Ею не могут быть удостоены сотрудники компании «Вольво» или связанных с ней учреждений.

Выдвинутые кандидатуры рассматривает созданный Королевским обществом искусств и наук Швеции Научный комитет во главе с Т. Кильманом (Т. Kihlman), бывшим вице-президентом Чалмерского университета. Окончательный отбор лауреатов осуществляет Наградной комитет, главой которого является Л. Я. Бринкхорст (L. J. Brinkhorst), генеральный директор по охране среды и ядерной безопасности Европейской комиссии в Брюсселе. В этот орган входят видные экологи из Швеции и Канады, а также исполнительный директор Программы ООН по окружающей среде М. К. Толба (М. К. Tolba, Кения).

Выдвигать кандидатов могут университеты, научно-исследовательские институты, отдельные ученые и инженеры, работающие в области охраны

природы, наук о Земле. Рекомендации должны поступать не позднее 15 января того года, в котором должно состояться награждение, по адресу: The Volvo Foundation Secretary, Eva-Liisa Book, AB Volvo, Environmental Affairs, 1140 VNK, S-40508 Göteborg, Sweden.

В 1990 г. этой премии были удостоены Дж. У. Крутилла (J. U. Krutilla) и А. В. Нис (A. V. Kneese) — за работы в области экологической экономики. На следующий год лауреатом стал известный немецкий геофизик П. Крутцен (P. Krutzen) — за исследование химического загрязнения атмосферы. Премию 1992 г. разделили Н. Майерс (N. Myers) — зоолог, автор многих работ, посвященных последствиям массовой вырубке тропических лесов для различных видов фауны, и П. Х. Рейвен (P. H. Raven) — видный специалист, более 20 лет возглавлявший Ботанический сад штата Миссури в Сент-Луисе (США), активный борец за сохранение исчезающих видов растений.

## Аборигенный якутский скот

З. И. Иванова,  
кандидат биологических наук  
Якутский сельскохозяйственный институт

Ю. А. Столповский,  
кандидат биологических наук  
Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН

**Я**КУТИЯ... С этим краем у нас связаны воспоминания о полюсе холода, бескрайних сибирских просторах, где человек сумел отстоять себе право жить в экстремальных условиях Крайнего Севера. Неоценимую помощь при этом оказали домашние животные. Мы хотим рассказать о якутской корове, сыгравшей очень важную роль в освоении Севера. Уникальность этих животных очевидна: в условиях резко континентального климата в одном из самых холодных районов Северного полушария, где среднегодовая температура — минус 14,9 °С, минимальная — минус 63 °С, зима длится 8—8,5 мес., якутская корова не только выжила, но и стала производителем ценнейших продуктов питания. Среди современных пород крупного рогатого скота мы не знаем такой устойчивости и экологической пластичности.

История скотоводства на территории Якутии насчитывает тысячелетия. При раскопках на р. Мунку в Олекминском районе найдены остатки костей домашнего крупного рогатого скота, свидетельствующие о существовании 3—4 тыс. лет назад в этих местах скотоводческого племени<sup>1</sup>. Предки яку-

тов заселили край в X—XV вв., а это значит, что якутский скот живет в экстремальных условиях Севера не одно тысячелетие. По данным Г. П. Баширова, еще в 1857 г. в Якутии насчитывалось 17 666 голов местного крупного рогатого скота<sup>2</sup>. Больше всего животных содержалось в центральных, вилюйских и юго-западных районах Якутии, а в Верхнеянгском округе — 7979 голов. Местный якутский крупный рогатый скот на всей территории республики в чистоте разводился до 1929 г. Но в результате массового скрещивания с быками-производителями холмогорской и симментальской пород, начавшегося в середине 30-х и начале 40-х годов, интереснейшие внутрипородные типы якутского скота исчезли.

По экстерьерным и некоторым морфологическим данным крупный рогатый скот Центральной и Западной Якутии отличался от северной, заполярной популяции. Однако в настоящее время нет сведений о наличии якутского аборигенного скота в Центральной и Западной Якутии, сохранился он лишь в труднодоступных районах республики — Верхоянгском и Верхневилуйском. Свообразное географическое положение этих мест, удаленность от водных путей сообщения, изолированность от других районов оградили якутский скот от скрещивания с куль-

турными породами. Можно с уверенностью сказать, что преградой для полного уничтожения этих животных выступила сама природа, во многом благодаря ей одна из древнейших популяций местного скота Сибири осталась в чистоте.

Якутский скот — это небольшого роста животные с бочкообразным туловищем, покрытым густой шерстью, с короткими крепкими ногами. Средняя масса коров составляет  $340,2 \pm 1,9$  кг, быков-производителей —  $456,0 \pm 10,5$ , волов —  $480 \pm 16,6$ . Средняя высота в холке колеблется от 107,2 до 111,3 см (в крестце на 1—2 см больше). Большинство животных имеет крепкую конституцию, характерную для животных мясо-молочного направления.

По классификации Х. Вернера, якутский скот относится к группе мелкого скота с короткой головой (из-за отсутствия затылочного гребня), а по классификации Е. Ф. Лискуна, это самый широколобый среди отечественных пород. Передний профиль головы прямой, лоб в нижней трети несколько вдавлен. Таким образом, голова нетяжелая, с коротким, но очень широким лбом. Носовое зеркало черного цвета. Форма и направление рогов самые разные. Расстояние между корнями рогов очень маленькое — 9,66 см, что служит отличительным признаком. Любопытно, что среди якутского скота Северо-Востока комолые животные не встречались. Шея у этого скота средней длины и толщины с тонкой и эластичной

© Иванова З. И., Столповский Ю. А. Аборигенный якутский скот.

<sup>1</sup> Публикация поддерживается Международным фондом Джорджа Сороса и Российской академией естественных наук.

<sup>2</sup> Окладников А. П. Прошлое Якутии до присоединения к Русскому государству. Якутск, 1949.

<sup>2</sup> Башарин Г. П. История животноводства в Якутии второй половины XIX — начала XX в. Якутск, 1962.

кожей, которая собирается в мелкие складки. Хорошо развитый подгрудок сильно выдается за линию передних конечностей. Спина и поясница ровные. Относительно развита передняя часть туловища — характерная черта экстерьера якутского скота. Ноги у этих животных очень короткие, индекс длинноногости — 43,4 %, тогда как для большинства пород крупного рогатого скота, разводимых в бывшем СССР, — 44—49 %. Характерная особенность экстерьера — относительно длинное туловище и компактные, плотные и крепкие копыта. Одинаково часто встречаются животные с тонкой и толстой на ощупь кожей, с хорошо развитой подкожной жировой тканью, что несомненно способствует выживанию в суровых условиях.

Якутский скот отличается разнообразием мастей. Из них наиболее характерные и распространённые подробно описал П. А. Романов: эриен — черная с пестринками, эбирдээх — красная тигровая до леопардовой (белая с черными пятнами различной величины), ала — опоясанная пегость (поперечный пояс между передними и задними ногами), садьарай — белохребтовость<sup>3</sup>. В 1990 г. мы исследовали масти современных аборигенов. Как и десятилетие назад, в верхней якутской популяции преобладают окрашенные или пестрые животные (78 %). По мнению Романова, животные с преобладанием белой окраски (эбирдээх, ала и др.) более приспособлены к условиям Крайнего Севера, чем однотонно окрашенные животные. Довольно часто у якутского скота встречаются белые отметины на голове — звездочка, проточина, лысина, мазок, пестрина и очки. При рождении якутские телята обычно красной масти, которая через 5—6 мес. темнеет. Интересно, что будущую окраску животного узнают по ресницам: если ресницы черные, то окраска туловища будет черной, если рыжие, то красной или бурой. Отмечено два случая,



Якутская корова белой масти [народное название — ачыккыла] с темными очками вокруг глаз.

Теленок с пестриной на лбу.



когда все туловище якутских коров черной масти 19- и 20-летнего возраста покрывалось пятнами седых волос овальной формы.

Сегодня якутский аборигенный скот содержится в основном в западной части Верхоянского района между 64 и 69° с. ш. В этом высокогорном районе, изрезанном горными хребтами и долинами рек, насчитывается около 1 тыс. особей якутского скота. В летнее

время здесь появляется масса гнуса, сильно досаждающего животным. Но аборигены прекрасно приспособились к защите от него: они надежно защищены густой шерстью, покрывающей не только туловище, но и вымя; длинным хвостом с густым пучком волос отгоняют надоедливых кровососущих насекомых и к тому же резко сокращая все мышцы, буквально сбрасывают с себя тучи гнуса.

<sup>3</sup> Романов П. А. Охрана и использование генофонда якутского скота. Якутск, 1984.

В долинах, замкнутых со всех сторон горами, образуются как бы стоячие озера переохлажденного воздуха, где долго сохраняется низкая температура. К сезонным колебаниям температуры якутский скот адаптировался своеобразным изменением волосяного покрова. Так, зимой густота волос на единицу поверхности тела увеличивается по сравнению с летом в среднем в 6,2 раза. Из них наибольшее количество составляют пуховые волосы (прекрасный термоизолятор) — 84,1 %, переходные — 11,2, а остевые — всего 4,7 %. У местного якутского скота Верхоянья зимний волосяной покров в среднем в три раза длиннее и в четыре раза гуще, чем у симметризованного скота центральной части Якутии.

Жесткие условия жизни сформировали уникальных по своим признакам животных, представляющих несомненную генетическую ценность. У абorigенного скота Якутии прекрасно развиты механизмы физиологической терморегуляции; повышена интенсивность окислительно-восстановительных реакций, способность к быстрому росту и развитию в ранний постнатальный период; гораздо быстрее, чем у других пород умеренного климата, фетальный гемоглобин замещается взрослой формой, содержание которого достаточно высоко, много эритроцитов, глутатиона, но низкая активность щелочной фосфатазы<sup>1</sup>.

Поскольку якутский скот веками формировался на скудной пище в крайне тяжелых условиях содержания в длительной стойловой период, он был и остается маломолочным, но с большими потенциальными возможностями. «У якутов скот зимой систематически голодает. Особенно плохо приходится стельным коровам: они не получают и половины необходимого им сена. Кто заходил в якутский хотон и слышал там

«скрежет зубный», тот без всяких цифр знает, как голодает якутский скот»<sup>2</sup>. Сегодня одна фуражная корова дает 1112 кг молока, но встречаются коровы с чрезвычайно низкими (500—650 кг) и относительно высокими удоями (более 2500 кг). Зато средняя жирность молока составляет 4,75 %. Надо отметить, что якутские коровы по жирности молока занимают второе место в мире после джерсейской породы и первое место среди 32 основных пород и отродий крупного рогатого скота, разводимого в бывшем Советском Союзе. Обследование показало<sup>3</sup>, что у 69,7 % коров в молоке содержится больше 5 % жира, причем у 3,8 % жирность молока достигала 6 % и даже 7 %. И не было ни одной коровы с жирностью молока ниже 4 %. Интересно, что якуты первые начали морозить молоко, получая таким образом порошкообразную смесь, т. е. сухое молоко.

Межпородные гибриды, созданные на основе якутского скота отличаются от своих чистопородных собратьев и других породных вариантов высоким содержанием в молоке жира, белка, лактозы, в нем больше сухого вещества, минеральных веществ, витаминов. В этом отношении якутский скот представляет ценный генетический резерв для селекции.

Судя по анализу возрастного состава 1556 коров северо-востока Якутии, проведенному П. А. Романовым, среди них имелись 24-летние животные, еще способные производить потомство (в промышленном животноводстве коровы живут в среднем шесть-восемь лет). Этот факт говорит о долголетию, крепком здоровье животных Якутии, несмотря на скудное питание. Якутский абorigенный скот невосприимчив к туберкулезу, а возможно, и к лейкозу — «бичу» современных пород. Об этом свиде-

тельствует отсутствие в архивных материалах сведений о заболеваниях туберкулезом абorigенного якутского скота как в дореволюционный, так и послереволюционный период. Однако генетическо-физиологические механизмы устойчивости якутского скота ко многим болезням до сих пор мало изучены.

В ходе исследований полиморфизма эритроцитарных антигенов и белков крови выявлены специфичные для якутского скота аллели групп крови, по гену белка трансферрина, обнаружена низкая частота аллеля А и достаточно высокая частота аллеля Е — не характерное для других абorigенных пород явление. По большинству изученных генов якутская порода, принадлежащая к турано-монгольской группе крупного рогатого скота, имеет сходство с калмыцкой и бурятской породами.

Якутский скот на основании краниологического анализа отнесен к подвиду *Bos taurus furlano-mongolicus*, куда входит калмыцкий, киргизский, якутский, сибирский, сойотский, монгольский и маньчжурский скот. Вначале предком якутского скота считали зебувидный скот. Однако исследования белкового полиморфизма якутского скота и некоторых родственных ему пород показали, что по высокой частоте аллелей D и D локуса трансферрина он стоит ближе к европейскому скоту, а по частоте аллелей локусов постальбумина — к породам Южного полушария. В отличие от других пород у местного якутского скота обнаружен один основной тип гемоглобина — HbA. Выдвинута гипотеза о родстве якутской, киргизской, тувинской пород и независимом от монгольского скота формировании абorigенного скота Якутии<sup>4</sup>.

Несомненно, что малочисленная популяция якутского скота представляет собой интерес для биологов. Тем более удивительно, что проблема его охраны и рационального использования генофонда по сей

<sup>1</sup> Раушенбах Ю. А., Киселев Ю. А., Выставной А. И. О специфике терморегуляции крупного рогатого скота при низкой температуре среды. Ленинград, 1976.

<sup>2</sup> Ионов В. М. К вопросу о скотоводстве у якутов Якутского округа // Памятная книжка Якутской области на 1886 г. Якутск, 1885.

<sup>3</sup> Коротков Г. П. Крупный рогатый скот Якутской АССР и методы его улучшения. Якутск, 1983.

<sup>4</sup> Слепцов М. К. Типы гемоглобина крупного рогатого скота Якутии. Новосибирск, 1976.

день не решается. Резкое снижение численности привело к тому, что якутская порода сегодня свелась, по существу, к одной изолированной популяции. Настал момент, когда уже

нельзя надеяться на природу, когда только активная помощь человека поможет сохранить для потомков животных, которым он во многом обязан своим процветанием. Мы надеем-

ся, что, прочитав данный очерк, при упоминании Якутии читатель вспомнит и прекрасных животных этого края, об одном из которых мы здесь рассказали.

## НОВОСТИ НАУКИ

### Медицина

#### Курение выходит из моды

В 1991 г. во всем мире было произведено 5,4 трлн. сигарет, т. е. в среднем по 1008 штук на каждого жителя планеты, независимо от пола и возраста. Цифра подавляющая. И все-таки она знаменует собой снижение относительно рекордного 1988 г., когда на душу населения приходилось 1023 штуки. Падение на 1,5 % — дело не случайное, но процесс идет крайне неравномерно. Если в наиболее промышленно развитых странах число некурящих явно растет, то в развивающихся — тенденция обратная. Так, в Китае, занимающем первое место в мире по потреблению табака, курящих из года в год становится все больше: просто курение сделалось доступным многим, кому раньше оно было не по карману.

На втором месте по количеству выкуренных сигарет стоят США, но здесь кривая потребления упорно идет вниз: после рекордной «затыжки» в 1963 г., неуклонное с тех пор снижение достигло 38 %. Переломным стал 1964 год, когда опубликовали отчет министерства здравоохранения США о результатах глубокого изучения реакции человеческого организма на потребление табака. Затем было установлено, что из-за болезни, связанной с курением, умирает 1000 американцев ежегодно! Исследователи с фактами в руках показали, например, что курение матери ведет к снижению веса новорожденного, учащению сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. Есть свидетельства, что рак в США в 40 % случаев так или иначе связан с курением.

Общественный отклик был решительным. Например, в наиболее населенном штате страны — Калифорнии — был введен новый налог на табак, причем вся собираемая сумма (около 29 млн. долл. в год) направляется на противотабачную кампанию.

Сыграли свою роль и ограничения на право курения в общественных местах. Опрос показал, что на 60 % предприятий США курение на рабочем месте серьезно ограничено, а на 25 % — полностью запрещено. На внутренних авиалиниях пассажир курить не имеет права. Парадокс заключается в том, что курение ныне быстрее всего идет на спад именно в той стране, откуда оно когда-то распространилось по всему миру.

В Канаде власти тоже решительно настроены против этой пагубной привычки: сумма различных налогов на одну пачку сигарет достигает в среднем 3,76 долл., так что ее цена, превысив 5,56 долл., стала для многих недоступной.

В Европе в борьбе с этой привычкой лидируют Скандинавские страны. На треть сократилось курение в Норвегии; здесь, а также в Польше, Италии и Венгрии реклама сигарет полностью запрещена.

Табачные компании США, чувствуя угрозу разорения, обратили внимание на страны «третьего мира», на Восточную Азию, где менее образованный потребитель легче поддается на призывы рекламы и меньше знает о плачевных последствиях курения. Но и здесь некоторые правительства уже запретили рекламу сигарет и курение в общественных местах. Налоги в табачной промышленности и торговле ее продукцией повышаются. В Гонконге, например, в 1990 г. реклама сигарет по телевидению стала недопустимой, а налог на них был утроен, так что цена пачки подскочила до 3 долл. Даже в Китае зародилось, хотя и сла-

бое пока, антитабачное движение.

Все это — следствие внимания того факта, что табак повышает расходы на здравоохранение.

Vital Signs (World watch Institute). 1992. P. 8 (США).



Охрана природы

#### Германия очищает свои восточные земли

Министр охраны природной среды Германии К. Топфер (K. Töpfer) объявил о создании государственного фонда в 15 млрд. марок для осуществления работ по ликвидации опасных свалок на территории бывшей ГДР в течение пяти лет. Попутно будут созданы многочисленные рабочие места, в которых так нуждается этот регион (лишь на расчистке скопления химических отходов вокруг огромных комбинатов в Биттерфельде и Лейпциге можно занять до 25 тыс. безработных).

Споры о том, за чей счет следует ликвидировать около 70 тыс. свалок с ядовитыми отходами на территории бывшей ГДР, мешали до сих пор многим предпринимателям вкладывать сюда свои капиталы. Теперь же 75 % всех расходов берет на себя федеральное правительство, и лишь остальная часть ляжет на местные власти.

Помимо этого, 13 млрд. марок ассигнуется целевым назначением на «приведение в порядок» урановых шахт в восточной части страны, а 45 млн. марок — на защиту жилых зданий и сооружений от естественного излучения радона.

New Scientist. 1993. V. 137. N 1865. P. 13 (Великобритания).

## Древнее гончарство: экспериментальное изучение

**И. Н. Васильева,**  
кандидат исторических наук

**Н. П. Салугина,**  
кандидат исторических наук  
Институт истории и археологии Уральского отделения РАН  
Екатеринбург

**Ю. Б. Цетлин,**  
кандидат исторических наук  
Институт археологии РАН  
Москва

**В** ПОСЛЕДНИЕ годы как в отечественной, так и в зарубежной археологической науке заметно активизировались экспериментальные исследования<sup>1</sup>. Именно они постепенно становятся тем реальным фундаментом (как это уже имело место в других науках), на котором может сформироваться общая система методов изучения и интерпретации того огромного археологического материала, какой ежегодно добывается при раскопках древних поселений и могильников. Двумя другими составляющими этого фундамента являются данные этнографии и самой археологии.

Наша экспериментальная научная экспедиция по изучению проблем древнего гончарного производства продолжается уже четвертый полевой сезон. Летом 1993 г. база экспедиции располагалась в с. Нур Волжского района Самарской области. Работы были организованы Институтом истории и археологии УрО РАН и

Самарским областным краеведческим музеем при участии лаборатории «История керамики» Института археологии РАН. В экспедиции принимали участие исследователи из Екатеринбурга, Самары, Москвы, Челябинска, Оренбурга. Главное внимание было сосредоточено на экспериментальном изучении наиболее важных вопросов древней гончарной технологии: формовочные массы керамики, основные приемы конструирования сосудов, способы обработки поверхностей сосудов.

К сожалению, часто приходится сталкиваться с тем, что на практике не соблюдаются основные методические требования к проведению таких экспериментов. В частности, исследователи прилагают большие усилия, чтобы добиться, например, эффекта внешнего сходства экспериментальных и археологических сосудов, не учитывая того, что само сходство может быть достигнуто совершенно различными способами. Такой подход нельзя признать научным. Суть научного экспериментального подхода в гончарной технологии состоит в целенаправленном изучении конкретных приемов труда древних мастеров. Поэтому сотрудники экспедиции работали прежде всего в двух направлениях: изготавливали из глины серии эталонных образцов с использованием тех или иных приемов труда, которые либо известны по данным этнографии

у народов земного шара, либо их можно предполагать, исходя из анализа обломков посуды из раскопок; проводили аналитическое изучение особенностей «следов», возникающих на поверхностях и в изломах этих экспериментальных образцов в результате использования различных приемов труда. На этой основе вырабатывается общая система признаков, по которым можно реконструировать конкретные приемы труда древних гончаров при изучении изделий из глины.

Почему же столь важна реконструкция древних приемов труда? Дело в том, что изготовление сосудов из глины или особых составов представляет собой достаточно сложную технологическую задачу. Правила ее решения накапливались человечеством очень постепенно, эмпирическим путем. Передаваясь по родственному каналу от поколения к поколению, они консервировались, закреплялись и постепенно превращались в устойчивые «технологические традиции», характерные для определенных древних коллективов или родственных групп гончаров. Сегодня твердо установлено, что эти традиции могут служить очень чутким индикатором для выявления различных процессов культурного смешения, которые шли в среде древнего населения<sup>2</sup>.

© Васильева И. Н., Салугина Н. П., Цетлин Ю. Б. Древнее гончарство: экспериментальное изучение.

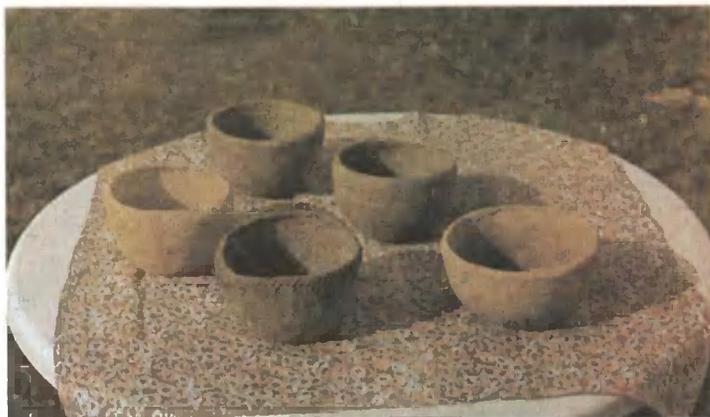
<sup>1</sup> Цетлин Ю. Б. Основные направления и подходы к изучению технологии древней керамики за рубежом // Керамика как исторический источник (подходы и методы изучения). Тез. докл. Всесоюз. науч. археол. конф. Куйбышев, 1991. С. 13—17; Васильева И. Н., Салугина Н. П. Роль эксперимента в изучении древнего гончарства // Там же. С. 76—80.

<sup>2</sup> Бобринский А. А. Гончарство Восточной Европы. Источники и методы изучения. М., 1978.

Таким образом, мы получили в руки инструмент, позволяющий изучать по наиболее массовым археологическим находкам — древним черепкам — процессы культурного и этнокультурного развития конкретных носителей разных гончарных традиций. Уже имеющийся опыт изучения этих традиций показывает, что они были в древности очень разнообразны, и поэтому обращение к новым археологическим коллекциям, как правило, ставит перед исследователями все новые вопросы<sup>3</sup>. Некоторые современные итоги изучения процесса формирования и развития культурных традиций в истории гончарства должны найти отражение в разрабатываемой сотрудниками экспедиции программе создания в Самаре музейной экспозиции «Древнее гончарство. Происхождение и развитие».

Район работ нашей экспедиции оказался чрезвычайно перспективным в геологическом и природно-хозяйственном отношении. Так, в радиусе 3—4 км от базы обнаружены выходы по крайней мере 17 видов природных глин — ожелезненных и неожелезненных, разной пластичности и минерального состава. Близлежащие озера богаты илами и различными видами речных моллюсков. Жители с. Нур содержат в хозяйстве крупный и мелкий рогатый скот и лошадей. Разные природные глины, илы, речные моллюски, отходы жизнедеятельности домашних животных — все это широко использовалось в проводившихся экспериментах.

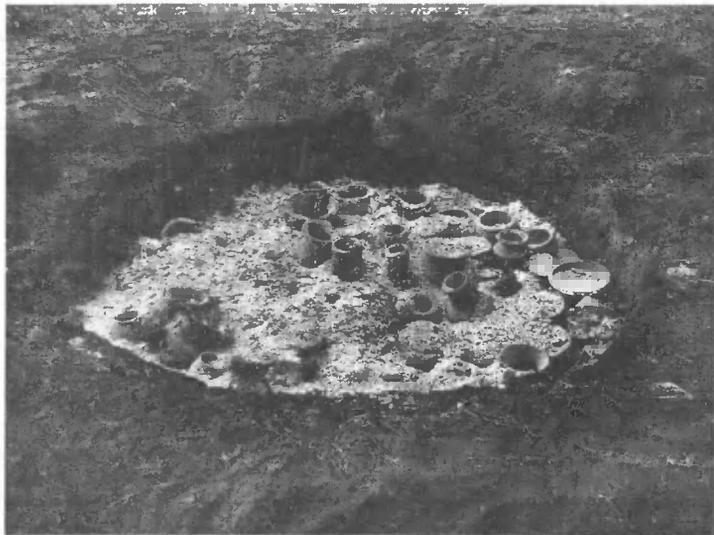
Большое внимание мы уделили созданию серии образцов из глины и разных видов измельченного талька, примесей



<sup>3</sup> Васильева И. Н. О технологии производства неполивной керамики Болгарского городища // Город Болгар. Очерки ремесленной деятельности. М., 1988. С. 103—150; Салугина Н. П. Некоторые вопросы истории именовских племен в свете данных технико-технологического анализа керамики // Проблемы изучения археологической керамики. Куйбышев, 1988. С. 119—144; Цетлин Ю. Б. Периодизация неолита Верхнего Поволжья. Методические проблемы. М., 1991.

Экспериментальные сосуды, характеризующие начальные (вверху) и заключительные (в центре) этапы развития во времени структуры глиняных форм.

▲ Сосуды, специально изготовленные для музейной экспозиции «Древнее гончарство. Происхождение и развитие».



Общий вид простейшего очага для обжига глиняной посуды. Обожженные сосуды частично перекрыты слоем золы.

которого часто встречается в посуде Урало-Поволжского региона в эпохи неолита и бронзового века. Использование в керамике примеси талька совершенно естественно, если учесть наличие многочисленных месторождений этого минерала. Продолжена была работа и по изучению формовочных масс из смеси глины и различных органических добавок (сухого и влажного навоза крупного и мелкого рогатого скота и лошади; речных моллюсков с раковинной и без нее), а также из смеси глины и чистых дробленых раковин. Эти и многие другие варианты состава формовочных масс широко известны по материалам раскопок памятников разного времени в Европе, Азии, Африке, Северной и Южной Америке. Выявлять различия конкретных

культурных традиций в этой области технологии особенно важно для реконструкции начальных этапов формирования гончарства как особой сферы человеческой деятельности.

Моделирование основных приемов конструирования сосудов, известных по данным этнографии и археологии, позволило уточнить некоторые особенности следов, возникающих при создании изделия и сохраняющихся в изломах, а иногда и на внутренних поверхностях. Сегодня известны четыре программы конструирования «начинков» (т. е. четыре разных подхода к началу лепки сосуда): донная, донно-емкостная, емкостно-донная и емкостная. Только в рамках этих программ было промоделировано 56 способов выполнения этой работы. Конструирование велось, например, разными видами налепа (лоскутным, кольцевым, спиральным), из разной формы исходных материалов (лоскута, жгута, ленты), с использованием специальных форм-моделей и без них, а также

приемов выдавливания и выбивания изделия. Навыки труда в этой области гончарной технологии относятся к числу наиболее устойчивых и консервативных. Поэтому строгая фиксация их по древней керамике позволяет сделать объектом специального изучения проблемы происхождения разных групп древнего населения, в том числе народов, известных нам по письменным источникам и лингвистическим данным.

При экспериментальном изучении различных способов механической обработки поверхностей сосудов моделировались следы, возникающие от заглаживания поверхности разными материалами и инструментами (пальцами, кожей, овчиной, грубой и тонкой тканью, деревянным или металлическим ножом и т. п.), а также от лощения сосуда сухой галькой по сухой или влажной поверхности изделия. Практически все эти способы встречаются на археологической посуде разного времени на территории России и сопредельных стран.

Что касается разработки музейной экспозиции, то она, помимо формулирования ее общей идеи включала создание и некоторых натуральных экспонатов. Традиционно музейные демонстрации на эту тему представляют собой или собрания глиняных сосудов из археологических раскопок, или аналогичные собрания этнографической посуды, или выставки художественных фарфоро-фаянсовых изделий конкретных мастеров, школ или керамических заводов. Планируемая нами экспозиция должна дать представление о всемирной истории гончарства и продемонстрировать основные моменты в развитии как самого производства, так и его продукции — бытовой глиняной посуды.

## Еще одна птицеобразная рептилия из меловых отложений Монголии

Е. Н. Мащенко  
Москва

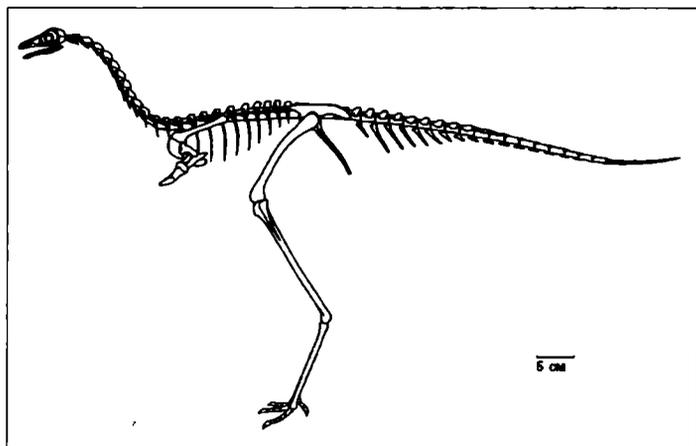
Еще в 1987 г. А. Ф. Карху (Палеонтологический институт РАН), работавший в составе Российско-монгольской палеонтологической экспедиции, обнаружил в местонахождении Бугин-Цав, на юге Монголии, фрагмент скелета своеобразного животного, имеющего черты как динозавров, так и птиц. В 1992 г. Монголо-американской палеонтологической экспедиции удалось найти в Бугин-Цав более полные остатки того же животного, названного *Mononychus olecranus*<sup>1</sup>. Относительно хорошая сохранность остатков позволила американскому палеонтологу П. Альтенгрелю (P. Alfangrel) воссоздать облик этого существа.

Животное достигало в длину 1 м и внешне отдаленно напоминало крупных современных нелетающих птиц, объединяемых в группу бескилевых (в нее входят, например, африканский страус, нанду, эму, киви). Большинство бескилевых птиц имеют сильные ноги и относительно маленькие крылья и неспособны к полету из-за отсутствия килевой кости, к которой крепятся мышцы, приводящие в движение крыло. У мононихуса были очень короткие, но довольно мощные передние конечности, не похожие на крылья. Первый палец на них имел короткий толстый коготь,

возможно, служивший для раскапывания почвы. Кости таза и трубчатые кости задних конечностей тонкие; длинная шея достаточно подвижна, челюсти снабжены зубами. При движении на задних конечностях длинный хвост мог играть роль балансира.

По-видимому, предками этих животных были мелкие двуногие динозавры из группы те-

65 млн. лет назад). В это время и в Азии и в Северной Америке существовало несколько групп древних настоящих птиц. В связи с этим систематическое положение мононихуса оказывается весьма своеобразным. По некоторым чертам строения своего скелета (килевидная грудная кость, морфологические особенности таза, малая берцовая кость, не достига-



Реконструкция скелета *Mononychus olecranus*, сделанная по остаткам из местонахождения Бугин-Цав [не сохранившиеся элементы скелета зачернены].

ропод, широко распространенной в меловую эпоху в Азии и Северной Америке. Возраст отложений, из которых происходят остатки мононихуса, датируются поздним мелом (85—

ющая коленного сустава) он близок к современным птицам, а по другим — к рептилиям.

Значительное морфологическое сходство целого ряда меловых рептилий (в том числе и мононихуса) с настоящими птицами отражает, скорее всего, независимое параллельное развитие одинаковых признаков в разных группах животных.

© Мащенко Е. Н. Еще одна птицеобразная рептилия из меловых отложений Монголии.

<sup>1</sup> Nature. 1993. V. 362. N 6421. P. 623—625 (Великобритания).

## «...Словно в мире нет ничего, кроме водорослей»

Из писем П. А. Флоренского

1936 год

№ 44. 7—13 января

А. М. Флоренской

Работа моя идет в прежнем направлении, но осложняется вместе с расширением самих опытов. Мы переходим теперь уже к полупроизводственным опытам, рассчитывая на ежедневное получение 2—3 кг альгина и 2 кг агара. Такие количества продукции требуют переработки уже значительных масс сырья и больших бочек воды. Сырье с водою надо кипятить, фильтровать, вымораживать, оттаивать, выпаривать, сушить, и тут требуется внимание, аппаратура, хотя и простая, огромное количество различной посуды и т. д. Опытный характер этих процессов требует многочисленных взвешиваний, отмериваний, записей, расчетов, анализов. Каждая из отдельных операций сама по себе не представляет особых затруднений, но вместе, когда их много, когда они срочны и когда им подлежат большие количества вещества, становятся уже делом значительным. (...) То, что раньше радовало бы, теперь встречаю равнодушно. Сегодня, например, добился получения агара светлого (он получался ранее темным, по виду вроде шеллака), но этот успех воспринимается с безразличием.

№ 48. 7—13 февраля

А. М. Флоренской

На днях мы увидели и плоды наших трудов: местный кондитер изготовил мармелад на агаре нашего производства и остался весьма доволен результатами. На мармеладную массу пошло 1,5 % агара, но это количество оказалось великовато, достаточно 1,2 %, т. е. в соответствии с хорошим заграничным агаром. Последнее время дни стоят ясные и морозные, что необходимо для наших опытов.



Павел Александрович Флоренский. Рисунок неизвестного художника, сделанный в Соловецком лагере. На обороте надпись: «Оле от папы. 1935. IV. 23».

№ 49. 17—21 февраля

О. П. Флоренской

Со вчерашнего дня я переселился на завод. Во втором этаже его — лаборатория и комната, в которой живет нас пятеро. (...) Лаборатория, в которой работаем я со своими помощниками, представляет отгороженную досчатými перегородками часть большого зала. За перегородкой на-

ходятся установки, в которых мы ведем технологические опыты в крупном масштабе. Помогают мне: один молодой химик удмурт (вотяк), один молодой преподаватель и трое рабочих, из которых один украинец, один русский и один коми (зырянин). Вообще же здесь есть все национальности и я иногда шутя высказываю сожаление, что нет чернокожих. Работаем вместе мирно и вместе волнуемся, когда кажется, что к сроку не успеем изготовить необходимое количество товарных образцов или получить данные для проектировки завода. Однако в настоящих условиях работаете далеко не так, как в биосаде. Ведь заводская работа идет круглые сутки, и потому хождение не прекращается ни в выходные дни, ни ночами. Кроме того, завод находится в центре, т. е. неподалеку от Кремля, и это обстоятельство не дает тишины и уединения, бывших в биосадской лаборатории, и отвлекает время и мысли.

№ 50. 21—25 февраля

**А. М. Флоренской**

Попав в лабораторию на жительство, я могу теперь кое-чем заниматься и ночью, тем более, что работа идет круглые сутки и надзор нужен все время. Сейчас ок. 3 ч. Рядом со мной рабочий разрезает на ломти для вымораживания агар, а с другого боку в чане булькает накачиваемая вода.

№ 51. 29 февраля — 1 марта

**А. М. Флоренской**

Живу в новом помещении, о чем уже писал ранее. Это Иодпром, т. е. Иодный завод. Это — большое двухэтажное здание, правая половина которого занята проектными бюро, а левая — заводом, лабораториями и комнатами общежития. Большая часть здания построена в XX в. и не представляет интереса. Но к левой половине примыкает древняя часть, нижний этаж которой построен в XVI в., а верхний — вероятно, в нач. XVIII, если не в конце XVII. Живу я во втором этаже этого старого здания, тут же часть лабораторий. Производственная же лаборатория или, точнее, цех находится в постройке XVI в., со сводчатым потолком на столпах, необычными окнами, прорезанными в толстых массивных стенах и мрачным видом, вроде кухни ведьм или кабинета Фауста. Тут стоят опытно-производственные установки, чаны, шаровая мельница, самодельные, а потому средневекового вида шкивы и колеса, различная деревян-

ная утварь, в частности, ящики, которым ради экономии материала придали вид гробов. Урчит и клубится пар, льется и капает вода, скрипит и гремит шаровая мельница, распространяются запахи водорослей разных видов. Посреди помещения выемка-спуск, занимающая половину площади; сток для воды, сооруженный из кирпичика; полы каменные из больших квадратных плит. Рядом в сушилке 62°, а за дверью — морозятся экстракты агара. Я говорю, что не хватает только подвешенного к потолку чучела крокодила. Распорядок дня соответствует обстановке, т. е. столь же далекий от буржуазного уюта.

№ 52. 10—14 марта

**А. М. Флоренской**

Дело моей жизни разрушено, и я никогда не смогу и, кроме того, не захочу возобновлять труд всех 50 лет. Не захочу, потому что я работал не для себя и не для своих выгод, и если человечество, ради которого я не знал личной жизни, сочло возможным начисто уничтожить то, что было сделано для него и ждало только последних завершительных обработок, то тем хуже для человечества, пусть-ка попробуют сделать сами то, что разрушили. Как ни плохо, но все же кое-какая литература до меня доходит, и я вижу, что другие стараются около вопросов мною уже проработанных, и мною одним, но вслепую и оцупью. Конечно, по частям и исподволь сделанное мною будет сделано и другими, но на это требуется время, силы, деньги — и случай. Итак, разрушением сделанного в науке и философии люди наказали сами себя, так что же мне беспокоиться о себе. Думаю о вас. Конечно, я работаю, но уже над другим и второстепенным или третьестепенным: ни условия работы и жизни, ни возраст, наконец, ни душевное состояние не дают возможности обратиться к первостепенному. Достаточно знаю историю и историч. ход развития мысли, чтобы предвидеть то время, когда станут искать отдельные обломки разрушенного. Однако меня это отнюдь не радует, а скорее досадует: ненавистна человеческая глупость, длаящаяся от начала истории и, вероятно, намеревающаяся итти до конца ее. (...) Начиная с завтрашнего дня ряд лекций по технологии и химии водорослей на курсах иодных мастеров. Остальное идет своим порядком и нового сказать мне нечего. Разве только, что агар, получаемый нами, согласно нашим испытаниям оказался доброкачественным и превосходящим японский, а равняющимся по качеству американскому, если не выше его.

№ 53. 24—25 марта

О. П. Флоренской

По-прежнему живу при заводской лаборатории. (...) Работы очень много, не успеваю делать и части намеченного мною на день. К тому же оторванность от литературы, снабжения и людей весьма осложняет ход работы и делает коэффициент полезного действия очень малым. Припомняешь ли «Таинственный остров» Жюль Верна. Приходится работать именно так, т. е. все начинать сначала. Положим, мне потребовался железный купорос, взамен некоторых других продуктов, которых здесь нет. Но и железного-то купороса не оказывается, надо делать самому из железной стружки. Если бы дело шло о граммах, то это было бы ничего. Но когда надо производить 10—20 кг, т. е. открывать хотя и маленькое, но производство, то это уже сложно: нет посуды, негде расположиться с вонючими реакциями. И так — все: то нет ящика, то банки, то таза, то сковородки и т. д. Необходим вакуум, но нет насоса. Приходится думать, как соорудить насос. Но для ртутного насоса (и ртути нет) нужен т. н. форвакуум, т. е. насос предварительной откачки. Его тоже нет, надо придумывать. Намечен паровой эжектор. Но нет пара достаточного давления, а для конструирования эжектора — нет литературы. Опять ищи выхода. Чтобы сделать шаг вперед, каждый раз приходится проходить все шаги, пройденные техникой, и изобретать, как выйти из положения. А на это требуются время и силы. Конечно, совершенно естественно, что отдаленный Соловецкий архипелаг, лишенный сообщения с материком в течение 8 месяцев в году и к тому же вовсе не предназначенный для научно-технической работы, не обеспечивает всем необходимым для работы; даже и Москва не обеспечивает получением всего потребного в готовом виде. Скорее наоборот, приходится удивляться, когда все же что-то находится и когда удается выйти из затруднений сравнительно без больших усилий. Много значит в этом отношении малочисленность островного населения с вытекающим отсюда большим или меньшим знакомством каждого с каждым; благодаря этому знакомству (по здешнему это, на воровском языке, называется «блатом») удается узнать, что где имеется или что может итти в качестве заменителя чего-нибудь необходимого. Много значит также не формальное отношение к делу лагерного руководства, что возможно и облегчено тою же малочисленностью населения. Чувствуется хозяин, который может распорядиться и рас-

поряжается по существу дела, если это действительно необходимо. В этом отношении обособленная жизнь на острове представляет преимущество перед материковой, где неизбежно меньше концентрированность всего дела, а следовательно и менее конкретное вникание в частности его.

№ 54. 21—25 марта

А. М. Флоренской

Я сижу всецело в водорослях. Эксперименты над водорослями, производство водорослевого, лекции и доклады по тем же водорослям, изобретения водорослевые, разговоры и волнения — все о том же, с утра до ночи и с ночи почти что до утра. Складывается так жизнь, словно в мире нет ничего, кроме водорослей. Но как раз о них-то не удается читать что-нибудь дельное, — имею в виду какой-нибудь курс «альгологии», т. е. водорослеведения. Докапываешься до всего своим умом, а потом узнаешь, что это уже сделано другими. Если бы мне было 20 лет, то, пожалуй, такая школа была бы не плоха, доходить своим умом. Но в моем возрасте уже поздно думать о школе и готовиться к чему-то будущему, а надо в настоящем вести работу с настоящими результатами и наименьшею тратою сил. Большой недостаток у меня также и в том, что пока я работаю с водорослями уже привезенными на завод, но не наблюдал их выбросов на берег, и тем более растущими в море. Но м. б. весной и летом этот недостаток будет восполнен. Мое мышление так устроено, что пока я совершенно вплотную не подойду к первоисточнику в природе, я не чувствую себя спокойным и потому не мыслю плодотворно, т. е. со своей точки зрения, ибо только я могу судить или предощущать свои возможности. Водоросли же настолько своеобразны, что их непременно надо прощупать до конца собственными руками. Недаром один из рабочих допытывался у меня, что водоросли — растения или животные, и когда говорил, что растения (хотя чуть-чуть и животные), то был явно неудовлетворен: ему хотелось услышать о животной природе водорослей.

№ 56. 8—10 апреля

А. М. Флоренской

Отвечаю на вопросы. Спрашиваешь о водорослях. Нельзя одну фразую ответить на твои вопросы. Водорослей существует 13 классов, причем в Белом море

Семья Флоренских на лестнице их дома в Загорске в октябре 1932 г., за четыре месяца до ареста П. А. Флоренского. В центре — Павел Александрович с дочерью Марией-Тинатин [Тикой]. Стоят [справа налево]: жена Анна Михайловна, сестра Юлия Александровна, сын Мика, теща Надежда Петровна Гиациантова, мать Ольга Павловна.

Фото В. П. Флоренского

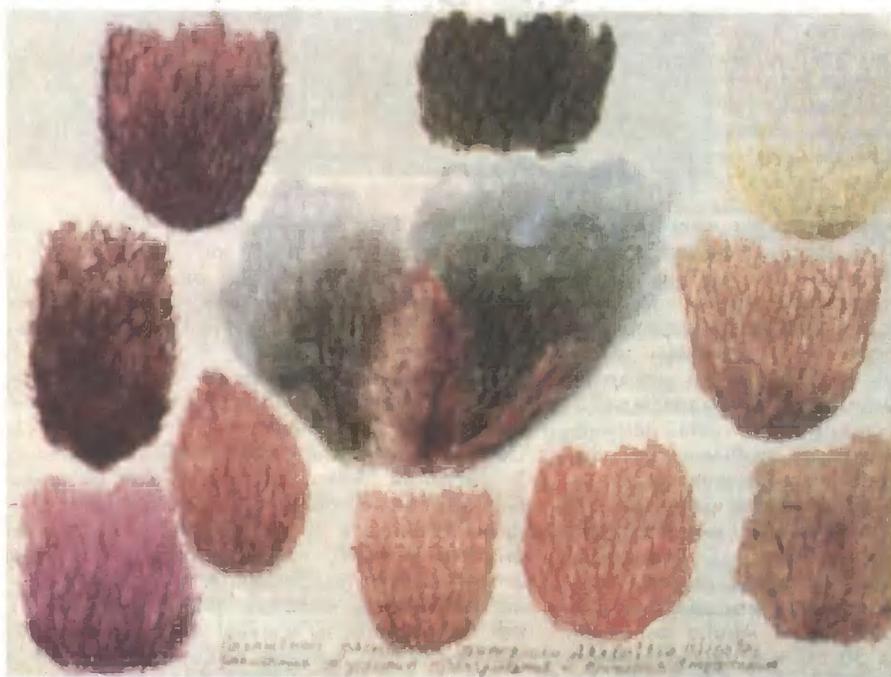


из более примечательных 4-х классов найден 121 вид и 129 форм, найден уже в 1925 г., а число находимых видов все возрастает<sup>1</sup>. В настоящее время практич. значение находят гл. о. бурые водоросли (к которым относятся разные виды ламинарий и фукусов) и багряные (к которым относится анфельция). Мне приходится работать с этими тремя родами. Из ламинарий (и отчасти фукусов) добываются иод, альгин и др. вещества, а из анфельции — агар-агар. Спрашиваешь, как их вылавливают. В большинстве случаев не вылавливают, а просто собирают на берегу. После штормов берег покрыт выбросами, берега Бел. моря буквально завалены водорослями, и валы выбросов тянутся на много километров, при высоте в 50 см и более и ширина их от 1 м и значит. более. Ежегодно выбрасывается на одних только Соловках не менее 25 тысяч тонн, да и то это не все выбросы, а наиболее полезные — «морская капуста» (ламинарии), «тура» (фукусы), «мошок» (анфельция). Водорослевые запасы Бел. моря исчисляются в 1,5 миллиона

тонн, причем возобновление запасов считается в 3 года. На 1 кв. м поверхности дна (у берегов) вырастает ок. 5—6 кг ламинарий и 9—10 кг фукусов, — но, конечно, там, где они вообще могут расти. Величина ламинарий оч. различна, в зависимости от возраста и разных условий. Малая — 50—75 см. Крупные экземпляры до 350 см ростом, при толщине ствола в 3,5—4 см. Сейчас передо мною лежит такой экземпляр. 5 растений присосались своими ризоидами (подобие «корней») к одному камню — куску гранита в 20 кг. Держатся на камнях они так прочно, что не оторвешь, только ножом можно подрезать. А чем держатся — непонятно, т. к. ризоиды лишь сверху камня, как бы приклеены к нему. На камне всякие жители моря: мелкие водоросли, розовый налет — вероятно тоже водоросли, полипы, губки, ракушки, икра, морская звездочка и т. д. Стебли гладкие, тугие, совершенно без волокон и сосудов, словно резиновые. К середине они неск. потолще, слегка изогнуты волнистой линией, лежат как клубок змей. Стебель составляет 1/2 длины водо-



«Куст» красной агариносной водоросли *Ahnfeltia plicata*. Рисунок П. А. Флоренского в письме № 73, 25. VIII — 18. IX 1936.



Вариации окраски талломов *Ahnfeltia plicata* (письмо № 82, 25.XI — 6.XII 1936).

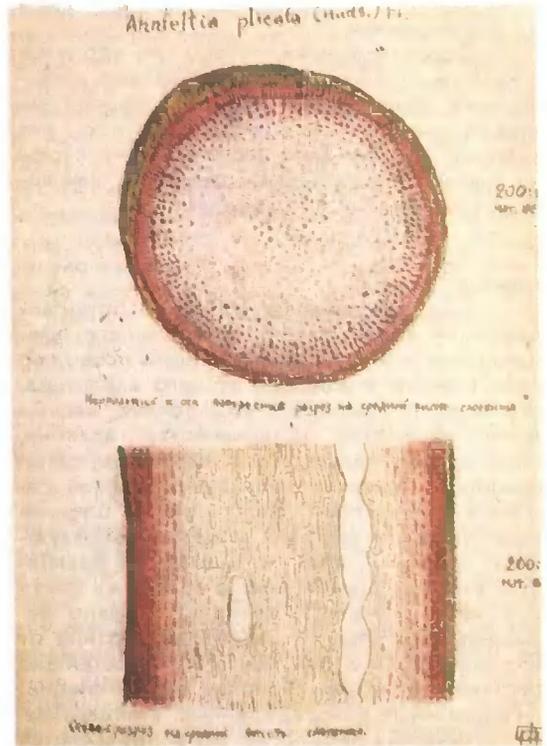
росли, другая половина — нечто вроде листа. У ламинарии дигитаты это как бы рука с длинными пальцами — их много, этих пальцев<sup>2</sup>, свежесобраные из воды или выброшенные водоросли из бур — бурого цвета, но на воздухе примерно через сутки

становятся темно-зелеными. — Кроме сбора водоросли добываются и драгировкой. Драгированные водоросли свежее и выше по качеству, но драгировка нелегка. И сбор, и драгировка производятся летом, т. е. с весны по осень включительно. Но т. к. мне

Поперечный и продольный срез таллома *Ahnfeltia plicata* (письмо № 90, 5.II. 1937).

понадобились свежие водоросли, то сделана попытка драгировать их не с лодок, а из подо льда, и водоросли драгировали уже неск. раз. Требуется их конечно много, даже для опытов по 100 кг в день, а для производства — тонны и десятки тонн. IV. 9—10. От свежих водорослей приятно пахнет — сыростью и морем, но при гниении запах делается противным. — На зиму водоросли надо сушить, если имеется в виду добывать из них различные полезные вещества. Если же добывать только иод, то водоросли сжигают — либо в ямах, либо в особых печах, частью осенью и летом, частью весной — перепревший материал, «консервированные» водоросли; и в том и в другом случае перед пережогом приходится водоросли подсушивать, а это нелегко, особенно в здешних условиях, при сырости воздуха и отсутствии солнца, т. к. водоросли мясисты и водянисты, содержат не менее 4/5 воды. — Мошок тоже подсушивается, после промывки; сушить его легче, он суше и словище его состоит из тонких волокон — довольно о водорослях.

Таллом красной агароносной водоросли *Phyllophora brodiaei* (письмо № 74, 20—23.IX. 1936).



№ 59. 27 апреля — 4 мая

**А. М. Флоренской**

Дорогая Аннуля, только что вернулся с зачетов-экзаменов по курсу химии и технологии водорослей, который провел на курсах иодных мастеров. Вероятно это впервые в мире организованы такие курсы по такому специальному предмету, как водорослевоиодная промышленность.

**Кириллу**

Сидя над технологией переработки водорослей и над организацией малого производства, я иногда между делом позволяю себе вникать в вопросы общего характера, связанные с биологией водорослей, весьма мало изученной. Открываются явления, по-видимому неизвестные. Например, обнаружались годичные кольца водорослей семейства *Laminariae*<sup>3</sup>, состоящие из бледно-коричневого и желтого вещества, образующего оболочки, поднимающиеся на различную высоту, соответственно годовому росту той части слоевища, которую условно называют «стеблем». (...) Общая картина от водорослей, что они вовсе не простейшие растения, а весьма сложные, но не специализированные в определенных, стандартных биологических процессах; а это объясняется облегченными условиями жизни. Водоросли — вроде блестящих диллетантов — т. е. высший тип (для человека), по Гете. И, будучи вполне обеспечены всем необходимым, они могут заниматься собиранием экзотических элементов вроде иода, что было бы в такой мере недоступно сухопутному растению с его суровыми условиями жизни.

№ 61. 22—23 мая

**А. М. Флоренской**

...В этом письме хочу описать тебе путешествие по острову, совершенное мною 20 и 21 [мая.— О. М., П. Ф.], за 27 км от Кремля. (...) До сих пор я не написал о водорослях, хотя именно они и были целью путешествия. Надо было выяснить, каковы запасы анфельции, идущей на агар, в каком состоянии эта водоросль, как ее собирать и прочее. Вдоль всего берега простирается полоса выброшенных штормами водорослей. Это вал, местами в 50—70 см шириной, местами же распростирающийся на несколько метров. Вал представляет смесь различных водорослей, много фукусов разных видов (наши рабочие называют их «фокусами»), ламинарий и разных других. В этих



Павел Александрович Флоренский. Посылая этот рисунок жене 28 апреля 1936 г., он писал: «Рисовал этот портрет тот самый художник, который рисовал и первый, мною присланный Оле. Что же касается глаз, то я же не вижу своих глаз, но быть им особенно веселыми как будто не от чего [малого размера — от очков].»

водорослях запутана и анфельция, так что ее приходится выбирать оттуда. Работа эта нетрудная, но кропотливая, и рабочие, которые посильнее и любят работать с налету, как они говорят «аккордно», ворчат, что это работа «бабская». В некоторых местах анфельция разбросана самостоятельно, отдельными кустиками. В то время как прочие водоросли выбрасываются штормами, анфельция выносятся приливом. В отлив ее надо брать, т. к. иначе при следующем приливе ее занесет песком, и тогда найти ее уже труднее, да и от песка отряхнуть ее — лишняя работа. Есть места, где приливом многие годы наносило водоросли, которые тут же перепревали. Там образовалась топкая жижа, пахнет сероводородом. Стекающие из подобных мест источники,

наверное, иодоносны, но пока испытаний не удалось провести. Красивое зрелище — эта полоса выбросов. Море голубое, а она разных тонов около коричневого — желтых, бурых, коричнево-зеленых, коричнево-фиолетовых, местами розовых и красных. Хорошему колористу была бы богатая тема передать эту гамму цветов. На командировках работают мои зимние помощники по работе. Я был приятно удивлен, увидев, что они усвоили себе то, что рассказывал им на лекциях. Из анфельции наварили себе кушаний, получился агаровый кисель на березовом соке, агаровое заливное с воблой, картошка с агаровым студнем. Эти кушанья в плошках разложили на снегу. Я попробовал, зацепив раковиной вместо ложки, понравилось, но сами кухари были довольны в особенности. Один объяснял: «Как я услышал, что в других странах готовят кушанья на агаре, я подумал, почему же это мы не делаем, и целую ночь продумал, а утром изготовил».

**Мини**

Я занимаюсь сейчас варкою агара из водоросли анфельция пликата. Был разработан процесс зимнего изготовления агара, с вымораживанием. Теперь надо придумать, как добывать агар летом, не имея холодильной машины. Не знаю, удастся ли, т. к. нигде за границей агар без вымораживания не получают. Т. е. получить его, конечно, можно, но трудно добиться светлого цвета и трудно просушить, чтобы выпустить как товар. Когда какой-нибудь продукт получается в количестве нескольких граммов, то ряд трудностей и осложнений вовсе не возникает, но они обнаруживаются, как только переходим к десяткам килограммов; и наоборот, при десятках килограммов, когда придумано и устроено соответствующее оборудование, нередко устраняются затруднения, бывшие в лабораторном процессе.

№ 66. 4—5 июля

**А. М. Флоренской**

Спрашиваешь о водорослевой работе. На командировках я бываю, но на короткое разстояние. К тому же на Соловках больших разстояний нет и нет места, куда было бы нельзя пойти пешком в несколько часов. Это уютно, и если бы Соловки не были Соловками, то вполне соответствовали бы моему эллинскому миропониманию. Не люблю безграничных пространств и безформен-

ности, ищу великого, а не большого, а малое пространство легче воспринять, как великий мир, чем большое. (...) Умение ограничивать себя — залог мастерства (Гете). В себе я боролся всю жизнь с безграничностью, и кажется безуспешно, в этом моя слабость. (...) Водоросли мои расширяются и углубляются, хотя и медленно, но крепнут и переходят в производство. То, что два года назад было смутною мыслию, сейчас запаковывается в ящики и даже отсылается на материк. Но мысль влечет все дальше, к большему, к более углубленному и к лучшему.

№ 67. 7—9 июля

**А. М. Флоренской**

... Начался летний сезон, т. е. посещения начальства с материка, и в связи с этим застой как будто собирается сдвинуться с места. Кажется, можно считать решенным, что будет строиться большой Водорослевый Комбинат, и если да, то в скором времени... Это сразу выведет всю работу на путь промышленный. 1,5 года длится инкубационный период, но конечно это время не пропало даром, а было употреблено на приобретение опыта и знаний. И теперь, вижу, я настолько увяз в водорослевое дело, что своей любимой мерзлоты уже не увижу...

№ 72. 18—19, 24—25 августа, 3 сентября

**А. М. Флоренской**

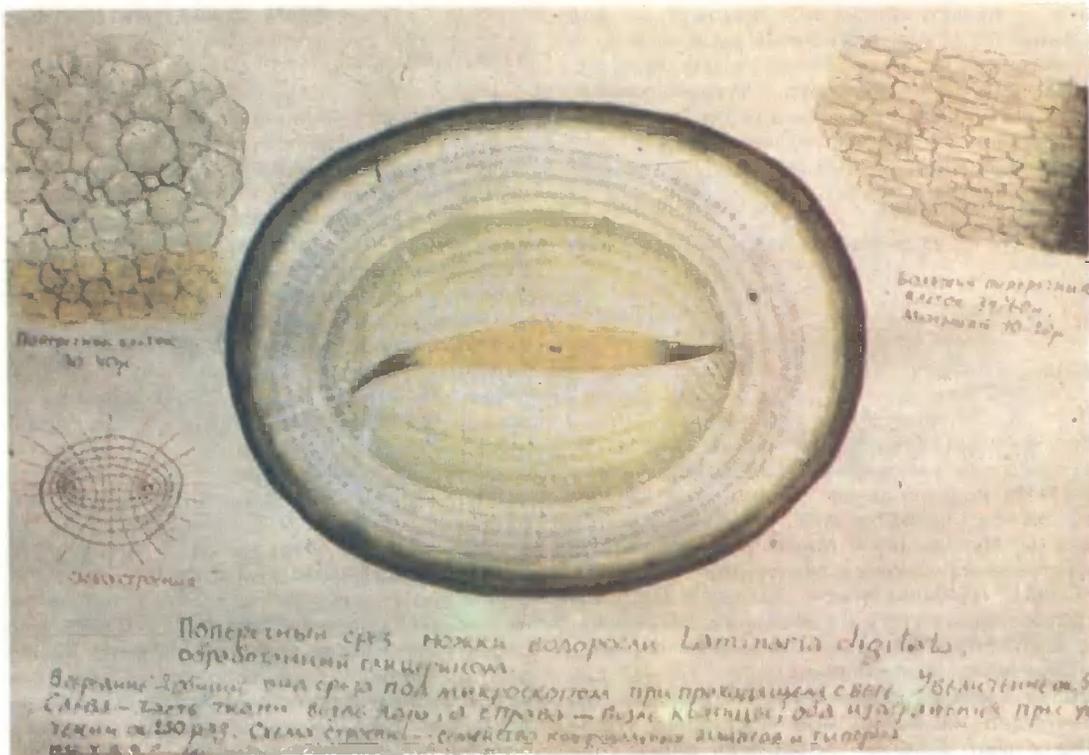
Очень грустно, что занятия мерзлотою не удастся возобновить. Все то, чем занимаюсь сейчас, важно экономически, но по существу гораздо менее ценно, чем то, что я надеялся дать при работе над мерзлотою. А кроме того, я живу здесь хотя и в особо благоприятных условиях, но тем не менее слишком шумной и людной заводской обстановке, и сосредоточиться на углубленной проработке нет никакой возможности: даже ночью нет ночной тишины, заводская жизнь идет непрерывно и сам с собой до конца не остаешься и в 4 часа ночи, как напр. сейчас. За перегородкой ходит сторож, временами приходит еще пожарник. Внизу урчит пар, качают насосы, летит вода, ходят, говорят. Порою ко мне является за чем-либо рабочий из цеха, или мне самому приходится спускаться туда. Помимо технических вопросов — и чисто экономические. Ведь надо для блага тех же рабочих поддерживать их производительность на

Три таллома *Laminaria digitata*; верхушки листовых пластин оборваны (письмо № 74).

уровне более 200 % от плана — это дает им и предприятию разные преимущества. Мелкая хозяйственная забота, вместе с невозможностью уединиться, заедает и силы и внимание. Конечно, по ряду вопросов приобретаются и знания, и навыки, и углубления. Но все же эти вопросы не непосредственно связаны с моими задачами и потому в моем возрасте должны рассматриваться как помеха или как расточительность. Зачем, напр., мне изучать тонкости техники химическ. анализа, когда я вовсе не собираюсь специализироваться по аналитич. химии. А впрочем, т. к. невозможно заранее предвидеть, что и к чему понадобится, то приходится молчать и усвоить то, что посылается.

Ризоиды *Laminaria digitata* с прикрепившимися к ним мидиями [*Mytilus edulis*] (письмо № 74). Виссон — устаревшее название нитей, образуемых моллюсками для прикрепления к субстрату. В древности из них изготавливали ткань — виссон. Современная транскрипция названия этих нитей — биссус.





Поперечный срез стебля *Laminaria digitata* с годовыми кольцами [письмо № 76, 12—13.X. 1936].

**Тике**

Дорогая Тикунья, только что вернулся с островов<sup>1</sup>, сплошь заросших брусникой, голубикой и черникой. Такого изобилия еще никогда не видел. Ягоды необыкновенно крупные, как виноград. А в море, кругом островов, заросли водорослей. Когда едешь в лодке над этими зарослями, то с непривычки можно подумать, что едешь над затопленным огородом. Ламинария сахарина похожа и по цвету и виду на кочаны капусты, растущие на песочке. Вода красивого зеленого цвета, травянисто-зеленая, если смотреть прямо вниз с борта, а вдале — светло-голубая, несколько сероватая, — как дамы любят говорить, цвета электрик. Попадают при драгировке морские звезды, очень красивые, но к сожалению их мало. Пятиконечные звезды — оранжево-красные, а одиннадцати-конечные — темно-малино-



Таллом красной водоросли *Rhodophyllis dichotoma* [письмо № 82, 25.XI—6.XII. 1936].

вые, и пупырушки на них придают им вид орденских звезд, осыпанных рубинами. Есть и медузы, но их в Белом море немного. Они с бурым или красно-бурым пятном. Рыб не видел, по-видимому их мало. Зато водоросли огромные, некоторые в 4—5 метров длиной, сочные и очень аппетитные, так и хочется их съесть.

№ 73. 25 августа, 14—15, 17—18 сентября

Василию

На Зайчихах я жил Робинзоном — бродил, ездил на байде, под веслами и под парусом ради наблюдений над водорослями. (...) Из водорослевых наблюдений напишу об одном, которое м. б. тебе пригодится для палеофитологии. Мною установлено существование в ножке ламинарий ГОДОВЫХ КОЛЕЦ. Это было зимою. Теперь я занимаюсь проверкою этого наблюдения. Встречается *Laminaria digitata* до 5-летнего возраста, с ножкою поперечником в 3,5—4 см. Более старых экземпляров не находил, да и трудно их найти, ибо последнее годовое кольцо 5-летней водоросли очень тонко, и водоросль видимо находится в состоянии угасания роста. В другом же месте находил *Lam. digitata* и 7-летнюю, но весьма маломощную, полагаю, что это были гаплоидные экземпляры<sup>5</sup>. Годовые кольца водорослей видны весьма явственно, но на просвет, в тонких (1—2 мм) срезах. Удивительно, что этих колец по-видимому никто до меня не отметил (трудно представить себе, чтобы просто не заметил).

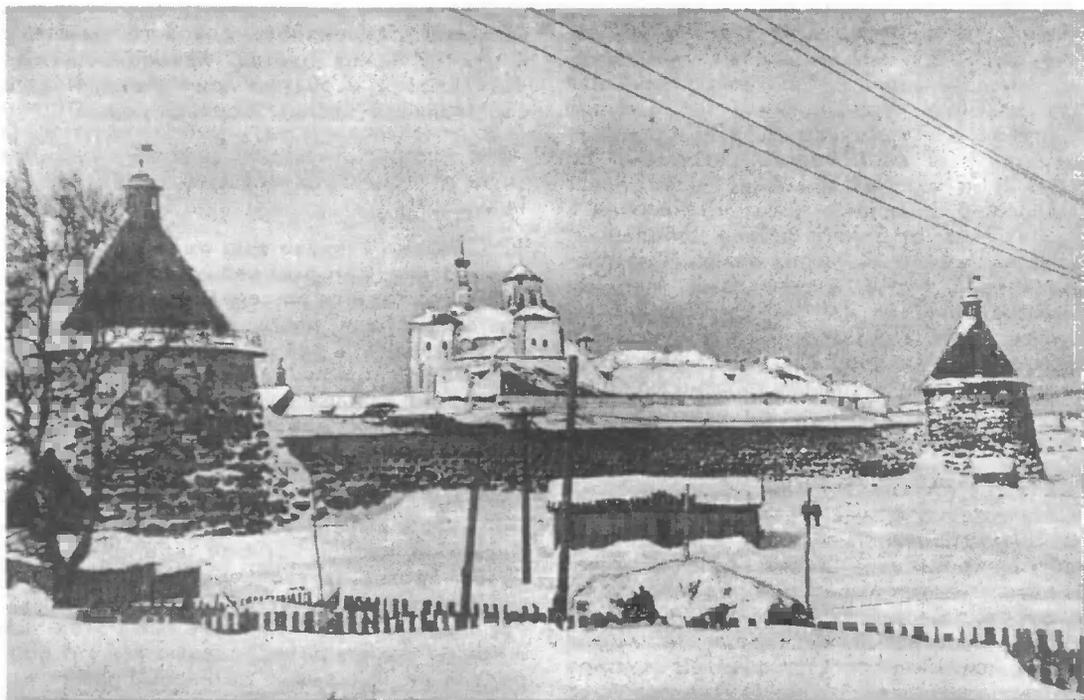
А. М. Флоренской

Мы делаем успехи, умом это сознается, но задачи настолько быстро вырастают сами, что чувствуешь все время себя отстающим от хода потребностей. В виде примера успехов посылаю 2 пленки агара, который начинаем выпускать именно пленочным — таким его еще не выпускают нигде, и в этом отношении мы обогнали заграничную практику. Вместе с ним посылаю и свой рисунок водоросли *Ahnfeltia plicata*, извлеченной мною лично с глубины 1 м при низкой воде (отлив). Мне не пришлось видеть в книгах изображения этой водоросли, и мой рисунок может представлять некоторый интерес.

№ 75. 11—12, 16—17 октября

А. М. Флоренской

Живу более-менее по-прежнему, т. е. в работе круглые сутки, лишь изредка бываю в природе. Кроме различных препятствий тут помеха в образованных при Иодпроме курсах мастеров-водорослевиков, едва ли не первых и единственных в мире. Заведывая этими курсами и читая львиную часть лекций, я тем самым лишен возможности отлучаться на неск. дней из нашей Соловецкой столицы — Кремлевского лагунка, а итти или ехать на командировки обыденной безцельно, ничего не успеешь сделать. Сейчас жду некоего прерыва своих лекций, чтобы предпринять путешествие по острову за образцами, наблюдениями и лекциями. (...) Относит. рисунков, тебе они м. б. интересны хотя бы в том смысле, что когда я рисую, то с каждым штрихом думаю о Вас. (...) Рисунки прошу не терять, чтобы было нечто на память обо мне, да и материал для работ детям. Ведь водоросли (после бактерий) древнейшие живые организмы и от них веет сотнями миллионов, если не больше, лет. Чем больше занимаешься ими, тем больше объявляется дивного. (...) Водоросли тут по преимуществу собирают на берегу, особенно в низкую воду — выброшенные штормами, прибоем и приливами. Водорослевое окаймление берега иногда доходит до 8—10 метров шириною при толщине слоя ок. 50 см, причем такой, или поуже, водорослевый вал тянется километрами, чтобы прервавшись на известном участке, снова начаться дальше. Но так бывает при штормах. В этот год удивительное безветрие и ясность, не по-соловецки, и для завода это удачное лето — целое несчастье, т. к. нарушает все планы. Кроме сбора водорослей занимаемся и их драгировкой — накручиванием растущих водорослей (они длиною в 2—3—5 метров) на длинный шест с 4-мя рисками на конце. Это делается с борта плоскодонной лодки — байды. Затем шест тащут вместе с водорослями вверх. Работа весьма тяжелая, т. к. каждая водоросль крепко прирастает к камню, и приходится «вытаскивать» с водорослями несколько-пудовые камни, чтобы обрезать с них водоросли уже по выходе из воды. От драгировки происходит растяжение сухожилий в запястьях даже у весьма здоровых рабочих. Думаем механизировать драгировку, что не только облегчило бы рабочих, но и удешевило бы стоимость добычи водорослей (конечно, вы-



Почтовые открытки с видами Соловков. Изданы Управлением Соловецких лагерей особого назначения в 1929 г.

драгированные водоросли, как свежие, гораздо лучше штормовых). Однако до сих пор, несмотря на множество предложений, вполне надежных приспособлений для мех. драгировки по-видимому нет. Главное препятствие — каменность дна. — Спрашивается, видны ли с берега водоросли. На песке и на валунах и между ними лежат выбросы. Благородная гамма коричневых и бурых тонов, от белого совсем отбеленных солнцем ламинарий, через палевый, светло-коричневый, бурый и оливковый. Местами оливково-зеленые или красно-коричневые фукусы. Местами розовые, фиолетовые, пурпурные и шоколадные анфельдии, между водорослями крупными разбросаны мелкие — розовые, удивительно изящные птилоты, хондры и др., белые, розовые, зеленые и пурпурные кораллины. Все это запутано, как бы завязано бичевообразными, длиною в 5—8 метров, хордариями. Несколько пониже, в ямочках и между камней, а также на камнях фукусы, аскофиллум, мелкая анфельдия; на камнях же множество баланусов — морских животных вроде полипов<sup>6</sup>. Если поедешь на лодке, то видишь под собою фукусы, зостеру марину (цветковое растение, но растущее в воде, похоже на траву), плавают безчисленные хордарии. Далее виднеются на дне анфельдии и ламинарии, подобные кочанам капусты, если смотреть сверху. Они так и называются «морскою капустою». Встречаются медузы, но здесь они довольно мелкие и вишнево-красного цвета. Такова в общем картина морских зарослей — этих «подводных лесов», как называют их иногда. Существуют и огромные водоросли, гораздо больше деревьев, но в водах более теплых, чем беломорские<sup>7</sup>.

Тике

Тут поразительная осень — таких ярких и различных цветов листьев и травы у нас не бывает. Огромными красными пятнами травы покрыта земля — вишневыми, багряными, розовыми. На темно-буrom торфаном грунте разсыпаны золотые листья берез. Рябина — в золотых и розовых листьях, а ягод так много, что некоторые деревья кажутся выточенными из коралла. Еще замечательнее цвета водорослей. На берегу лежат кучи и слои анфельдии — белые, кремовые, розовые, сиреневые, пурпурные, пурпурно-коричневые и темно-зеленые. Это так красиво, что хочется всю анфельдию забрать себе в сумку, но ее десятки тонн.

В иных местах берег покрыт багрянками — вишневого, пурпурного, розового, ракового и других ярких цветов. Яркостью красок опьяняешься, особенно при сочетании их с серо-голубым цветом морской воды.

Тике

№ 77. 24 октября

Недавно нашел еще одно применение водорослям, которым забавляюсь. Соловецкий театр ведется по-серьезному: ставят даже оперетты и оперы (напр. «Демона»<sup>8</sup>). Кстати сказать, в театре я никогда не бываю и говорю только по рассказам других. Театру не хватает клея для писания декораций и волос для париков, бород, усов. Ко мне обратились с просьбой о помощи. Вместо клея я предложил водорослевый клей альгинат натрия (еще его не стали применять), а вместо волос — водоросль десмарестию, клочок которой тебе присылаю<sup>9</sup>. Чтобы проверить свое предложение, я соорудил себе седоватую бороду, длинную-предлинную, рыжие длинные свисающие усы и космы темных волос, одеваю все это оборудование, накидываю резиновый плащ с капюшоном или бурку и удивляю непосвященных, которые не узнают меня и пугаются морского царя, как говорят они, Беломора. Этими водорослями вы могли бы весело забавляться. Водоросль десмарестия очень иодоносна, мы ее сжигаем на добычу из золы иода.

№ 78. 29—30 октября, 7 ноября

А. М. Флоренской

XI. 7. Завод полупустой по случаю праздников, и тихо, если не считать радио. Сажу в полном одиночестве за вас, грущу, хотя вместе с тем радуюсь за вас, думая что собрались на эти дни. (...) Я обложен со всех сторон желтоватыми свитками, словно хартиями на древнем пергаменте. Это — новая продукция — рулонный агар. В производстве агара самая трудная часть — высушить агаровый студень (в котлом 9/10 или более воды), чтобы при этом агар не закис, не заплесневел и не получил неприятного темного и безформенного вида. Обычно для этой цели применяется предварительное вымораживание студня. Но в виду отсутствия морозов и ненадежности их на Соловках мы придумали новый способ сушки, на горячем бара-

бане, который обмакивается нижней частью в расплавленный студень («бульон»), увлекает его при вращении и просушивает образовавшуюся пленку. После долгих неудачных попыток построить такой барабан собственными средствами и почти без материалов, мы добились наконец успеха и теперь заваливаем мою лабораторию готовой продукцией, от которой все приходит в удовольствие.

Мику

Отчитал вечером 2 лекции, а на следующее утро еще одну, конечно все о водорослях и о водорослевой промышленности. Об этих вопросах я рассказывал уже столько раз, что есть опасность стать граммофоном. Поэтому стараюсь разнообразить подход, план и отчасти содержание, чтобы и самому было занятно.

№ 82. 25, 26—27 ноября, 1, 2—3, 5—6 декабря  
А. М. Флоренской

Среди прочих производственных и исследовательских дел у меня в последние дни завелось еще одно, наиболее боевое, поскольку оно особенно срочно: изготовить придуманные мною в сотрудничестве с другими работниками б. Биосада тепло- и звукоизоляционные торфоплиты, в довольно большом количестве (больше сотни) и порядочного размера (50×50 см). Работа кипит, приходится одновременно и заготавливать оборудование (сушильные рамы), и материалы, готовить пластическую торфяную массу, прессовать и сушить плиты. В основном на них идет сфагновый мох или торф и отходы водорослевого производства, альгинат которых пропитывает торфяную массу. После замески торфяного теста оно прессуется под слабым давлением и в особых, придуманных мною, решетчатых формах сушится в сушилке. Получаются плиты, очень легкие (объемн. вес ок. 0,16), приятные на ощупь (вроде грубого картона), коричневатого-серого цвета и обладающие тепло- и звуко-изоляционной способностью. (...) Кроме перечисленных выше рисунков присылаю еще 2 — водоросли *Ahnfeltia plicata*, из которой добываем агар. Я не гнался за передачей формы (это было сделано раньше, в одной из зарисовок), а хотел передать различную расцветку этой водоросли — конечно очень приближенно, т. к. краскою не передашь ликующего многообразия ее цветовых тонов, выходит лишь жалкое подобие. Трудно представить себе великолепие этих пурпурных, розовых, фиолетовых и прочих тонов анфельции, кучами сложенной на дороге, в ожидании ее перевозки на завод. — Это несколько напоминает кашки, но торжественнее, богаче, одухотвореннее. При виде великолепия этих красок я еще сильнее сознаю, как люблю тебя, дорога Аннуля и всех вас.

№ 83. 10—11 декабря 1936

А. М. Флоренской

Сегодня, 10-го, я ездил на одну из командировок, в ю-в части о-ва и вернувшись пользуюсь завтрашним выходным днем, чтобы написать вам. Сперва расскажу о поездке. (...) Светлое время теперь коротко: это либо восход, либо закат. Но зато краски неба и облаков совсем необыкновенны. Небо было изумрудное, облака серо-сизые, розово-фиолетовые, индиговые — все в благородно-сдержанной гамме, без крикливости и яркости, но чистое по тону. Вместе с бурным белесо-зеленоватым, а временами почти черно-индиговым, морем, бурными валами водорослей, снежной пеленой и апельсиновым солнцем, мечущим снопы лучей, словно пылающим длинными выбрасывающимися пламенами, и свирепым нордом на берегу, холодным, едва не опрокидывающим, все слагалось в картину прекрасную и безотрадную. Словно человечества и уюта еще нет или уже нет. (...) Сбиваемый ветром с ног, я набрал из выбросов различных водорослей в холщовую сумку, с которой не расстаюсь во время экскурсий, прозяб и пошел к водорослево-сжигательной печи. Это огромная печь, вроде плиты, на которую накладывают груды сырых, слегка подвявших водорослей. Здесь нижние слои сгорают и озоляются, а верхние за это время успевают подсохнуть за счет теплоты горения нижних и тепла печи. Печь заключена в легкую постройку, типа барачного. От водорослей идут клубы белого дыма и пара, распространяя сильный, но не противный и не едкий, запах, очень своеобразный, вроде смеси запаха горячей калоши, подгоревшей яичницы и сдобных куличей. Печь раскалена, к ней близко, когда дверца открыта, не подойдешь. Подсушил перчатки, поразспросил рабочих о пережоге и вообще о работе и наблюдал пламя. Странное явление: в то время как от дров, сосновых, пламя обычное, золотисто-желтое и золотисто-оранжевое, жар дает пламя

явственно зеленое, красивого золотисто-зеленого цвета, хорошо сочетающегося с оранжевым самого жара. Сперва я подумал было, что этот цвет обусловлен золою водорослей, но меня убедили, что зола в жар не попадает и что такой же цвет пламени получается от жара в бараче, где водорослей вовсе нет. Подобный цвет мог бы быть вызван присутствием  $\text{Cu}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Tl}$ ,  $\text{Ba}$ , но заподозрить сколько-ниб. значительн. содержание этих элементов в дровах нет оснований. Остается предположить, что их содержит местная глина, из которой выделяется кирпич для пода печи; если так, то содержание элемента, дающего пламени зеленую окраску, должно быть значительно, поскольку под подвергался накалу в течение многих месяцев, если не нескольких лет, непрерывно, а выделяться обсуждаемые пары могли лишь из поверхностных слоев кирпича. К сожалению, без спектроскопа решить вопрос, с каким именно элементом имеем мы здесь дело, очень затруднительно.

1937 год

№ 87. 7, 8—9, 11—12, 13 января

Кириллу

Чувствую, что меня ничто уже, само по себе, не интересует и только как-нибудь соотносясь с вами подвигает мысль. С некоторым увлечением изучаю водоросли; однако подогревает лишь возможность поделиться с вами — хотя бы при помощи рисунка.

№ 90. 5 февраля

Тике

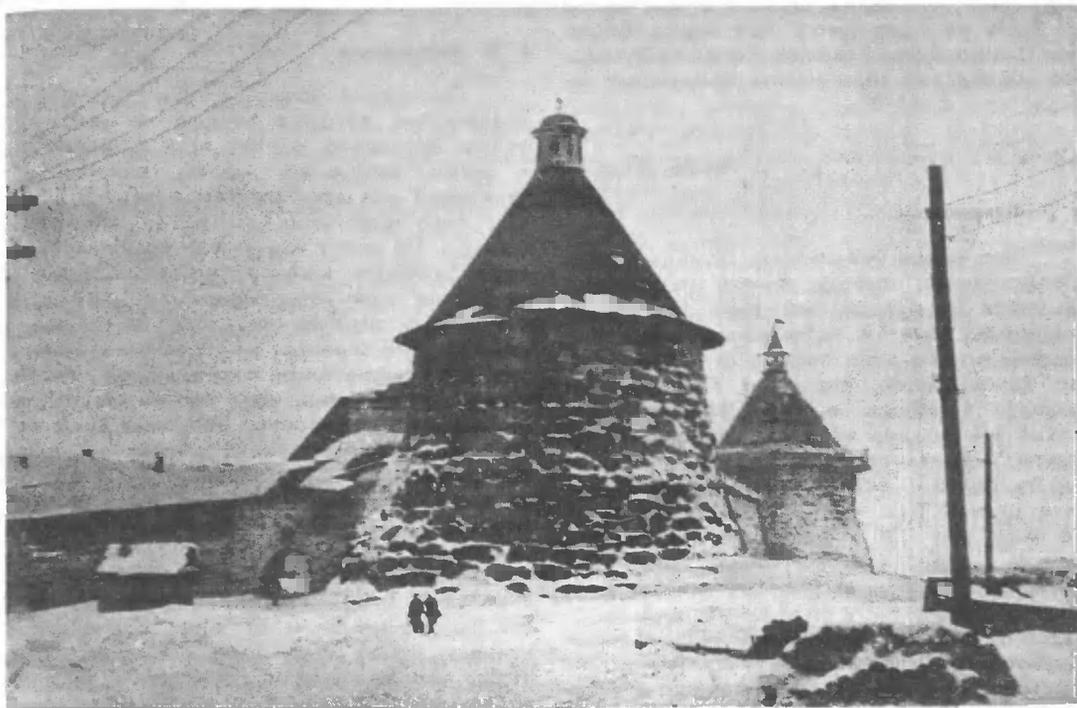
Пока что я сижу над водорослями, изучаю их под микроскопом, зарисовываю, читаю о них, делаю выписки из книг в надежде когда-ниб. написать книгу для юношества о водорослях, веду с помощью помощников химические испытания и анализы. Как хотелось бы показать вам и рассказать то, что узнаю о жизни моря.

№ 93. 22—23 февраля

А. М. Флоренский

... Во мне давно живет твердое убеждение, что в мире ничего не пропадает, ни

хорошее, ни плохое, и рано или поздно скажется, хотя бы и пребывало некоторое время, иногда долгое время, в скрытом виде. Для личной жизни это убеждение м. б. и недостаточно утешительно. Но если на себя смотреть со стороны, как на элемент мировой жизни, то при убеждении, что ничто не пропадает, можно работать спокойно, хотя бы непосредственного и явного внешнего эффекта в данный момент не получалось. Вот почему, несмотря на нашу разобщенность, я все же опираюсь на убеждения и чувство безрезультатности для вас своей работы. А в частности, хоть завод наш и положено ликвидировать, но последние месяцы перед своею кончиною он должен проявить усиленную деятельность по выпуску продукции агара повышенной и с качественной и с количественной стороны. А т. к. все это делается с импровизированным самодельным оборудованием, которое на ходу приходится и изобретать, то хлопот не оберешься. Что же до меня, то почти круглые сутки надо быть внимательным и входить во все частности дела. Но думаю о вас, думаю о маленьком, и жду, что когда-нибудь, в неожиданный момент и с неожиданной стороны, и вы получите что-то от этой работы.— Обстановка ее со стороны могла бы сойти за операционную. Вообрази сводчатые помещения, с каменными столпами, толстыми стенами, XVI века. Оно все заставлено и загромождено чанами всех калибров, от 4 куб. метров и до 200 литров емкостью, подмостками, лестницами, водо- и паропроводными трубами. В одних чанах — мойка, льются потоки воды днем и ночью, в других идет варка, из них поднимается пар, заполняющий густым туманом все помещение. Вертятся барабаны для сушки, мотор, извиваются ремни. Всюду ковши, ведра, сетки и щиты для сушки агара. Временами приносят на носилках груды водорослей — анфельции, загружают в чаны. Все рабочие озабоченно бегают от установки к установке, кто переливает горячий агаровый бульон, кто разливает по корытам, кто снимает агаровую пленку с барабана, кто режет агаровый студень на ломтики. Люди — со всех концов союза, всяких национальностей — кроме русских и украинцев с белоруссами — армяне, турки, кого только нет, есть даже чеченец, еле плетущий русскую речь. Слова раздаются на всяких языках. Вследствие необорудованности цеха настоящей аппаратурою он обслуживается более или менее самодельною, конечно, топорною и кустарною. Поэтому вся картина в целом вызывает представление о средневековой или восточной



Соловки. 1929 г.

мастерской, что впрочем в значительной мере совпадает. Для живописца вид ее был бы весьма занимателен, для производственника же смутителен. Ведь современное химическое производство настолько механизировано, что рабочим почти что нечего делать, только посматривать на термометры, манометры и прочие измерительные инструменты и поворачивать ручки и открывать-закрывать краны. У нас же почти все делается вручную.

№ 95. 20—21 марта

А. М. Флоранской

Стараюсь хранить ясность душевного настроения, однако вихрь производства взбаламутил и ее, и для мысли и созерцания не остается ни минуты времени, ни сил. Не странно ли, — никогда в жизни я не старался о прибытке, для вас, а теперь приходится напрягаться во всю, чтобы завод дал бы лишние десятки тысяч рублей. Ведь задача производства — в этом и только в этом, т. к. в нашей спешке думать о реше-

нии технологических проблем не приходится или — только на ходу, не углубленно и не совершенно, а как-нибудь, лишь бы в данный момент изжить недостатки. III. 21. Впрочем, от производства можно получить и другие впечатления. Все я пишу о Долине десяти тысяч дымов в штате Коннектикут<sup>10</sup>. Так вот и у нас: со всех сторон поднимаются столбы пара, брызжет вода, журчат ручьи, порою на 1/2 метра от тумана ничего не видно, идешь по воде, где свистит, где пыхтит, где грохочет. И я вспоминаю Долину 10 000 дымов. <...> Имеется у нас сушилка. Там стоит температура в 70—75°, то при довольно сухом воздухе, то при влажном. Сухой жар переносится легко, даже не без удовольствия захожу в сушилку и работаю там. Но при влажности всякое дыхание сопровождается кашлем, и воздух обжигает легкие. При этом весь делаешься мокрым.

Василию

Живу в атмосфере аврала, время не расценивается для меня на дни и ночи, а тянется одной непрерывной лентой ритмически сменяющихся бригад и летит так быстро, что, кажется, смена бригад дает

инфразвук жужжания. Думать о чем бы то ни было не приходится при наших бешеных и судорожных темпах, когда из кустарной мастерской надо выдать продукцию завода.

№ 96. 23 марта

О. П. Флоренской

Последнее время живу бешеным производственным темпом, ничего не поспеем, хотя напрягаем все силы настолько, что порою кажется: вдруг изнеможем. (...) Скорей и побольше, побольше и скорей — вот единственное, что стоит в голове. Ты пишешь о записи мыслей. Некогда, мамочка, — и не для чего. Записываю, но не мысли, а фактические сведения, то что собирать долго и, если напал на что, то снова в другой раз уж не найдешь. К тому же мне, для себя, факты говорят более теорий и всевозможные живые данные из биологии, физики, химии, геологии и т. п. кажутся значительнее обобщений, м. б. потому, что обобщений у меня всегда вороха. Хотелось бы научить, чему могу, детей, собственно же деятельность меня не влечет, и я предпочел бы оставаться со своими мыслями в уединении. Не уверен даже, что восприняло [бы] их будущее, т. е. у будущего, когда оно подойдет к тому же, будет и свой язык и свой способ подхода. В конце концов таю радость в мысли, что когда будущее с другого конца подойдет к тому же, то скажут: «Оказывается, в 1937 г. уже такой-то NN высказывал те же мысли, на старомодном для нас языке. Удивительно, как тогда могли додуматься до наших мыслей». И пожалуй еще устроят юбилей или поминки, которым я буду лишь потешаться. Все эти поминки через 100 лет удивительно высокомерны. Люди каждого времени воображают только себя людьми, а все прочее звероподобным состоянием; и когда откроют в прошлом что-то подобное на их собственные мысли и чувства, которые только и считаются настоящими, то надменно похвалят: «Такие скоты, а тоже мыслили что-то похожее на наше». Моя точка зрения совсем другая: Человек везде и всегда был человеком и только наша надменность придает ему в прошлом или в далеком обезьяноподобие. Не вижу изменения человека по существу, есть лишь изменение внешних форм жизни. Даже наоборот. Человек прошлого, далекого прошлого был человечнее и тоньше, чем более поздний, а главное — не в пример благороднее.

А. М. Флоренской

Последнее время я пристрастился к водорослям, которые поедаю не мало: нарезаю, промываю, варю с прибавкой уксуса и затем заправляю кашей, винегретом, чечевицей или вообще чем придется. Для еды беру *Laminaria saccharina*, как более нежную. По вкусу водоросли неск. напоминают тушеную капусту, но все же вкуснее ее и, на мой вкус, приятнее; пожалуй, в них есть отдаленное сходство со спаржей. Особое свойство водорослей — давать чувство насыщенности, и по-видимому это не только субъективно, но и соответствует содержанию в водорослях белковых веществ. (...) Наша водорослевая эпопея на днях кончается, чем буду заниматься далее — не знаю, м. б. лесом, т. е. хотелось применить в этой области математ. анализ. Окончание работ по водорослям естественно: ведь в моей жизни всегда так, раз я овладел предметом, приходится бросать его по независящим от меня причинам и начинать новое дело, опять с фундаментов, чтобы проложить пути, по которым не мне ходить. Вероятно тут есть какой-то глубокий смысл, если это повторяется на протяжении всей жизни — наука безкорыстия, но все же это утомительно. Если бы я собирался жить еще сто лет, то такая судьба всех работ была бы лишь полезна, но краткости жизни она лишь очистительна, а не полезна. Впрочем, в Коране сказано: «Ничего не случается с человеком, что не было бы написано на небесах». Очевидно, обо мне написано быть всегда пионером, но не более. И с этим надо примириться.

Василию

Водоросли мои кончились и, вероятно, совсем.

№ 101. 3—4 июня

А. М. Флоренской

Последние дни назначен сторожить в б. Иодпроме произведенную нами продукцию. Тут можно было бы заниматься (сейчас пишу письмо напр.), но отчаянный холод в мертвом заводе, пустые стены и бушующий ветер, врывающийся в разбитые стекла окон, не располагает к занятиям и, ты видишь по почерку, даже письмо писать околоченными пальцами не удается.

№ 103. 18—20 июня. Последнее письмо Тике

О. П. Флоренской

Соловецкие впечатления мои теперь ограничиваются людьми, т. е. мне наименее интересным. Рисовать водоросли уже давно не приходится за отсутствием микроскопа, места и красок. Но я доволен, что удалось зарисовать для вас и то немного, что ты видела. К сожалению, кажется, не все дошло до вас. Я здоров, но работать по-настоящему сейчас невозможно, а отсутствие правильной и напряженной работы и расслабляет и утомляет одновременно.

Дорогая Тика, мне приходится всегда прощаться с чем-нибудь. Прощался с Биосадам, потом с Соловецкой природой, потом с водорослями, потом с Иодпроем. Как бы не пришлось проститься и с островом.

В октябре 1937 г. вместе с большой партией заключенных П. А. Флоренского вывезли с Соловков на материк. 8 декабря 1937 г. в Ленинграде Павел Александрович Флоренский был расстрелян.

## КОММЕНТАРИИ

<sup>1</sup> В настоящее время для флоры Белого моря известно 183 вида донных водорослей: 39 зеленых, 75 бурых и 69 красных. С учетом подвидов и форм число таксонов возрастает до 500 (Возженинская В. Б. Донные макрофиты Белого моря. М., 1986). Современная систематика делит все водоросли на 10 отделов (в том числе зеленые водоросли — Chlorophyta, бурые — Phaeophyta и красные — Rhodophyta) и около 30 классов.

<sup>2</sup> После слов «этих пальцев» в описании листовой пластины *Laminaria digitata* в тексте письма оставлен пропуск; видимо, П. А. Флоренский хотел подсчитать число «пальцев» и вписать в оставленное место, но забыл или не успел. В среднем пластина *L. digitata* разделяется на 5—10 долей, иногда больше.

<sup>3</sup> Правильное название семейства ламинариевых водорослей — Laminariaceae.

Годовые кольца в стволиках ламинарий были отмечены еще в XIX в. Ф. Чельманом (F. Kjellman) (Зинова Е. С. Водоросли Мурмана. II. Phaeophyceae. // Тр. Имп. Петрогр. о-ва естествоиспытателей. 1914. Т. 44—45); впоследствии они были отмечены и другими исследователями (см., например: Возженинская В. Б. Указ. соч. С. 84). По этому поводу см. также письмо № 73.

<sup>4</sup> Во второй половине августа 1936 г. П. А. Флорен-

ский выезжал в командировку на Заяцкие о-ва Соловецкого архипелага для исследования водорослевых зарослей. Вернулся 23 августа. Из-за этой поездки — разрыв в датах писем № 72 и 73, причем № 73 он начал писать, еще не закончив и не отправив № 72.

<sup>5</sup> П. А. Флоренский ошибся, посчитав мелкие экземпляры ламинарий гаплоидными. Макроскопические спорофиты ламинарий всегда диплоидны; редукционное деление происходит при образовании зооспор, которые прорастают в микроскопические гаплоидные гаметофиты. Жизненный цикл ламинариевых — классический пример гетероморфной смены поколений у водорослей.

<sup>6</sup> В тексте письма помещен рисунок «домика» баянуса. *Balanus* — род усонюгих раков, весьма часто встречающихся в Белом море.

<sup>7</sup> Перечисляемые П. А. Флоренским водоросли — обычные представители беломорской альгофлоры: ламинария, фукусы, аскофиллум и хордария — бурые водоросли; анфельция, пtilота, кораллина — красные водоросли. Последние три вида изображены на рисунках П. А. Флоренского в письмах № 73, 78, 82, 90; рисунки, посвященные ламинариям, присланы в письмах № 60, 74, 76. Упомянутые в тексте «хондры» — это,

видимо, красная агароносная водоросль *Chondrus crispus*. Впрочем, и среди отмеченных хордарий почти наверняка были сходные с ними (особенно, если наблюдать с лодки) и широко распространенные в Белом море бурые водоросли рода *Chorda*: *Ch. filum* и *Ch. tomentosa*.

Наиболее крупные представители макроводорослей действительно превышают деревья по линейным параметрам: известны бурые водоросли (из родов *Macrocystis* и *Pelagophycus* из пор. *Laminariales*), достигающие длины более 50 м.

<sup>8</sup> В Соловецком лагере функционировал театр, имевший две труппы: драматическую и оперно-опереточную. Главным режиссером драматической труппы был А. С. Курбас. Он участвовал и в постановках оперных спектаклей. Опера «Демон» А. Рубинштейна была поставлена Л. Ф. Приваловым — солистом Бакинской оперы, исполнившим главную партию. Последнее представление театр дал накануне нового, 1937 года. (Подробнее см.: Чирков Ю. И. А было все так... М., 1991).

<sup>9</sup> Речь идет о бурой водоросли *Desmarestia aculeata* (пор. *Desmarestiales*).

<sup>10</sup> Долина Десяти тысяч дымов находится на Аляске. Публикация и комментарии О. В. Максимовой, П. В. Флоренского.

# Радиометрическая шкала для позднего кайнозоя Паратетиса\*

Реконструкция развития бассейнов Паратетиса, реликты которых сегодня представлены Черным, Каспийским и Аральским морями, — одна из интереснейших проблем палеоокеанологии. К сожалению, до недавнего времени история этих своеобразных озер-морей, особенно ее заключительный этап — последние 14—15 млн. лет, большинством геологов рассматривалась в отрыве от новейшей истории развития Средиземного моря — самого крупного реликта океана Тетис. Автор предлагаемой читателям «Природы» статьи И. С. Чумаков поставил перед собой задачу восполнить этот пробел.

В отличие от предшественников он подошел к проблеме взаимодействия бассейнов Тетиса и Паратетиса с позиций специалиста по геологии Средиземноморья. Многолетнее изучение неогеновых толщ этого региона привело его к убеждению, что без объективной корреляционной основы невозможно понять историю геологического развития Паратетиса и восточной части Средиземного моря. Из-за отсутствия общей для этих бассейнов палеонтологической базы и недостатков палеомагнитной шкалы такой основой может стать надежная радиометрическая шкала.

Группой Чумакова было проведено целенаправленное последовательное радиометрическое датирование большинства ярусов региона, начиная с сарматского — важного рубежа в истории Паратетиса. Работа эта оказалась очень своевременной, поскольку ныне большинство пеплоносных геологических разрезов осталось за пределами России.

Сейчас, когда объективная геохронологическая шкала наконец-то создана, большинство регионов верхнего кайнозоя Паратетиса получили новые значения абсолютного возраста и, таким образом, появилась возможность для достаточно надежных корреляционных построений. При этом я бы не назвал радиометрическую шкалу словацких геологов конкурентной, как об этом пишет Чумаков. Сотни опубликованных в Братиславе датировок дают богатый материал для истории новейшего вулканизма Карпат, но в гораздо меньшей степени служат геохронологии Паратетиса.

Автор этой статьи ограничивается лишь несколькими примерами использования новой геохронологической шкалы, среди которых особое место занимают понтическое время для Паратетиса и мессинское — для Тетиса. В этой связи стоит напомнить, что первое сообщение Чумакова о существовании и мессинском веке эвапоритового бассейна на всей современной акватории Средиземного моря и падении в это время его уровня на 1,5—2 км долго не признавалось отечественными геологами. И хотя данные глубоководного бурения полностью подтвердили эти представления, новый сценарий развития событий в Паратетисе — сброс вод понтического моря в восточный бассейн Тетиса — до сих пор не воспринят нашими соотечественниками.

За рамками статьи, к сожалению, остались очень интересные результаты микропалеонтологических исследований, проводившихся группой Чумакова одновременно с разработкой радиометрической шкалы. Так, их вывод о наличии в морях-озерах двух биот — местной солонатоводной и привнесенной океанической (планктонные фораминиферы, известковый нанопланктон и др.) дает возможность хотя бы приблизительно оценить гидрологический и гидрохимический режимы Паратетиса, составить более объективное представление о характере взаимодействия этого бассейна и Тетиса. Кроме того микропалеонтологические данные заставляют по-новому взглянуть на стратиграфию неогеновых отложений Западного Паратетиса.

В целом же эту статью можно рассматривать как своеобразное приглашение к чтению недавно изданной и сразу же ставшей раритетом монографии И. С. Чумакова и его коллег<sup>1</sup>.

А. С. Монин,  
член-корреспондент РАН

## И. С. Чумаков

**ПАРАТЕТИС** — система озер-морей, ранее простиравшихся от Центральной Европы до Приаралья, в среднем миоцене (14 млн. лет назад) испытал существенное нарушение связей со Средиземным

морем и, соответственно, со всем Мировым океаном. Главной причиной этого было воздымание альпийских горных сооружений на стыке Европы и Азии. В это же время на севере Аравийской платформы образовалось крупное поднятие (Алепский свод), и в результате Средиземное море из гигант-

© Чумаков И. С. Радиометрическая шкала для позднего кайнозоя Паратетиса.

\* Основу этой статьи И. С. Чумакова составляют работы, выполненные при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (93-05-8310).

<sup>1</sup> Чумаков И. С., Бызова С. Л., Ганзей С. С. Геохронология и корреляция позднего кайнозоя Паратетиса. М., 1992.



Иван Сергеевич Чумаков, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории морской геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Участвовал в ряде экспедиций и работе групп по проектам ЮНЕСКО в странах Средиземноморья. Область научных интересов — стратиграфия и палеогеография Тетиса и Паратетиса.

ского пролива, соединявшего Индийский и Атлантический океаны, превратилось в залив последнего, разделенный высоким Сицилийско-Африканским порогом на Западный и Восточный бассейны.

Все эти события существенно изменили гидрологический и гидрохимический режимы бассейнов Паратетиса, что привело к формированию здесь своеобразной, сугубо местной фауны моллюсков. Эволюция этих эндемиков и была положена в основу выделения серии региональных ярусов Паратетиса, составления местной стратиграфической шкалы.

Несомненно удобная для геологических построений в пределах Паратетиса эта шкала не содержала сколь-нибудь надежных критериев для корреляции местных геологических событий с событиями в соседнем бассейне Мирового океана — Средиземном море — из-за отсутствия общей для каждого отрезка времени фауны. Многочисленность корреляционных схем, предложенных разными учеными, только подтверждала отсутствие объективных данных для сопоставления региональной ярусной шкалы Паратетиса со средиземноморской ярусной шкалой.

(Последняя была признана Международной шкалой неогена и плейстоцена Мирового океана.)

Все это потребовало привлечь к решению проблем корреляции физических методов исследований. Прежде всего была разработана палеомагнитная шкала Паратетиса.

Действительно, инверсии геомагнитного поля, зафиксированные в осадках в виде слоев с прямой и обратной намагниченностью, представляют собой глобальные возрастные реперы для корреляции геологических образований и событий. Однако в условиях относительно мелководных бассейнов Паратетиса многочисленные перерывы в осадконакоплении явились причиной «потерь» точек отсчета при выявлении последовательности палеомагнитных эпох и эпизодов в различных ярусах. Это опять-таки привело к многочисленным разночтениям в оценке возраста тех или иных стратиграфических подразделений.

А что если попытаться решить проблему корреляции стратиграфических схем и геологических событий в сравниваемых регионах с помощью возрастной радиометрической шкалы Паратетиса?

Используя опыт работы с итальянскими коллегами на разрезах Апеннин, мы создали радиометрическую шкалу Паратетиса, охватывающую интервал от 14 до 0,5 млн. лет назад. Именно с этого времени в Паратетисе наиболее активно начал проявляться эндемизм и этому же временному интервалу сопутствовали наиболее крупные ошибки в геохронологии.

Рекогносцировочные маршруты и изучение научных публикаций показали, что почти для всех ярусов позднего кайнозоя Паратетиса можно получить радиометрические датировки, основанные на методе треков деления  $^{238}\text{U}$  в вулканическом стекле — главном материале пепловых слоев<sup>2</sup>, во множестве залегающих в фаунистически охарактеризованных отложениях озерно-морского генезиса.

Суть метода состоит во внедрении  $^{238}\text{U}$  в кристаллическую решетку породы (вулканическое стекло) или минерала (циркон, апатит, слюда и др.) еще во время их формирования и дальнейшем спонтанном делении этого изотопа с образованием радиационных повреждений — треков — в кристаллической решетке. Подсчет числа треков, приходящихся на единицу повер-

<sup>2</sup> В работах зарубежных геологов используемому нами выражению «вулканический пепел» чаще всего соответствует термин «тефра».

1	2	3	4	5	6	млн. лет
ПЛЕЙСТОЦЕН	ср.		чауда	баку	0,3	
	нижний		гурий	апшерон	0,7	1
ПЛИОЦЕН	верхний		кузьник	акчагыл	1,87	2
	нижний		киммерий	продуктивная свита	3,4	3
МИОЦЕН	верхний	ПОНТ	элипонт	бабадж	5,2	4
			ср.-в.	шамаха	5,6	5
		нижний			6,5	6
		НИЗОТИС	нижний		7,0	7
	нижний	САРМАТ	верхний		8,0	8
			нижний		9,3	9
			верхний		11,2-11,3	10
		средний		12,2	11	
		нижний			13,7	12
		БАДЕНИЙ				13
					14	
					15	

Геохронологическая шкала позднего кайнозоя для бассейнов Паратетиса: 1 — эпоха; 2 — отдел; 3 — ярусы, общие для Паратетиса; 4 — ярусы Эвксиния, понт и ниже — подъярусы Паратетиса; 5 — ярусы, слои и серии Каспия, нижний понт и ниже — подъярусы Паратетиса; 6 — радиометрический возраст стратиграфических подразделений Паратетиса (млн. лет). Цветом выделено время раздельного существования Эвксинского и Каспийского бассейнов.

ности (плотность), так же как и треков  $^{235}\text{U}$ , индуцированных в потоке тепловых нейтронов в реакторе и определяющих концентрацию урана, позволяет с помощью специальной формулы вычислить возраст объекта.

Геологический смысл метода предельно прост: выпадение пепла — продукта вулканических извержений — на дно бассейна происходит в геологических масштабах времени мгновенно. Следовательно, все датированные слои явно непереотложенного пепла одновозрастны вмещающим их осадкам. Разрезы позднего кайнозоя Паратетиса содержат тысячи прослоев пепла, однако количество «рабочих» прослоев, отвечающих требованиям метода (размерность зерен  $\geq 0,1$  мм, прозрачность, отсутствие вторичных изменений), относительно невелико. Поэтому все полевые работы в данном случае сводились к поиску слоев каче-

ственного пепла и их стратиграфической привязке.

Опорные разрезы, содержащие необходимый для радиометрического датирования пепловый материал, были выбраны нами в Молдове (ранний — средний сармат), на Керченском и Таманском п-овах (средний — поздний сармат), в Азербайджане (пограничные слои сармата и мзотиса, мзотис, понт, акчагыл, апшерон, баку), в центре Русской платформы (ранний миоцен). К сожалению, вулканы, широко развитые в кайнозойских отложениях Карпат, оказались непригодными для датирования методом треков из-за повсеместной их цеолитизации.

При выборе объектов для определения возраста мы отдавали предпочтение уже описанным в литературе и фаунистически охарактеризованным разрезам. Все горизонты, получившие радиометрические датиров-

ки, демонстрировались местным геологам для устранения возможных недоразумений.

Образцы из ключевых горизонтов пеплов получили контрольные датировки. Выполнить эти контрольные определения возраста любезно согласились специалисты Пизанского института геохронологии и изотопной геохимии (Италия) и лаборатории геохронологии Университета Кампинас (Бразилия) — всего 11 дат, показавших высокую степень сходимости с нашими результатами.

Проведенные исследования позволили решить следующие задачи. Во-первых, удалось создать радиометрическую шкалу позднего кайнозоя Паратетиса (более 80 датировок) и, таким образом, дать геохронологическую основу уже существующей стратиграфической ярусной шкале. Во-вторых, в указанном интервале времени удалось провести объективную корреляцию стратиграфических схем и геологических событий Паратетиса и Средиземноморья.

Полученные данные важны также для решения ряда сопутствующих проблем. Так, наличие датировок в разрезах осадочных пород конкретных бассейнов дает возможность определить скорость осадконакопления на том или ином отрезке времени. Кроме того, характер пеплового материала и его распределение позволяют восстановить преобладающие направления палеоветров, указать дальность переноса продуктов вулканических извержений, а в ряде случаев коренным образом изменить сложившиеся представления о географическом положении вулканических источников. Естественно, что наличие множества датированных прослоев пеплов дает возможность уточнить палеомагнитную шкалу, поскольку появляются многочисленные контрольные точки отсчета инверсий магнитного поля.

Рассмотрим на нескольких примерах те изменения в существующих представлениях о геохронологии позднего кайнозоя Паратетиса, которые были внесены нашими исследованиями.

Сарматский ярус в стратиграфической шкале, официально одобренной Министерством геологии и обязательной для всех горнодобывающих ведомств страны, как и в корреляционных схемах многих конкретных исследователей, соответствует мессинскому ярусу международной шкалы. Нижняя граница последнего по совокупности данных повсеместно определена в интервале 6,5—6,3 млн. лет. Подошва же сарматского яруса установлена нами на уровне 13,7 млн. лет. Таким образом, ошибка в положении его нижней границы составляет

более 7 млн. лет (треть всего неогена), сам же сарматский ярус соответствует не мессинию, а сарравалию (средний миоцен) и нижним слоям тортона (верхний миоцен).

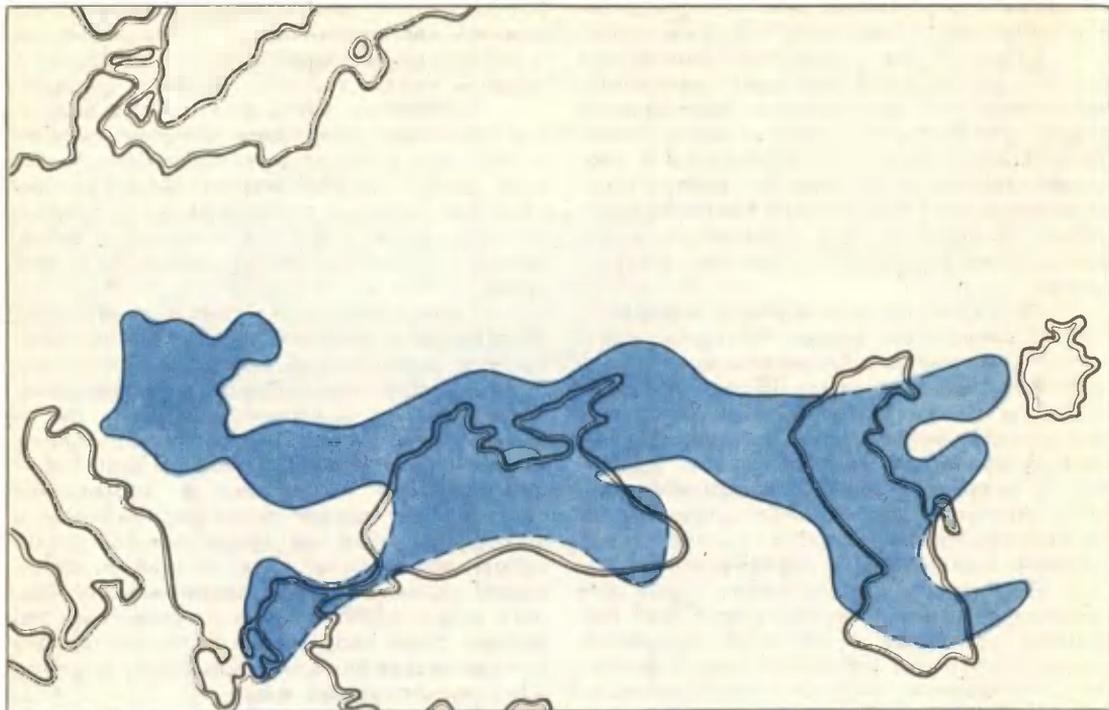
Сделанная «поправка» очень важна: она позволяет утверждать, что связь сарматского моря с ближайшим бассейном Мирового океана — Средиземным морем — стала ограничиваться одновременно с превращением этого моря из пролива в залив, каковым он остается до настоящего времени.

Полученные нами новые микропалеонтологические данные (планктонные фораминиферы, известковый нанопланктон) позволяют считать ошибочным утвердившееся представление о сарматском море как о замкнутом бассейне. Действительно, ограничение связей с Мировым океаном существенно изменило обстановку в сарматском бассейне, но приток океанической воды и фауны при этом не прервался, а только сократился. Видимо, здесь создалась обстановка, характерная для современного Черного моря: через Босфор с придонным течением сюда непрерывно поступает средиземноморская вода, несущая фауну и флору нормально-соленого моря.

Естественно, что полученные нами датировки для более молодых ярусов Паратетиса привели к существенному смещению их геохронологического положения в сторону более древних значений возраста. В этом отношении очень показателен понтический ярус Паратетиса.

В большинстве публикаций, как и в схеме Мингео, этот ярус назывался нижним стратиграфическим подразделением плиоцена. Нижняя граница последнего (миоцен — плиоцен) вне Паратетиса повсеместно проводится в интервале 5—5,2 млн. лет. Серия же выполненных нами радиометрических датировок однозначно указывает на его миоценовый возраст. Нами точно установлено, что нижняя граница понтического яруса Паратетиса расположена на уровне 7 млн. лет (это соответствует верхним слоям тортона Средиземноморья), а весь нижний подъярус понта (или ранний понт) также является общим для всего Паратетиса. И только средний и поздний понт следует рассматривать как аналоги мессинского яруса (от 6,5—6,3 до 5,2—5,0 млн. лет).

Радиометрические датировки доказывают, что именно в начале среднего понта, вблизи рубежа 6,5 млн. лет, в Восточном Паратетисе произошло давно известное геологам событие — единое понтическое море Восточного Паратетиса распалось на два изолированных бассейна — Эвксин и Кас-



Раннепонтическое море Паратетиса непосредственно перед началом его распада (6,5—6,3 млн. лет назад) на Эвксинский и Каспийский бассейны.

пий. Кажется бы, не вызывает сомнений, что это обусловлено воздыманием Кавказа. Однако анализ событий в Средиземном море мессинского времени позволяет нам предложить совсем иной сценарий.

Глубоководное бурение в Средиземном море, равно как и изучение разрезов мессиния на островах и по берегам этого моря, свидетельствует о трехчленном строении мессинского яруса. В нижней его части — формация триполи — отмечается ухудшение связей мессинского моря с океаном, здесь появляются первые следы эвапоритизации. Средняя часть яруса — эвапоритовая формация — представлена мощной (до 1,5—2 км) толщей гипса, ангидрита, галита и других солей. Ее образование свидетельствует о многократном иссушении «ванны» Средиземного моря, сопровождавшемся резким падением его уровня. Наконец, верхняя часть яруса — формация лаго-маре — была выявлена только в восточном бассейне Средиземного моря. Она представлена в основном карбонатами

и терригенным материалом, характерным для солонатоводного озерного бассейна с соленостью 12—13<sup>0</sup>/<sub>00</sub>.

Таким образом, к югу от Паратетиса в непосредственной близости от него в солонатоводном средиземноморском бассейне произошла быстрая смена гидрохимического режима: гиперсолёный водоем превратился в озерный слабосоленый. В нем появилась фауна моллюсков (конгерии, дрейссены, меланописисы) и остракод, свойственных понтическому морю Паратетиса.

Сам бассейн был относительно мелководным и занимал самые глубокие впадины исходного водоема. Только в районах активных постмессинских воздыманий земной коры отложения этого озера-моря оказались выведенными на поверхность (Кипр, Ионические о-ва, приадриатические районы Апеннин), что и позволило обнаружить в них обильную понтическую фауну. Согласно данным зарубежных геологов, этот необычный для всей истории Средиземноморья солонатоводный бассейн существовал совсем недолго — от 5,4 до 5,2 млн. лет назад.

Возникает естественный вопрос: откуда здесь появились солонатовые воды, резко изменившие облик бассейна и принесшие

с собой понтическую макро- и микрофауну?

Есть все основания утверждать, что бассейн лаго-маре (озеро-море) возник за счет сброса понтических вод Паратетиса в восточный бассейн Средиземного моря. По той же причине (в результате падения уровня понтического моря) в среднем — верхнем понте этот бассейн разделился на два — Эвксин и Каспий. Значительно позже — 3,5—3,4 млн. лет назад — эти бассейны снова объединились, образовав ачкагыльское море. Однако их объединение обусловлено не опусканием Кавказа, а общим повышением уровня Мирового океана.

Вернемся к событиям, связанным с завершающим этапом формирования понтического яруса. Геологические исследования показали, что в конце понтического времени обширные территории, прилегающие к современным Черному и Азовскому морям, оказались осушены. Возникшая здесь эрозия сеть распространялась в пределы современной акватории, где она ныне погребена под мощным слоем более молодых осадков. Базисом эрозии этой сети был водоем, границы которого пока не установлены, поскольку его осадки, находящиеся глубоко подо дном Черного моря, не вскрыты скважинами. Но если наши построения верны, в понтическом ярусе недостает (и бурение должно подтвердить это) самого верхнего подразделения, отвечающего по времени образования формации лаго-маре Средиземного моря. Предварительно мы назвали это подразделение эпипонтом.

Итак, начавшийся в среднем понте постепенный переток понтических вод Паратетиса в мессинский эвапоритовый бассейн (первые представители понтической фауны появились здесь еще до образования формации лаго-маре) завершился в финальном понте массовым сбросом вод в восточный бассейн Средиземного моря и возникновением здесь солоноватого озера-моря.

В понтическом Каспийском бассейне в условиях изоляции возникла собственная, отличающаяся от эвксинской эндемичная фауна. По этой фауне здесь удалось выделить два стратиграфических подразделения, условно отвечающих среднему и верхнему понту Эвксина — шемахинские и бабаджанские слои. Последние получили в Азербайджане серию радиометрических датировок, согласно которым самая верхняя часть бабаджанских слоев, залегающих выше пеплов возрастом 5,19 млн. лет, выходит за пределы миоцена. Следовательно, в Каспийском бассейне часть верхнего понта соответ-

ствует нижним слоям киммерия, т. е. нижним слоям плиоцена. Судя по наблюдениям, в бабаджанское время на территории Азербайджана начался распад бассейна на отдельные водоемы.

И еще одна важная деталь. По-видимому, эвксинский и каспийский понт имеют несколько различные стратиграфические объемы, причем уточнить эти различия довольно трудно. Если отложения каспийского понта достаточно насыщены пепловым материалом и здесь есть возможности для дальнейшего уточнения радиометрической и палеомагнитной шкал, то в эвксинском понте нам не удалось обнаружить ни одного прослоя пепла. Вместе с тем недоучет существующих здесь перерывов привел к явной ошибке в шкале инверсий магнитного поля: объем понта оказался занижен до менее 1 млн. лет, в то время как у нас он составляет 1,8—2 млн. лет.

Таким образом, представления о геохронологии и палеогеографии понтического бассейна Паратетиса и отдельных его частей, еще недавно казавшиеся такими устойчивыми, постепенно трансформируются.

Раскрытие Гибралтарской «щели» и выравнивание уровней Мирового океана и иссушенного Средиземного моря восстановили нормально-морской режим и глубоководность последнего. Именно этот эпизод — мгновенное (в геологическом смысле) внедрение вод и выравнивание уровней — принят за международную границу миоцена и плиоцена. В результате в Эвксине восстановился уровень моря (уже киммерийского), границы которого вышли далеко за пределы подвергшегося дренированию понтического бассейна, но это еще не привело к объединению Эвксина и Каспия. К сожалению, из-за отсутствия прослоев пепла как в киммерийских отложениях Эвксина, так и в одновозрастной с ними продуктивной толще Каспийского региона временной интервал этих подразделений определяется радиометрическим датированием кровли понтического и подошвы ачкагыльского ярусов (от 5 до 3,5—3,4 млн. лет).

Интересным объектом наших исследований стал вскрытый в одном из районов Воронежской области мощный (до 2—2,5 м) пласт пепла, заключенный в толще пресноводных песков и глин. Этот пласт, представленный очень чистым и хорошо отсортированным вулканическим пеплом, рассматривался впервые описавшими его исследователями как плиоценовый (моложе 5 млн. лет), а источником пеплов считались вулканы Центрального Кавказа. Позже этому пеплу



ралов — ильменита и магнетита. Кроме того, сокращается количество граната, рутила, эпидота, турмалина, корунда, цирконе и апатита. Последние два минерала, присутствующие в составе пеплов как вблизи вулканов, так и на их флангах, — наиболее надежные объекты для радиометрических датировок. Однако вблизи центров извержений очень редко встречаются стратифицированные, обеспеченные надежной палеонтологической привязкой озерные и морские отложения. Поэтому при радиометрическом датировании мы отдавали предпочтение разрезам в тех участках бассейнов осадконакопления, которые удалены от вулканических центров.

До недавнего времени единственной конкурентной нашей была радиометрическая шкала позднего кайнозоя Паратетиса, выполненная специалистами из Братиславы (Словакия). Однако их датировки, сделанные в основном калий-аргоновым методом, относятся к магматическим породам на флангах вулканов, где трудно выявить взаимоотношения вулканитов со стратифицированными осадками. Вероятно, по этой причине братиславская шкала в последние годы стала постепенно «насыщаться» нашими результатами датирования.

В созданной нами шкале также учитываются наиболее надежные датировки, выполненные в западных районах Паратетиса, и прежде всего на территории Венгрии и Словакии. Предложенная шкала может найти широкое применение как в странах Центральной Европы, так и в прилегающих районах Средиземноморья (Эгейский и Мраморноморский регионы) — везде, где используется региональная шкала позднего кайнозоя Паратетиса.

На первый взгляд, разрезы, содержащие множество пепловых прослоев, создают впечатление о почти непрерывно действовавшем вулканическом очаге. Однако данные радиометрии свидетельствуют, что между образованием даже самых близких прослоев пеплов прошли десятки, а иногда и сотни тысяч лет. Так, подсчет тонких прослоев пепла, выявленных независимо от нас в

верхнесарматских отложениях Керченского и Таманского п-овов (более одного слоя на 1 м разреза), показал, что вулканы извергались не чаще, чем 1 раз в 10 тыс. лет. Причем извержения были очень сильными — об этом свидетельствует удаленность прослоев пепла от вулканических очагов.

Характерно, что в последние годы работы украинских специалистов по корректровке палеомагнитной шкалы в интервале сармат—понт базировались исключительно на разрезах, обеспеченных нашими радиометрическими датировками. Это позволяет надеяться на получение в ближайшее время более точных и объективных данных.

И, наконец, последнее. Наличие в разрезе хотя бы двух прослоев, имеющих радиометрические датировки, позволяет подсчитать скорость накопления осадков в конкретном бассейне или его части на конкретном этапе его истории. В отличие от океанических бассейнов, на абиссали которых скорость осадконакопления исчисляется иногда долями миллиметра за 1 тыс. лет, в бассейнах Паратетиса эта скорость неизмеримо выше — от 2—3 до 40—50 см за 1 тыс. лет. Расчет скоростей осадконакопления крайне важен также для определения возраста границ ярусов, подъярусов и слоев, особенно в тех случаях, когда на этих границах или непосредственно вблизи них нет датированных слоев пепла. При литологически выдержанном разрезе и отсутствии перерывов в накоплении осадков не представляет труда рассчитать возраст границы, используя при этом радиометрические датировки выше или ниже расположенных пеплов.

В заключение остается выразить глубокую благодарность А. С. Мониной, всячески способствовавшей постановке и финансированию темы, А. В. Мамедову, оказавшему нам неоценимую помощь при изучении и сборе материала в Закавказье, а также моим коллегам — С. Л. Бызовой, исполнившей большой объем полевых работ, и С. С. Ганзюю, взявшему на себя всю расчетно-аналитическую часть исследований.

## «Окна» верховых болот

В. А. Фриш,

кандидат географических наук  
Ленинградская область

**В** АЖНАЯ РОЛЬ болотных экосистем в поддержании экологического равновесия в природе усиливает интерес исследователей к процессам их формирования. Известно, что существуют болота низинные и верховые. Первые — это длительно обводняемые и нередко покрытые лесом пойменные экосистемы. Вторые же, водораздельные верховые болота, представляют собой торфяные купола диаметром в несколько километров, приподнятые на 4—8 м над окружающей лесной местностью.

Верховых болот немало на территории нашей страны. Самые крупные встречаются в Западной Сибири, на северо-западе Русской равнины — в Ленинградской, Новгородской, Псковской и примыкающих к ним областях. Верховые болота образуют сложные природные системы, на долю которых приходится до 15 % площади этих административных единиц. Имеются верховые болота и в странах Балтии, Финляндии, Швеции, Германии, Канаде и некоторых других странах.

Обычно на верховых болотах леса не растут из-за переувлажненности торфа, содержащего до 90 % воды (по массе). На вершинах торфяных куполов часто располагаются крупные озера, напоминающие

огромные чаши с водой, вознесенные над лесным окружением.

Именно на верховых болотах берут начало ручьи и реки, вливающиеся затем в более крупные водотоки и разбавляющие их воды, уже изрядно загрязненные промыш-

ленными стоками. Мхи и торф верховых болот поглощают химические вещества, выбрасываемые в атмосферу, выполняя роль мощных естественных фильтров. Относительно чисто не только воздух над такими болотами, но и растущие на них ягоды, особенно клюква и мо-



© Фриш В. А. «Окна» верховых болот.

Торфяное озеро Бабинское. Верховой массив Соколий Мох. Киришский район Ленинградской обл. Здесь и далее фото автора.

Мочажина в поясе обводненных разрывов.

Ручей, образовавшийся в радиальном разрыве на торфяном массиве [февраль].

Отчленение торфяных блоков по берегам оз. Бабинского.

Погружение оползших блоков торфа по западному берегу оз. Сопоница.

рошка. Ценным сырьем является и сам торф. Но больше всего пользы человеку торфяные болота несомненно приносят как природные очистные «сооружения», регуляторы стока, резерваты флоры и фауны, места отдыха граждан.

Верховые болота образовались из низинных, которые некогда заняли акватории огромных послеледниковых озер-разливов. Соотношение воды и суши в болотных экосистемах издавна интересовало специалистов — унаследованная от озер вода в том или ином виде должна была сохраниться в толще торфяных куполов.

И действительно, на верховых болотах наблюдается множество разнообразных водоемов и водоемчиков. Более того, выясняется, что за последние 3 тыс. лет здесь сформировалась особая система хранения влаги и регуляции водобмена. Речь идет о поясах обводненных разрывов в торфе, которые состоят из мочажин (в народе эти углубления в толще торфа называют окнами или окнищами), озерков и озер. Эти как бы собранные в ряды водяные соты протягиваются на несколько километров и занимают около половины площади болотных массивов. Двигаясь поперек такого пояса на расстоянии всего 300—400 м, можно насчитать до 30—40 рядов мочажин и разделяющих их торфяных гряд. Кажется, будто гигантский трактор вспахал поверхность торфяного купола.

У мочажин отвесные стенки, и, окончательно сформировавшись, они прорезают торфяную толщу на 5—7 м — до подстилающих торфяник озерных глин. Эти окна позволяют заглянуть внутрь верхового болота. Известный ботаник, географ и лесовед В. Н. Сука-



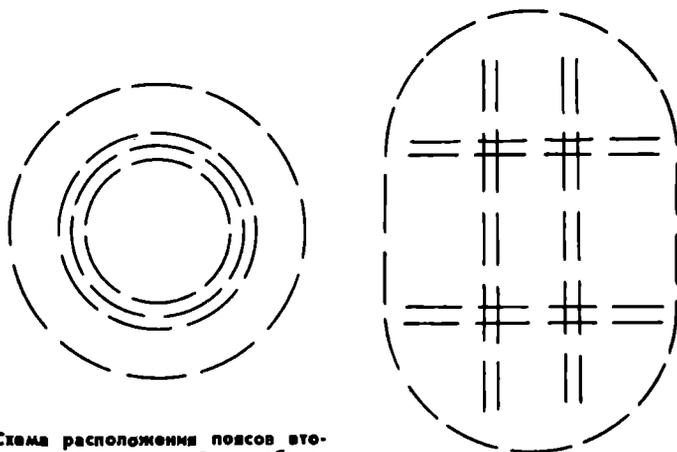


Схема расположения поясов вторичных водоемностей — обводненных разрывов на круглом и овальном верховых массивах.

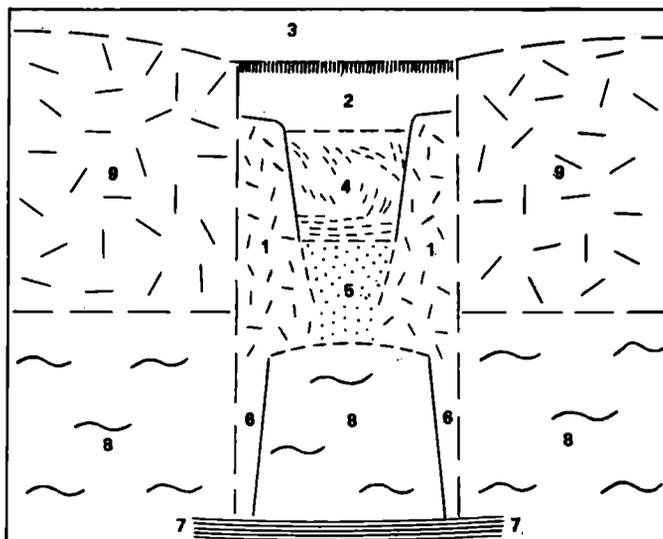


Схема преобразования в озеро. 1 — оползшие под стенками мочажинны блоки торфа; 2 — вода; 3 — плавающий ковер сфагновых мхов; 4 — затонувшие, слабо разложившиеся сфагнумы; 5 — торфяная взвесь, образующаяся из размокающего торфа; 6 — разрывы в торфяном дне мочажинны [выходы газов и вод]; 7 — озерные глины, подстилающие торфяной купол; 8 — низинные торфа [осоковые]; 9 — верховые торфа [сфагновые, пушицевые].

чев еще в 1926 г. назвал мочажинны и озерки вторичными образованиями, т. е. более молодыми, чем сам торфяной купол.

Вторичные водоемности верховых болот весьма динамичны. Если в поясе разрывов вода, залегающая в куполе, поднимается вверх, мочажинна переполняется и превращается в озерко<sup>1</sup>. Озерки же сли-

ваются в озера диаметром от 500 до 2 тыс. м. Это уже настоящие «болотные моря», на которых при ветре разгоняются волны, подмывающие торфяные берега. Например, на вершине торфяного массива Тушинский Мох (Гдовский район Псковской области), кроме крупного Тушинского озера диаметром около километра, имеется целая «гроздь» озерков длиной 200—300 м. Они соединяются друг с другом узкими щелями-разрывами в торфе.

Какие же силы произвели в геологически ничтожные сроки столь глубокую переработку торфяных куполов? В начале века считали, что дифференциация поверхности верхового болота на гряды и мочажинны происходит из-за более быстрого нарастания в высоту сфагнумов на грядах. От этой точки зрения пришлось отказаться, когда выяснилось, что «окнища» прорезают всю толщу торфяного купола. По-видимому, какие-то процессы идут внутри самой залежи.

Что касается действия воды, то фильтрационный сток, изученный в верхнем слое торфа на округлом верховом массиве, оказался очень небольшим: 1 л/с на 1 км так называемого фронта стекания<sup>2</sup>. А поскольку последний ориентирован перпендикулярно поясам вторичных водоемностей, то «окна» и озерки никак не могли возникнуть под действием стока.

Издавна подмечено, что по краям водоемов на торфяниках поднимаются пузырьки газа — метана, оксидов азота и др. При этом сфагновый покров погибает и возникают пятна черного полужидкого торфа. Не раз наблюдали и мелкие извержения — выбросы торфяной жижи по узким вертикальным каналам. Их следы — разливы свежей торфяной массы — иногда занимают площадь до 100 м<sup>2</sup>. Имеются и описания более редкого и грандиозного феномена — настоящего фонтанирования жидкого торфа и даже воспламенения газов, выходящих из недр тор-

<sup>1</sup> Богдановская-Гиензф И. Д. // Тр. Петергофского естественнонаучного ин-та. 1928. № 5.

<sup>2</sup> Иванов К. Е. // Метеорология и гидрология. 1948. № 2.

фяного купола<sup>3</sup>. Это явление в народе получило название «неопалимая купина».

Зимой фонтанирующие со дна мочажины относительно теплые (до +6 °С) воды способны пролавить ледовый покров. При этом образуется специфический радиально-центрический узор трещин. На участках выделения газов на торфяных грядах в разгар холодов сходит снег, а в зонах, где из глубин торфяного купола поднимается теплая вода, зарождаются ручьи, длина которых достигает 50 м даже в февральские морозы. Летом на мочажинах над точками выхода газа на дне иногда прорывается плавающий сфагновый ковер.

Немецкий натуралист И. Клинге сто лет назад подробно описал картину настоящего извержения на верховых болотных массивах в Западной Европе. Зимы там мягче наших, а потому и температура внутри торфяного купола выше. Прошли теплые дожди, и вдруг вершина торфяного купола вздулась. После этого произошел взрыв, в воздух вместе с газами поднялись потоки жидкого торфа. Затем воронка взрыва заполнилась водой, и образовалось озеро.

Таким образом, регулирующим фактором развития торфяных куполов и образования в них обводненных поясов являются газы, заключенные в толще торфа. И вот что замечательно: «геометрия» разрывов в торфянике зависит от его фор-

мы — на круглых верховых массивах образуется концентрически-радиальная сеть разрывов, а на овальных (встречающихся не менее часто) разрывы перпендикулярны друг другу<sup>4</sup>. Поскольку торфяной купол, как и другие структуры, тело геологическое, к нему можно приложить законы структурной геологии и тектоники. Основная закономерность «торфяной тектоники» заключается в том, что газы, заключенные в глубинах торфяного массива, обуславливают не только возникновение отдельных мочажин и озерков, но и развитие принципиально различных по своей геометрии поясов разрывов на верховых массивах различной конфигурации.

Уровень грунтовых вод на верховом болоте постоянно держится не ниже 30 см от поверхности. Из-за этого на нем не может расти лес. С другой стороны, обводненность ведет к усилению торфонакопления и возникновению новых масс газов.

Еще одно условие саморегуляции торфяных болот — контрастность процессов. В суровые зимы толщина снегового покрова на безлесных куполах достигает 40—50 см (вдвое выше, чем в лесу); толщина льда на вторичных водоемах — того же порядка. В засушливые недели в начале лета вода в мочажинах нагрета до 25 °С; уровень воды за счет испарения понижается на 20—35 см, при этом плавающий

покров сфагнумов уплотняется (выдерживая тяжесть человека) и «закупоривает» водоемкость, предотвращая потери влаги. Такая ситуация сохраняется до затяжных холодных дождей в сентябре.

Взаимоотношения лесных и болотных экосистем в глубине и на периферии верховых массивов различны. Преобладающая часть северо-запада Русской равнины испытывает тектоническое поднятие, а это неотвратимо влечет за собой общее дренирование и, как следствие, нахождение леса на окраинах болот. В сосновых древостоях здесь уровни вод стоят ниже 40—50 см; сосны достигают 15—20 м и образуют сомкнутый полог. В поясах же вторичных водоемностей налицо тенденция устойчивого подъема уровня грунтовых вод (до среднегодового значения — 10—15 см). В результате сосны вырастают всего до 8—15 м и гибнут. Так влияние региональной, классической макротектоники сочетается с влиянием локальной — торфяной.

В каждом конкретном районе важно знать, как идут эти процессы. На их изучение направлены программы мониторинга в ландшафтно-гидрологических заказниках. Так, Ширинский Мох с 1976 г. отнесен к заказнику Чистый Мох, а озера Лебяжье и Солоница войдут в заказник Зеленецкие Мхи (Киришский, Волховский, Тихвинский районы).

<sup>3</sup> Богдановская-Гиензф И. Д. Закономерности формирования сфагновых болот верхового типа. Л., 1969.

<sup>4</sup> Фриш В. А. // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва. 1981. № 2. С. 122—128; 1993. № 2. С. 78—94.

# Кометная цепочка: рождение и гибель

## (предстоящее столкновение с Юпитером)

А.В.Бялко

**М**Ы УЖЕ сообщали («Природа». 1993. N 8. С.21) о приближающемся необычном астрономическом событии: с большой вероятностью в двадцатых числах июля 1994 г. в Юпитер врежется комета Шумейкера-Леви 9. Необычен вид этой кометы: она состоит из 20 отдельных ядер, летящих почти линейной цепочкой. И вид, и траектория кометы объясняются тем, что при своем предыдущем прохождении около этой планеты-гиганта (8 июля 1992 г.) она пролетела так близко от ее поверхности, что была разорвана приливными силами (т.е. прошла полость Роша).

Полостью Роша называется та окрестность звезд или планет, где напряжения в близко пролетающих небесных телах, вызванные внешними приливными силами, одновременно превосходят две величины: их внутреннее давление самогравитации и минимальное разрушающее напряжение материала, из которого состоит тело. Даже при кратковременном входе в полость Роша тело разрушается. Как именно, в каких направлениях происходит разрушение, нетрудно качественно понять, представив себе два независимых тела на смежных орбитах. То из них, чей перигелий (в данном случае, для Юпитера — перийовий) ближе к планете, в своем движении обгоняет более удаленное. Поэтому ясно, что приливные силы в полости Роша растягивают пролетающее тело вдоль его орбиты. Радиус полости Роша трудно вычислить точно, потому что он зависит и от плотности пролетающего тела, и от величины минимального разрушающего напряжения. Для рыхлых комет разрушающее напряжение, по-видимому, весьма мало, поэтому радиус Роша оказывается довольно большим, равным 2.67 радиуса Юпитера  $R_J$ .

Предварительные соображения о прошлом кометы Шумейкера-Леви 9 были недавно уточнены сравнением расчетов и наблюдений.

### ОЦЕНКА РАЗМЕРОВ КОМЕТЫ

Дж. Скотти и Х. Меллош из лаборатории Луны и планет (Тусон, США)<sup>1</sup> рассчитали балли-

стические траектории обломков кометы в предположении, что она расщепилась в момент наибольшего сближения с Юпитером. Собственное вращение кометы считается достаточно медленным. Оказалось, при этих условиях совокупность обломков действительно приобретает вид линейной цепочки, а ее монотонно увеличивающаяся длина и направление в пространстве совпали с данными наблюдений в пределах их погрешностей. Интересно, что на большей части траектории кометы цепочка вовсе не направлена вдоль ее орбиты. В частности, 26 июня 1993 г. в точке, близкой к апойовию (наиболее удаленной от Юпитера точки орбиты, отстоящей от него на 0.33 а.е.) она была наклонена к орбите на  $59^\circ$ . Однако до этого вблизи Юпитера, а также при будущем сближении с ним кометная цепочка оказывалась выстроенной почти вдоль своей орбиты, так что наше сравнение кометы с поездом все же можно частично оправдать.

Но сравнение с поездом не слишком удачно еще и по другой причине: расстояние между «вагонами» — отдельными фрагментами кометы — все продолжает увеличиваться. Их взаимная гравитационная связь, как нетрудно оценить, существенна для движения тел только при расстояниях от крупнейших частей кометы, меньших 10 км, и поэтому не удерживает вместе тела цепочки. Увеличение длины предсказывается теоретически и подтверждается наблюдениями. Длина кометного поезда была равна 164 тыс. км в момент его обнаружения 26 марта 1993 г. К моменту прохождения кометой апойовия она выросла до 266 тыс. км, а к 7 июля 1994 г. (незадолго до столкновения с Юпитером) по расчетам длина достигнет 2.365 млн. км. Поэтому само столкновение не будет моментальным событием, а растянется почти на 6 суток: от 18 до 24 июля 1994 г.

Совпадение расчетного направления кометной цепочки с данными наблюдений дало возможность Скотти и Меллошу по наблюдаемой растущей длине цепочки установить размер материнского кометного тела. Оно оказалось равным 2.3 км в поперечнике. При средней кометной плотности около  $1 \text{ г/см}^3$  оценка массы кометы дает  $6 \cdot 10^{12}$  кг. Величина минимального расстояния кометы от Юпитера летом 1992 г., оптимальная для совпадения с наблюдениями, оказалась равной  $1.57 R_J$  или 112 тыс. км.

© Бялко А.В. Кометная цепочка: рождение и гибель (предстоящее столкновение с Юпитером).

<sup>1</sup> Scotti J.V., Melosh H.J. // Nature. 1993. V.365. N 6448, 733.

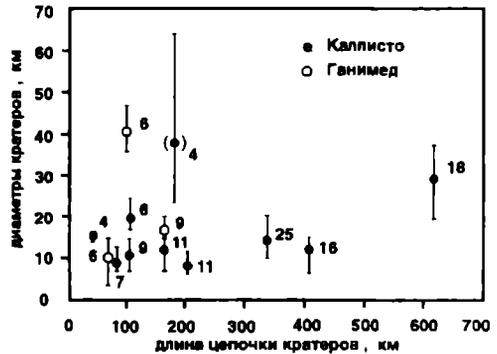
Кроме того, Скотти и Меллош рассчитали варианты предыстории этой кометы. Поскольку параметры ее орбиты еще не получены с точностью, необходимой для уверенного обратного расчета траектории, он производился для набора вероятных орбит. Авторы определенно утверждают, что комета стала спутником Юпитера не в момент своего распада в 1992 г., а значительно ранее. С заметной вероятностью она была захвачена Юпитером в 1971 г., остальные рассчитанные траектории показывают, что с вероятностью около половины ее захват произошел даже не в нашем веке. Ранее она была обычной кометой, обращающейся вокруг Солнца.

### УНИКАЛЕН ЛИ РАСПАД КОМЕТЫ?

Насколько часто происходят расщепления комет в полости Роша, порождающие кометные цепочки? На этот вопрос статистическую оценку дает еще одна работа в том же номере «Nature». Меллош вместе с П.Шенком (Институт Луны и планет в Хьюстоне, США) рассматривают последствия столкновения кометных цепочек со спутниками Юпитера<sup>2</sup>. Оказывается, еще на фотографиях «Вояджера-1» на поверхности Каллисто (среднее расстояние от Юпитера 26.6 R<sub>J</sub>), были обнаружены линейные цепочки кратеров (их называют катенами), не получившие разумного истолкования. Теперь появилась логичная гипотеза: цепочки кратеров есть результат столкновения со спутниками Юпитера тел, распавшихся в его полости Роша. Это необязательно должны быть гравитационно связанные с Юпитером тела, так же прилив разорвет тело, огибающее Юпитер по гиперболической орбите.

Действительно, кроме 12 катен на тех 70% поверхности Каллисто, которые известны по фотографиям Вояджера, 3 цепочки кратеров были найдены и на более близком к Юпитеру Ганимеде (15.1 R<sub>J</sub>). Искать следы столкновений на других спутниках Юпитера бесполезно. Амальтея (2.55 R<sub>J</sub>) слишком мала. Разогреваемые приливным воздействием Юпитера недра Ио (5.95 R<sub>J</sub>) делают ее самым геологически активным телом Солнечной системы, ее поверхность постоянно обновляется. А Европа (9.47 R<sub>J</sub>) покрыта ледяной корой, под которой, возможно, находится жидкая вода, сразу заполняющая кратеры: на поверхности Европы кратеров нет.

Длины кратерных цепочек на Каллисто и Ганимеде измеряются сотнями километров (см. рис.), что разумно соответствует тем длинам, которые набирают кометные цепочки при достижении орбит Каллисто и Ганимеда. Естественна и заметная на рисунке слабая корреляция между длиной цепочки и диаметрами кратеров, ею образованными: большие кометы в среднем



Корреляция между длиной цепочки и диаметрами кратеров на Ганимеде и Каллисто. «Пределы ошибки» обозначают диапазон между наибольшим и наименьшим размером кратера, точки соответствуют средним значениям. Рядом с каждым символом показано число кратеров в цепочке. Точка, взятая в скобки, соответствует цепочке, которая не находится на стороне Каллисто, обращенной к Юпитеру, это может быть цепь вторичных кратеров от неизвестного большого кратера.

распадаются на более длинные цепочки, но при этом каждый фрагмент все же велик и оставляет относительно большой кратер. Но вот что особенно примечательно: все, кроме одной, цепочки кратеров обнаружены на тех сторонах Ганимеда и Каллисто, которые постоянно обращены к Юпитеру (как Луна к Земле). Поэтому доказательство гипотезы кажется исчерпывающим.

Зная, что эти 15 катен образовались за всю геологическую историю Ганимеда и Каллисто, грубо, за 4 млрд. лет, можно оценить, как часто в среднем происходят расщепления комет в полости Роша Юпитера. Вычислив долю телесного угла, занимаемого этими спутниками, Скотти и Меллош оценили частоту расщепления комет Юпитером как один раз в 80 лет. Реальность этой оценки подтверждает и обнаруженное свидетельство подобного расщепления Юпитером кометы Brooks 2 в 1886 г.

### ПРЕДВКУШЕНИЕ ПРЕДСТОЯЩЕГО

Продолжается обсуждение возможных последствий предстоящего столкновения кометы Шумейкера-Леви 9 с Юпитером. Большинство обсерваторий мира планируют наблюдения Юпитера в июле 1994 г. В Боулдере (штат Колорадо, США) на 25-ой ежегодной сессии Американского астрономического общества (18—22 октября) широко дискутировались возможности наблюдения события<sup>3</sup>. Они зависят, главным образом, от массы наибольших фрагментов кометы. Мнения астрономов разошлись. Оценивая размеры кометы по ее светимости, часть астро-

<sup>2</sup> Melosh H.J., Shenk P. // Nature. 1993. V. 365. N 6448. P. 731.

<sup>3</sup> Murray C.D. // Nature. 1993. V. 366. N 6453. P. 212.

номов пришла к выводу, что первичное тело имело поперечник около 10 км. Однако такая оценка размеров справедливо оспаривается, так как дробление небесного тела значительно увеличивает его наблюдаемую яркость: в этом случае пользоваться астрономическими стандартами для оценки массы кометы нельзя. Более правдоподобно, что размеры наибольшего фрагмента не превосходят 1 км. Но даже в этом случае энергия взрыва в атмосфере Юпитера будет, возможно, достаточна для обнаружения явления. К сожалению, ни с Земли, ни с космических станций не удастся увидеть сами взрывы, которые произойдут на невидимой с Земли стороне Юпитера на широтах 20–40°. Но будет сделана попытка зарегистрировать ответ от взрывов на Ио.

Между прочим, оказалось, что в записях прошлых наблюдений Ио в 1983 г. отмечено внезапное и очень кратковременное (менее 118 с) увеличение яркости Ио в полтора раза<sup>4</sup>. Оно не могло быть вызвано ни извержением на Ио (они более продолжительны), ни метеорным явлением в земной атмосфере (увеличение яркости произошло только на Ио, а фон неба и яркость других спутников Юпитера не изменились). Оценка энергии кометы, приводящей к такому увеличению яркости, соответствует телу с поперечником 5 км. Впрочем, расчет гидродинамики таких столкновений настолько сложен, что эта оценка может быть пересмотрена.

Попробуем и мы дать версию явлений, которые произойдут на Юпитере через полгода.

Нетрудно оценить, каково давление газа  $p_0$  на той высоте Юпитера, где произойдет максимальное выделение энергии. Оно выражается приближенной формулой  $mg \cos \alpha / S$ , где  $m$  — масса наибольшего фрагмента кометы (ее можно оценить в  $10^{12}$  кг),  $S$  — площадь поверхности этого фрагмента (около  $10^6$  м<sup>2</sup>), а  $g = 29.4$  м/с<sup>2</sup> — ускорение свободного падения на поверхности Юпитера. Наибольшая неопределенность — в оценке косинуса зенитного угла  $\alpha$ , под которым кометная цепочка войдет в атмосферу. Будем считать  $\cos \alpha$  равным 0.1. Тогда окажется, что давление атмосферы на высоте основного энерговыделения примерно 300 атм. Плотность юпитерианского газа (он состоит из водорода и гелия с примесями углеводородов) при таком давлении равна 50 кг/м<sup>3</sup>.

Каждая пылинка кометы будет сближаться с Юпитером со второй космической скоростью 60 км/с. Энергия взрыва  $E$ , порядок которой  $10^{21}$  Дж, расходуется прежде всего на образование ударной волны. Ударная волна, проходя по атмосфере, нагревает ее и расталкивает, посте-

пенно ослабевая. В эти первые секунды явление будет весьма похоже на то, что происходило при ядерных испытаниях в земной атмосфере. Но оказывается, что пересчитывать для оценок данные, полученные при ядерных взрывах на Земле, надо с большой осторожностью. И вот почему. В земной атмосфере при взрыве даже наибольшего из испытанных ядерных зарядов (60 Мт) ударная волна образовывала горячую, почти сферическую полость. Но взрыв с энергией  $10^{21}$  Дж на Юпитере будет существенно несферическим. Чтобы убедиться в этом, предположим обратное и подсчитаем, каков был бы радиус сферы  $R$ , которую ударная волна образует в атмосфере с плотностью  $\rho_0$ . Приравняв работу по расширению атмосферы энергии взрыва, получим, что радиус  $R$  близок к  $(E/\rho_0)^{1/3}$ , т.е. составляет примерно 100 км.

Однако в атмосфере Юпитера давление и плотность изменяются с высотой быстрее, характерный масштаб юпитерианской атмосферы около 20 км. Это и означает, что оценку размера полости можно принять только в очень грубом приближении, на самом деле ударная волна будет иметь существенно несферический фронт: более плоский по направлению вниз, в плотные слои атмосферы и продолговатый вверх. Более того, ударная волна выйдет вверх на высоты с существенно меньшей плотностью, еще сохраняя высокую, сверхзвуковую скорость и температуру на фронте, превышающую  $10^4$  К. Иными словами, ударная волна пробьет атмосферу Юпитера, произойдет мощный вертикальный выброс. В основном он будет состоять из водорода и гелия, которые при таких высоких температурах и малой плотности ионизованы. Магнитное поле Юпитера разделит заряды, в его магнитосфере возникнут токи. Быстрые электроны возбудят электромагнитные колебания в магнитосфере. По-видимому, избыточное радиоизлучение можно будет обнаружить.

Юпитер быстро вращается. Выброс, первоначально вертикальный относительно вращающейся атмосферы, будет отклоняться силами Кориолиса. Если его высота достигнет примерно двух радиусов Юпитера, то скорость выброшенного газа при взаимном торможении от нескольких последовательных выбросов может оказаться достаточной для выхода на устойчивые орбиты. Не исключено проникновение заметных атмосферных масс даже до высот 120–126 тыс. км, где расположено тонкое кольцо, обнаруженное еще «Вояджером-1». Возмущения кольцевых структур струйными потоками должны затухать достаточно медленно, поэтому есть шанс зафиксировать их через полтора года после ожидаемого события с помощью направляющегося к Юпитеру космического корабля «Галилео».

<sup>4</sup> Hammel H.B., Nelson R.M. // Nature. 1993. V. 366. N 6451. P. 117.

# Перелетная птица

## Воспоминания физика

Р. Пайерлс

Рудольф Пайерлс — английский физик-теоретик, автор многочисленных уже ставших классическими работ по квантовой механике, квантовой электродинамике, теории твердого тела, магнетизму, ядерной физике. Он член Лондонского Королевского общества, почетный профессор Оксфордского и Вашингтонского университетов. Автор хорошо известных у нас книг «Законы природы» (М., 1962) и «Сюрпризы в теоретической физике» (М., 1988).

По совету Н. Зикики, организатора всемирно известных летних школ в Эрриче, Пайерлс написал книгу — о физике, физиках и о себе<sup>1</sup>. «Он знал всех в тесном мире физиков предвоенных лет и восхитительно рассказал о своих многочисленных друзьях», — так отзывался Н. Мотт об этой книге воспоминаний, которую автор назвал «Перелетная птица». И не случайно. География жизни Р. Пайерлса многообразна — Мюнхен, Лейпциг, Цюрих, Копенгаген, Рим, Кембридж, Бирмингем, Лос-Аламос ... А за этими названиями такие звучные для слуха любого физика имена: А. Зоммерфельд, В. Гейзенберг, В. Паули, Н. Бор, Э. Ферми, П. Дирак, О. Фриш, Р. Опленгеймер.

По просьбе редколлегии «Природы» Р. Пайерлс сам выбрал для публикации главы из своей книги — о раннем этапе работ над ядерным оружием. Мы публикуем их (с сокращениями) на исходе юбилейного для всех его создателей года. Пятьдесят лет назад соответствующими правительственными постановлениями были образованы Лос-Аламосская лаборатория в США и Лаборатория № 2 у нас в стране (в будущем Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова), в которых полным ходом начались работы по созданию ядерной бомбы деления. Этому предшествовали годы исследований, результаты которых стали основой для реализации атомных проектов. Так или иначе к этим работам оказался причастен весь цвет физики того времени. Среди участников Манхэттенского проекта был и Пайерлс, который вместе с О. Фришем дал оценку критической массы урана-235 и стал инициатором работ по ядерному оружию в Англии. Об этом, английском, периоде исследований и пойдет речь в предлагаемой публикации.

### ВОЙНА

**Возможна ли атомная бомба?** В 1939 г. физики были взбудоражены известием об открытии деления урана, сделанном в Берлине Отто Ганом и Фрицем Штрассманом. Лизе Майтнер (близкая сотрудница Гана вплоть до момента, когда из-за ее еврейского происхождения ей пришлось покинуть Германию) со своим племянником Робертом Фришем дала объяснение экспериментальным результатам Гана. Они оценили энергию, высвобождающуюся при расщеплении ядра урана. Фриш выполнил первые опыты по идентификации осколков, на которые распадается ядро урана, и предложил для нового явления название «деление». Высказывалось предположение — потом оно было доказано несколькими физиками (первыми среди которых, по всей видимости, были фон Хальбан<sup>2</sup>, Жолио и

Коварски в Париже) — о том, что в этом процессе возникают новые нейтроны, т. е. что цепная реакция становится возможной. Научно-популярные журналы того времени были полны рассуждений об атомной бомбе, при этом техническим деталям не уделялось никакого внимания.

Уверенность появилась, когда Нильс Бор вместе с Джоном Уилером из Принстона создали теорию процесса деления и показали, что деление под действием медленных нейтронов происходит исключительно за счет редкого изотопа урана — урана-235. Это означало, что для прохождения цепной реакции в обычном уране потребовалось бы очень много самого вещества. В этом случае при цепной реакции нейтронам пришлось бы проходить большие расстояния и процесс был бы достаточно медленным. По мере выделения энергии уран должен нагреваться и испариться еще до того, как цепная реакция зайдет достаточно далеко. Даже если бы цепная реакция и оказалась возможной, она не смогла бы привести к созданию атомной бомбы.

Мои собственные исследования дета-

<sup>1</sup> Peierls R. Bird of Passage (Recollections of a Physicist). Princeton, 1985.

<sup>2</sup> В отечественной литературе принято написание Ханс Халбан. — Примеч. пер.

лей цепной реакции основывались на неправильном рассуждении. Тогда я еще не понимал главной особенности цепной реакции — существования четко выраженного критического размера. Цепная реакция протекает, когда один начальный нейтрон порождает в среднем более одного вторичного нейтрона. Если размер тела невелик, шансы нейтрона покинуть его без столкновений большие и, следовательно, скорость размножения нейтронов мала; но если размер урана больше критического (такой, при котором доля нейтронов, покидающих кусок урана, в точности равна доле возникающих в нем нейтронов), то цепная реакция нарастает до бесконечности, а точнее — до изменения условий.

Я прочел статью французского теоретика Франсиса Перрена, в которой он вычислял критический размер через ядерные константы. В качестве приближения Перрен использовал предположение о том, что размер тела много больше длины свободного пробега нейтронов, т. е. среднего расстояния, пробегаемого нейтроном до столкновения. Я думал, что резкое различие в поведении цепной реакции при докритических и сверхкритических условиях может быть связано именно с этим допущением. Однако вскоре я убедился, что представление это было неправильным, но зато оно побудило меня попытаться решить задачу более точно. Решение действительно оказалось возможным — в том простом случае, когда сечение (т. е. вероятность столкновения нейтрона с ядром) не зависит от энергии нейтрона. Это придало моим вычислениям довольно академический характер, поскольку деление урана наблюдалось только с медленными нейтронами, для которых сечение сильно зависит от энергии. Однако расчет был очень простым и, вероятно, мог служить основой для более реалистичных вычислений.

Я описал свои результаты в короткой статье, но у меня появились сомнения относительно целесообразности ее опубликования — статья эта могла повлиять на создание ядерного оружия. И я решил посоветоваться с Фришем, который летом 1939 г. приехал в Бирмингем. Война казалась неминуемой, возникла опасность оккупации Дании нацистской армией, Копенгаген едва ли был безопасным местом для беженца-еврея, и Фриш приехал в Бирмингем, чтобы выяснить возможность устроиться там на работу. Начавшаяся война сделала невозможным его возвращение домой, и он остался в Бирмингеме на временной преподавательской работе. Фриш не увидел

причин не печатать мою статью, поскольку Бором была доказана нереальность создания атомной бомбы.

Потом вдруг (это было в феврале 1940 г.) Фриш сказал: «Допустим, что кто-то даст вам некоторое количество чистого изотопа урана-235 — что тогда?». И мы стали рассматривать последствия такого предположения. Из работы Бора и Уилера как будто бы следовало, что каждый нейтрон, попадающий в ядро урана-235, должен вызывать его деление. Поскольку число вторичных нейтронов, возникающих при каждом делении, было приближенно измерено, у нас были все данные, необходимые для подстановки их в мою формулу для критического размера, и мы были поражены, каким малым оказался этот критический размер. Мы вычислили, что критическая масса должна быть около фунта, тогда как расчеты для природного урана давали величины порядка нескольких тонн. Позже оказалось, что наша оценка занижена (потому что в то время мы еще не знали, что некоторые из нейтронов, сталкивающихся с ядрами урана-235, будут захватываться ядрами, не вызывая их деления), однако порядок найденной нами величины оказался правильным.

Пока что без ответа оставался вопрос, насколько далеко пойдет цепная реакция до того, как увеличивающееся давление разбросает уран. Грубый расчет, выполненный на обороте легендарного конверта, показал, что расщеплению должна подвергнуться заметная доля урана и что выделившаяся энергия, следовательно, будет эквивалентна тысячам тонн обычной взрывчатки. Мы были просто потрясены этим результатом: атомная бомба возможна, по крайней мере в принципе. В качестве оружия она настолько разрушительна, что с военной точки зрения будет вполне целесообразным построить завод для разделения изотопов. Совершая типичную недооценку военных расходов, мы сказали друг другу: «Даже если стоимость этого завода будет равна стоимости военного корабля, все равно будет смысл его построить».

Из того, что мы знали, следовало, что немцы уже могли работать над таким оружием, и мысль о том, что Гитлер получит его первым, казалась ужасающей. Нашим долгом было поставить в известность об этом британское правительство. В то же время наш вывод следовало хранить в тайне: если немецкие физики еще не сделали этого открытия, то привлекать к нему их внимание мы не хотели.

Фриш и я сели писать меморандум,

излагающий проведенный нами анализ и выводы. Он состоял из двух частей: одна была технической и содержала аргументы, другая была нетехнической и излагала выводы. Мы обсуждали радиоактивность и распространение радиоактивных осадков и указывали на то, что применение оружия такого рода приведет, вероятно, к гибели большого числа гражданских лиц, «и это может сделать атомную бомбу непригодной для использования в качестве оружия Великобритании». Однако поскольку от нее нет иной защиты, кроме угрозы возмездия тем же оружием, есть смысл создать ее в качестве средства сдерживания, даже если нет намерения применять ее в качестве средства нападения.

Мы не решились доверить этот документ машинистке. Мы напечатали его сами, а точнее, напечатал его я, поскольку у меня была пишущая машинка и я умел с ней обращаться. Когда мы работали над меморандумом в моем кабинете в одноэтажном здании Наффилдской лаборатории, произошел занятный случай. Стоял теплый весенний день, и окно кабинета было открыто. Когда мы обсуждали формулировки этого документа, в окне, словно ниоткуда, вдруг появилась чья-то голова. Мы были ошеломлены. Однако «шпион» оказался лаборантом, который посадил вдоль южной стены лаборатории несколько кустов помидоров и в свободную минуту ухаживал, за ними. На наш разговор он, разумеется, не обратил никакого внимания.

Мы сделали только одну копию этого меморандума. Когда эти вопросы перестали быть секретными, нетехническая часть меморандума оказалась, как думали тогда, утраченной. Техническую часть Маргарет Гоуин воспроизвела в своей книге «Британия и атомная энергия. 1939—1945 гг.» (издательство «Макмиллан», 1964 г.). Позже копия второй части меморандума нашлась в бумагах сэра Генри Тайзарда — она была опубликована в биографической книге «Тайзард» Рональда Кларка (издательство «Метуен», 1965 г.).

Мы не знали ни как послать секретное сообщение, ни, в нашем случае, кому послать его. Мы отдали наш меморандум Олифанту, который обещал передать его нужному человеку. Нужным человеком был Тайзард, который передал бумаги Дж. П. Томсону (теперь — сэр Джордж Томсон), который был тогда председателем комитета, занимавшегося исследованием возможности цепной ядерной реакции. Комитет этот был на пороге самороспуска. Изучали там главным образом роль медленных нейтронов, для

получения которых испускаемые в процессе деления быстрые нейтроны нужно было замедлять с помощью «замедлителя» — легкого вещества, атомы которого при столкновениях с ними нейтронов отбирают у последних часть их кинетической энергии, сами приходя в движение. Многие легкие вещества оказались непригодными на эту роль из-за того, что они поглощают слишком много нейтронов, однако углерод в форме графита казался подходящим кандидатом. Комитет проследил за несколькими экспериментами с ураном и графитом и пришел к выводу, что захват нейтронов в графите все же слишком велик. Члены комитета не видели немедленных перспектив для успеха.

В результате появления нашего меморандума деятельность комитета была продолжена. Фактически наш меморандум спас комитет от роспуска. Сначала мы ничего не знали об этом комитете: все, что нам сообщили — это было переданное через Олифанта послание, в котором от имени властей нам выражалась благодарность за наш меморандум, однако нам давали понять, что впредь эта работа будет продолжена другими, а мы как находящиеся на британской территории бывшие или настоящие подданные враждебного государства ничего о ней больше не узнаем.

Такое решение показалось нам нелепым. Я написал председателю комитета (личность которого мне тогда была еще неизвестна) письмо, в котором указывал, на то, что Фриш и я уже много думали над этой проблемой и могли знать ответы на многие важные вопросы. Люди же, которые не поняли важного утверждения, сделанного в нашем меморандуме, могут не понять и других важных вещей. Проблема казалась нам требующей срочного решения, по крайней мере до того момента, когда будет доказано, что создать атомную бомбу невозможно. Под влиянием этого моего письма вердикт был изменен и было решено посвятить нас в полной мере. Сначала мы не были допущены в комитет, обсуждающий эти вопросы, однако потом структура этой организации была изменена. В ней появился комитет текущих вопросов, а в нем — технический подкомитет для проработки технических проблем. Фриша и меня сделали членами этого подкомитета, что нас вполне удовлетворило.

Комитет М. А. У. Д. Комитет получил название «Комитет М. А. У. Д.»; происхождение этого названия было довольно занятным. На одном из первых заседаний члены комитета пытались найти для него кодовое название, которое не выдавало бы его целей.

На этом же заседании комитету было сообщено о послании, полученном от Нильса Бора. Когда немцы вторглись в Данию, Лизе Майтнер случайно оказалась с визитом в Копенгагене, но ей удалось выбраться оттуда и вернуться в Стокгольм. Когда она уезжала, Бор попросил ее послать из Швеции телеграмму его другу в Англию и сообщить ему, что у Бора и его семьи все в порядке и что они не пострадали при оккупации. Телеграмма кончалась словами: «Сообщите Кокрофту и Мод Рэй Кент». Это звучало загадочно. Если предполагалось, что получатель знает Мод Рэй, то зачем добавлять название графства Кент? Если он ее не знает, то «Кент» вряд ли будет достаточно полным адресом. Некоторые из членов комитета поэтому предположили, что здесь имеется скрытое послание, возможно, анаграмма. Кто-то «расшифровал» эту анаграмму как сообщение об уране. Фриш и я были настроены скептически. Зная Нильса Бора, мы считали достаточно маловероятным, что бы он мог послать сообщение таким способом, а что касается «расшифровки» анаграммы, мы написали с полдюжины альтернативных «решений», столь же «правдоподобных», как и первое.

Когда во время войны мы снова встретились с Бором, то спросили об этой телеграмме, однако он все уже забыл. Уже после войны мы увиделись с Лизе Майтнер, и она разрешила нашу загадку: при передаче часть текста телеграммы выпала. В первоначальном виде между словами «Рэй» и «Кент» стоял полный адрес бывшей гувернантки семьи Боров, оканчивавшийся словом «Кент». Во всяком случае на том заседании комитета под влиянием этой загадки было решено назвать его «Maud Committee» или, более официально, «M. A. U. D. Committee». Увы, многие из имевших отношение к комитету были уверены, что эти буквы расшифровываются как «Military Applications of the Uranium Disintegration» — «Военные приложения распада урана»!

Мы очень подружились с Фришем, поселившимся в нашем доме, который сильно опустел после эвакуации детей со школой. По выходным мы обычно отправлялись в долгие прогулки по окрестностям. Часто на поезде мы добирались до какого-нибудь места в холмах, окружающих Бирмингем, а домой возвращались с другой станции. Мы с Фришем провели много времени за обсуждением различных проблем, например — относительных достоинств различных методов разделения изотопов. Простейшим из них нам казался метод термодиффузии, разработанный в Германии Клю-

зиусом и Диккелем. Если газовую смесь нагревать на одном конце и охлаждать на другом, то один из концов будет слегка обогащен легкой компонентой. Это явление, теоретически уже рассматривавшееся Максвеллом, для теоретиков является крепким орешком, потому что для реальных газов практически невозможно предсказать величину этого эффекта и даже предсказать, какой из концов будет обогащен легким изотопом. Много позже мы обнаружили, что по занятому совпадению одним из немногих физиков, сделавших делом своей жизни изучение этого явления, оказался доктор Иббс — старший сотрудник физического факультета Бирмингемского университета. Метод этот прост, когда его можно применить, однако он очень энергозоемок, а установление равновесия требует много времени. В конце концов было обнаружено, что для гексафторида урана, единственного газообразного соединения урана, этот эффект практически равен нулю.

После обсуждения нескольких альтернатив мы пришли к выводу, что самым многообещающим является метод диффузии газа через мембраны с тонкими порами. Этот метод был использован немецким физиком Густавом Герцем, хотя он и давал очень небольшой выход даже для газов, у которых относительная разность масс изотопов была гораздо больше, чем у урана-235 и урана-238, т. е. гораздо больше 1%. Задача осложнялась еще и высокой коррозионной способностью гексафторида урана, который при контакте с водяными парами распадается на низшие фториды, из-за чего требуется тщательная изоляция этого соединения от контакта с влажным воздухом.

Было ясно, что самая неотложная задача — это найти человека, который организовал бы экспериментальную работу по разделению изотопов. Томсон вскользь упомянул о своем коллеге, который мог бы взяться за это дело. Но кандидатура эта испугала меня: я знал его, он был прекрасный человек, но не обладал требуемой энергией и напористостью. Я знал подходящего человека, это был Франц (позже сэр Фрэнсис) Саймон из Оксфорда. Он был беженец из Германии, специалист по термодинамике и низкотемпературной физике. Я отправился на встречу с Чэдвиком, одним из старших членов томсоновского комитета, который независимо предложил начать работы с быстрыми нейтронами. Чэдвик принял меня в своей обычной, несколько рассеянной манере. Он сразу же согласился со мной и убедил Томсона привлечь к работе Саймона.

К заседанию Технического подкомитета в сентябре 1940 г. я подготовил несколько докладов, детально описывавших выводы (к которым мы с Фришем пришли на тот момент) и обоснование этих выводов. Поскольку в докладах было много математических формул, а обслуживающий персонал комитета не располагал техническими средствами для их печатания, меня попросили сделать копии в Бирмингеме. Было условлено, что текст шаблонов для копирования будет отпечатан пожилой секретаршей Олифанта, мисс Хитч, а я впишу в него формулы. Это создало некоторые трудности, так как мисс Хитч работала в здании Наффилдской лаборатории, куда я не мог попасть из-за отсутствия допуска к радарным работам. Решение было найдено с помощью диктофона (эдисоновского, с восковым валиком), на который я наговаривал текст и с которого мисс Хитч печатала.

Затем вся пачка копий была отправлена почтой в Лондон — как секретные документы, разумеется. Однако это было время частых воздушных налетов на Лондон, и работа почты была дезорганизована. Наши бумаги застряли где-то в горах почтовых мешков на Юстонском почтамте, и не было никакой надежды извлечь их оттуда. К счастью, у мисс Хитч сохранились шаблоны, и ей удалось сделать еще несколько копий на использованных шаблонах, густо испачканных краской, что было не очень-то приятным занятием. В результате я оказался в состоянии вручить копию каждому из участников заседания.

Фриш перебрался в Ливерпуль для работы с Чэдвиком над данными ядерных реакций. Там трудности, связанные с его статусом «подданного враждебного государства», усугубились еще более. Ливерпуль был закрыт для таких лиц, и Фришу пришлось получать специальное разрешение на проживание в Ливерпуле. Кроме того, действовал комендантский час, и требовались разрешения нахождение на улице в ночное время, на пользование велосипедом и еще на целую кучу других вещей. И все это при том, что Фриш работал над одним из самых секретных военных проектов! Эти трудности он описал в своей книге «Как мало я помню» (издательство «Кембридж юниверсити пресс», 1979 г.), описал с юмором и без горечи.

Я понял, что мне потребуется больше времени для решения многих срочных теоретических задач, и попросил освободить меня от преподавательской работы. Эта просьба была удовлетворена, и на преподавание вместо меня был приглашен из Имперского

колледжа молодой физик-теоретик Дж. Г. Кинч. По моральным соображениям он отказался и от воинской службы, и от работы над военными темами. Сначала его назначение предполагалось быть временным, но в результате он оставался на этом месте до 1952 г. Ассистентом был взят В. Гепнер, оказавший свободным благодаря тому, что он был иностранец. Моя занятость проблемами атомной энергии не помешала мне время от времени беседовать с ним о проблемах ядерной физики, и мы вместе опубликовали одну небольшую статью, которой я был вполне доволен.

Когда Франция пала, Ханс фон Хальбан и Лев Коварски, работавшие в Париже с Жолио, покинули страну на грузовом судне. Они прибыли в Англию с грузом тяжелой воды, полученной из Норвегии, где находился единственный в мире завод, производивший ее в значительных количествах. Жолио решил остаться во Франции, французская группа ученых сосредоточила свои усилия на задаче получения цепной реакции с медленными нейтронами, причем в качестве замедлителя использовалась тяжелая вода. В некоторых отношениях она является идеальным замедлителем, поскольку дейтерий очень легок и поэтому эффективно замедляет нейтроны, а коэффициент захвата нейтронов дейтерием очень мал, как и коэффициент захвата нейтронов кислородом. Главным недостатком этого метода является то, что в природе тяжелая вода встречается лишь в виде крайне малой добавки к обычной воде, из-за чего ее приходится выделять методом разделения изотопов.

В Кембридже Хальбану и Коварски была дана возможность продолжить в лаборатории их работы с тяжелой водой. Созданная ими группа работала в контакте с кембриджскими физиками, в то время уже проводившими эксперименты. Эта работа дополняла собой работу Чэдвика. В эту группу входили, в частности, Н. Фезер, Э. Бретшер и теоретик Н. Кеммер.

Хальбан был сильной личностью, он не отвлекался в своем стремлении к целям, которые он считал важными, был нетерпелив, когда встречался с препятствиями и задержками, и, как говорили некоторые, ценил быстроту выше точности. В предвоенную эпоху быстрого развития нейтронной физики он написал несколько статей совместно с швейцарским физиком Прайссерком. Один из работавших в этой же области шутников назвал эти статьи «Хальбверк унд прайсан» (работа незаконченная и носящая рекламный характер). Другая шутливая оцен-

ка возникла, когда члены кембриджской группы в свободную минуту решили придумать «знаменитые последние слова» для каждого из участников группы. Для Хальбана это оказались слова: «Пусть это будет самым важным». Я не помню девизы других членов группы, кроме Бретшера, который любил жаловаться на здоровье. Никто не мог придумать для него хороший девиз, пока однажды утром он сам не вошел в лабораторию со словами: «Не знаю, что со мной сегодня, я чувствую себя так хорошо!».

Для французской группы было типичным брать патенты (несомненно, по инициативе Хальбана) на результаты по получению энергии при делении ядер, начиная с самой ранней стадии исследований, и во время работы в Англии Хальбан и Коварски подали заявки на свои следующие патенты. Хальбан был обаятельный человек и очень хорошо относился к работавшим с ним молодым людям. При этом, естественно, всегда подразумевалось, что боссом является он. Родом он был из Австрии, физику изучал в Цюрихе, а позже переехал в Париж. Женат он был на живой и очаровательной датчанке Эльс.

Коварски был совсем другим. Настоящий медведь, он так и не избавился от своего русского акцента, хотя английским (и другими языками) владел в совершенстве. В дискуссиях он был не так быстр на реакцию, как Хальбан, из-за чего все переговоры с властями брал на себя Хальбан. В результате власти склонялись к тому, чтобы всю группу рассматривать как «Хальбан и др.» Коварски это обижало, потому что его вклад в общее дело был значителен. Хотя он понимал, что важно, а что нет, массу времени и сил он тратил на мелочи. В мелких денежных делах он был скуповат.

Когда правительство решило финансировать работу этой группы, были некоторые сомнения в правильности такого использования ресурсов в военное время, поскольку цепная реакция на медленных нейтронах — объект этих исследований — могла дать не оружие, а лишь источник энергии. Было, однако, решено, что даже новый источник энергии может иметь важные военные приложения. Кроме того, Фезер и Бретшер теоретически показали, что новый элемент плутоний, образующийся в ходе цепной реакции на медленных нейтронах при захвате нейтронов ураном-238, в качестве ядерной взрывчатки не уступает урану-235, а может быть, и превосходит его.

У меня было несколько тем, которыми занималась также и группа в Кембридже, и я несколько раз ездил туда. Мое наиболее

тесное сотрудничество было, однако, с Саймоном и его сотрудниками из Оксфорда, потому что я понимал, что главную трудность представляет разделение изотопов. Саймон вырос в Берлине, и он обладал типичным для берлинца едким юмором. В первую мировую войну он воевал в германской армии. К тому времени, когда я с ним познакомился, у него была уже округлая фигура и очень немного волос, однако черты его лица были тонкими. В общении с людьми он был очень внимателен. Его ученики и сотрудники обожали его. В его работах проявилось сочетание глубокого и детального знания физики и приборов и большого здравого смысла, который не позволял ему увязнуть в ненужных сложностях. Я помню случай, когда мы с Саймоном обсуждали один метод, который, по моему мнению, не должен был работать, а по его мнению — должен. Мы уже очень увлеклись спором, когда он вдруг остановился и сказал: «А вот теперь вы отстаивайте этот метод, а я буду его опровергать!».

Он плохо переносил жару и холод, и мы шутили, что это связано с его увлечением термодинамикой: подобно термодинамическому состоянию или фазе, он обладал температурным интервалом, ограниченными нижней и верхней «точками Саймона», но они были очень близки друг к другу. На заседания он всегда брал с собой шапку и шарф и надевал их — с извинениями, когда ему становилось слишком холодно или когда сквозняк оказывался для него слишком сильным.

До 1933 г. физика в Оксфорде была не очень сильна, и глава Кларендонской лаборатории профессор Линдеман (позже лорд Черуэлл), понимал это. Когда в Германии многие первоклассные физики потеряли работу, он увидел возможность помочь им и одновременно укрепить свою лабораторию. Вакантных должностей не было, но он убедил «Империал кемикл индастриз» — большую химическую компанию — пожертвовать деньги на несколько исследовательских ставок, которые были предоставлены отобранным им беженцам. Таким образом, в Оксфорд попал Саймон, а также Николас Курти (ближайший сотрудник Саймона) и спектроскопист Генрих Кюн. Курт Менделсон — другой специалист по физике низких температур, который прежде работал с Саймоном, приехал в Оксфорд раньше. Со временем все эти ученые получили постоянные университетские должности. Их прибытие превратило лабораторию в центр мирового уровня.

Курти, Кюн и несколько аспирантов присоединились к Саймону в его работе на комитет М. А. U. D. Самым способным среди этих аспирантов был Г. С. Армс (обладатель американской стипендии имени Родса), который прибыл в Оксфорд всего на два или три года. В действительности же он проработал в группе Саймона всю войну и остался в Англии до конца своих дней, женившись на хорошенькой секретарше Саймона. Дела хватало всем: нужно было найти или изготовить мембраны с достаточно мелкими порами, научиться измерять поры данной мембраны, научиться определять свойства используемого газа, обращаться с ним и многое, многое другое.

Передо мной встала также куча теоретических задач, из которых не все удалось решить достаточно быстро. Иногда помощь приходила с неожиданной стороны. Дирак, интересовавшийся задачей разделения изотопов еще со времени его ранних экспериментов, написал статью, в которой вычислил работу, необходимую для обогащения заданного количества вещества до заданной концентрации одного из его изотопов, и вклад в эту работу данного устройства. Он ввел в практику понятия «потенциал разделения» и «способность разделения», которые повсеместно стали использоваться для того, чтобы, не вдаваясь в конструктивные особенности установок, определить, сколько установок данного типа должен иметь обогащательный завод с заданными показателями работы. Морис Прайс, блестящий теоретик из Кембриджа, работавший под руководством Макса Борна (и женившийся на его дочери), в те годы работал в Ливерпуле и получил несколько полезных результатов, касающихся расчета эффективности цепной реакции взрыва.

Однако мне была нужна и регулярная помощь — помощь со стороны человека, с которым бы я мог обсуждать теоретические детали. Я занялся поисками такого человека и вспомнил о Клаусе Фуксе. Это был немец; студентом он активно участвовал в политической жизни в качестве члена социалистической студенческой группы (фактически — коммунистической). Под угрозой смерти Фуксу пришлось бежать от нацистов. Он попал в Англию, где работал в Бристоле у Невилля Мотта, закончил свою докторскую диссертацию и сделал несколько превосходных работ по электронной теории металлов и другим аспектам физики твердого тела. Я знал его статьи — они мне нравились, я был знаком и с ним самим. Фукс переехал в Эдинбург, а когда началась война, его интернировали и выслали в Ка-

наду. Интернированных везли на двух кораблях, один из которых (не тот, на котором плыл Фукс) был потоплен немецкой подводной лодкой. Документы на всех интернированных оказались на потопленном судне, так что когда уцелевшее судно прибыло в Канаду, ни о ком из них никаких сведений уже не было. Поскольку Фукс не был евреем, его отделили от остальных беженцев и поместили в лагерь вместе с заядлыми нацистами, которых он глубоко ненавидел.

Спустя некоторое время Фукс был освобожден и вернулся в Эдинбург. Он вполне обладал качествами, которые мне казались необходимыми, и я решил, что он будет рад участвовать в проекте, целью которого было опередить Гитлера. Я спросил его, хочет ли он присоединиться к нам. Я не мог рассказать ему, что это был за проект, пока мне не было это разрешено, но в общих чертах описал ему, о какой теории идет речь, и он согласился работать с нами.

Когда я запросил официальный допуск для Фукса, меня сначала проинструктировали, чтобы я говорил ему как можно меньше — только то, что абсолютно необходимо для работы. Я ответил, что если не смогу быть с ним совершенно откровенным, то пользы от него для меня не будет никакой. Положенным образом он получил полный допуск и начал работать в мае 1941 г. Помощь в исследованиях, которую я от него получил, оправдала мои надежды. Появление его, однако, имело трагические последствия, о которых теперь известно всем.

Фукс поселился у нас в доме. Это был человек, с которым приятно иметь дело. Он был вежлив и выдержан. И довольно молчалив, если вы не задавали ему вопросов, но будучи спрошенным, он давал полный и четкий ответ; за это качество Женя прозвала его «торговым автоматом». Бывали краткие периоды, когда ему нездоровилось. Тогда он не ходил на работу, оставался в постели или проводил время в шезлонге в саду, не проявляя никакого интереса к пище. Но через день или два это проходило. Настоящую причину этих приступов мы поняли лишь много позже.

С его помощью моя работа пошла быстрее. Одной из задач, представлявших для нас сложность, оказалась задача оценки времени установления равновесия на заводе по разделению изотопов. Это — время между началом процесса и моментом достижения проектной концентрации выходного продукта. Оно также характеризует срок, необходимый заводу для отклика на изме-

нения рабочих условий. Если оно окажется слишком большим, порядка нескольких недель, то заводом будет очень трудно управлять. Было ясно, что время установления равновесия зависит от «загрузки», т. е. от количества вещества, находящегося на заводе в произвольный момент. О точном расчете этого времени не было и речи — численный расчет его был слишком трудоемким.

Мы знали, что эту задачу можно было решить на созданном Хартри дифференциальном анализаторе, и попросили его решить наше уравнение. Это можно было сделать, не объясняя смысла уравнения, что избавляло нас от необходимости пользоваться секретной почтой. Хартри согласился сделать для нас эту работу, но предупредил, что она потребует некоторого времени, потому что у него были другие срочные задачи, да и для представления уравнения в виде, пригодном для его машины, требовалась некоторая подготовительная работа.

Тем временем нам оставалось лишь полагаться на правильную догадку. Однако предположение, которое я принял, оказалось неправильным. Верный ответ заключался в том, что время установления равновесия равно времени, за которое интегральный выход легкого изотопа сравняется с полным содержанием легкого изотопа на заводе. Интуитивно мне казалось, что из-за того, что вещество движется туда и сюда по ступеням производства, это время следует умножить на некоторый коэффициент. В результате я зависил время установления равновесия, или, другими словами, снизил допустимую нагрузку. В связи с этим Саймону пришлось прилагать героические усилия, чтобы сделать конструкцию завода компактной и избежать лишних транспортеров и промежутков в технологической линии, которые увеличили бы нагрузку. Это было ненужным усложнением конструкции, однако по крайней мере некоторые из получившихся особенностей конструкции обернулись преимуществами, позже использованными на послевоенном британском заводе для разделения изотопов.

Другим вопросом, который решался в это время, был вопрос о том, можно ли создать эффективный компрессор для рабочего газа. Поскольку газ был очень тяжел, скорость звука в нем была мала, и лопатки ротора (импеллера) компрессора легко могли оказываться двигающимися в газе со сверхзвуковой скоростью. Это, а также необычно большая теплоемкость такого газа создали условия, которые в инженерной

практике обычно не встречаются. В этой ситуации я нуждался в совете, и мне сказали, что одним из экспертов в данной области является профессор из Ливерпуля Л. Розенхед, который тогда работал в военной лаборатории в Кардигане. Я договорился о встрече с ним. Розенхеда заинтересовала задача, для обсуждения которой я к нему приехал, но он признал, что она вышла за рамки его опыта. Однако он предложил несколько путей для ее решения, так что поездка оказалась все же полезной.

Этот визит имел последствия, которые прекрасно иллюстрируют причуды человеческой памяти. Во время нашей беседы присутствовал коллега Розенхеда, доктор Слэйтер. Когда в 1956 г. я приезжал в Корнеллский университет, я посетил там Хилтона, английского математика, моего хорошего знакомого. У него был другой гость из Англии, и он представил мне его так: «Вы знакомы с доктором Слэйтером из Лидса? Я сказал: «По-моему, однажды в выходной в 1941 году мы вместе пили чай в Кардигане». У меня очень плохая память на имена, я легко могу забыть человека, с которым познакомился неделю назад или с которым вместе провел заметное время. И совершенно непонятно, чем было вызвано исключение в данном случае.

**Сплавы для труб.** Летом 1941 г. Комитет М.А.У.Д. выпустил свой последний отчет. К этому времени американские физики на небольших образцах измерили сечение деления урана-235 и обнаружили, что оно того же порядка, что и значение, принятое нами с Фришем, хотя все же немного меньше его. Теперь для сомнений оставалось не слишком много места. Доклад М.А.У.Д. содержал вывод, что атомная бомба осуществима, и описывал работу, которую необходимо было выполнить для ее создания.

Было решено увеличить выделяемые на эту работу ресурсы и учредить организацию для реализации более крупного проекта. Этот проект получил кодовое название «Сплавы для труб». В этом названии не было никакого смысла, но оно звучало как название очень заурядной, занятой практическими делами компании. Председателем «совета директоров» фирмы «Сплавы для труб» стал У. А. (позже сэр Уоллас) Эйкерс, заведующий исследовательским отделом «Империял кемикл индустриэз», который получил в своей фирме отпуск на время войны. Это был человек огромной энергии и целеустремленности, очень чуткий в отношениях с людьми и прекрасный руководитель. Его заместителем был Майкл

Перрин, также из «Империал кемикл индастриз», — химик, который сыграл заметную роль в создании полиэтилена. Свою работу он исполнял с отменной эффективностью и тактом.

Министром, ответственным за «Сплав для труб», стал сэр Джон Андерсон, в то время лорд-президент совета. Этот пост остался за ним и позже, когда он был назначен канцлером казначейства. По занятному совпадению он получил образование физикохимика и сделал работу по химии урана, хотя это не имело никакого отношения к его связям со «Сплавами для труб».

Был и Технический комитет, хотя он был гораздо меньше Технического подкомитета Комитета М. А. U. D. Его членами среди других были Чэдвик, Хальбан, Саймон и я. Становление новой структуры заняло некоторое время, что понятно, поскольку предстояло на высоком уровне принимать решения с далеко идущими последствиями. Кое-кто в ожидании решения начинал проявлять нетерпение, не получая даже намека на то, что происходит. Это легкое раздражение увеличилось, когда даже не включенные в новую организацию члены Комитета М. А. U. D. никак не были извещены о роспуске их комитета и об учреждении нового. Обычно прямолинейный, М. Олифант не скрывал своего раздражения. Однако вскоре страсти были утихомирены.

На первом заседании нового комитета присутствовали два американских гостя: Гарольд Юри (открыватель тяжелого водорода, в лаборатории которого велись исследования как по извлечению тяжелой воды, так и по разделению изотопов урана) и Г. В. Пергам, физик-ядерщик старшего поколения. Оба они были из Колумбийского университета. На них большое впечатление произвело внимание, которое британское правительство уделяло нашему проекту. Они сообщили об этом в Соединенные Штаты, и похоже, что это сообщение сыграло роль в решении ускорить эту работу в США, принятом примерно в это время.

Однако в Великобритании еще не пришло время для принятия решения о постройке полномасштабного завода для разделения изотопов. Были сомнения относительно возможности осуществить такой большой проект в Великобритании в условиях военного времени. По мнению некоторых, альтернативой этому был совместный с Соединенными Штатами проект, включавший постройку завода в США или Канаде. Тем временем исследования велись ускоренными темпами. Число теоретических задач также продолжало расти, и к нашей бирмингем-

ской группе мы добавили несколько помощников-вычислителей, аспирантов-математиков, которые выполняли счетную работу с помощью настольных калькуляторов. Позже мы приняли в штат несколько аспирантов по специальности «теоретическая физика» или близких по квалификации людей.

Мы работали в тесном сотрудничестве с оксфордской группой, и я часто ездил в Оксфорд. Среди небольших усовершенствований конструкции завода был метод, получивший название «кролик». Использование эксцентричных названий соответствовало чувству юмора Саймона и его сотрудников и поощрялось стремлением затушевывать дело кодовыми названиями. «Принцип кролика» заключался в разделении продукта каждой из ступеней производства на три части. Наиболее обогащенной была та часть, которая продиффундировала через начальный участок мембраны, где поступающий газ был еще свежим. Часть газа, продиффундировавшая через конечный участок мембраны, куда газ приходил уже обедненным, имела примерно такую же концентрацию, как и газ на входе всей ступени. И наиболее обедненной была часть газа, вообще не прошедшая через мембрану. Наиболее обогащенная часть газа подавалась на вход следующей ступени завода, наиболее бедная — на вход предыдущей ступени, а промежуточная — снова на вход данной ступени. Название этого метода было навеяно статьей зоологов, в которой было показано, что большая часть исследований по метаболизму кроликов опровергается тем открытием, что по ночам кролики съедают свои экскременты, произведенные за день.

Другое аналогичное название получил «метод поджаривания свиней». Оно связано с легендой о том, что прелести жареной свинины были открыты в древнем Китае после того, как сгорел дом с запертыми в нем свиньями. Легенда гласит, что некоторое время после этого крестьяне поджигали дом с запертыми в нем свиньями всякий раз, когда хотели полакомиться жареной свининой, и лишь позже додумались до других способов получения такого же результата. «Метод поджаривания свиней» возник в Оксфорде, когда обнаружилось, что некая очень тонкая химическая реакция не идет так, как было задумано. В этой реакции участвовал гексафторид урана, или «гекс», как мы его называли, который всегда тщательно оберегался от любого контакта с воздухом. Реакцию пытались провести снова и снова, но все безуспешно. И как-то раз на критической стадии эксперимента кто-то уронил инструмент на стеклянный прибор.

Прибор разбился, и внутрь его попал воздух. И нужная реакция вдруг произошла. Причина этого так никогда и не была открыта, но эту процедуру стали повторять всякий раз, когда была нужна эта реакция. Разбивание прибора заменили, правда, открыванием вентиля.

Заседания Технического комитета в Лондоне были удобной возможностью для Хальбана, Саймона и меня обменяться новостями и посплетничать. Встречались обычно мы в датском ресторане под названием «Три викинга», чтобы перекусить перед заседанием. Вскоре мы стали называть себя «тремя викингами», находя это очень комичным: три еврея-иммигранта мало походили на викингов.

Однако во всех наших шуточных беседах мы постоянно сознавали чертовскую серьезность дела, в котором участвовали. Мы отчаянно боялись, что немцы раньше нас придут к цели. Все хотели, разумеется, узнать об успехах (если такие были) немцев в области атомной энергии. Еще до этого я получил от разведывательных органов — околным путем, кажется, через Перрина — послание, в котором интересовались, не вижу ли я возможностей узнать, чем занимаются немцы. Я предложил следить за перемещениями определенных людей, которые скорее всего оказались бы вовлеченными в любые работы над атомной энергией. Я предложил проверить, бывают ли они вдали от их обычных мест работы, посещают ли неожиданные места и т. д. К своей записке я приложил список вероятных имен, первым среди которых было имя Гейзенберга.

Присланный мне ответ гласил: «Очень интересно, что Вы упоминаете имя Гейзенберга, потому что непосредственно перед войной он посетил Кембридж, и у нас нет сведений, покинул ли он вообще Англию». Я был потрясен этим ответом и подумал, что если этот случай типичен для британской разведки, то дело плохо.

Позже, однако, положение изменилось в большой мере благодаря деятельности командора Уэлша. Мне рассказывали, что однажды еще младшим офицером морской разведки ему случилось ожидать приема у вызвавшего его начальника, и он увидел, что секретарша печатает список имен и адресов ученых. Он заглянул через ее плечо и сказал: «В этом имени вы сделали ошибку, а этот человек работает не там-то, а там-то...». Появившийся начальник спросил его, откуда он столько знает об этих странных людях. Уэлш ответил: «Это мое хобби. Я всегда интересовался учеными и их ра-

ботой». Он был немедленно взят на работу в отдел, занимавшийся проблемами атомной энергии, и достойно там себя зарекомендовал.

При наличии определенной подготовки кое-какую информацию можно было извлечь из печатных источников. Некоторое время я провел над немецкими журналами, которые мы получали через нейтральные страны. Я знал, что каждый семестр «Физикалише цайтшрифт» публикует список курсов лекций по физике во всех германских университетах. Из этих списков следовало, что большинство физиков находились на своих обычных местах и преподавали свои обычные предметы, что в корне отличалось от положения в Англии или Америке. Однако было несколько исключений. Гейзенберг не читал лекций, а в статье молодого лейпцигского ученого на тему, которая должна была бы заинтересовать Гейзенберга, благодарность за советы и помощь выражалась многим, но не Гейзенбергу. Это означало, что либо Гейзенберга не было в Лейпциге, либо он был занят чем-то другим. Другим многозначительным фактом было то обстоятельство, что в реферативном журнале «Физикалише берихте» некоторые из авторов регулярно продолжали давать рефераты на статьи по ядерной физике и разделению изотопов. Создавалось впечатление, что у Германии нет срочной программы, нет широкомасштабного проекта, который потребовал бы массового участия ученых. Некоторые атомные исследования, похоже, продолжались, и Гейзенберг и несколько других ученых, по-видимому, участвовали в них. В целом мои выводы были обнадеживающими, хотя они, конечно, не давали полной уверенности: дело было слишком серьезно, чтобы полагаться на предположения, даже очень правдоподобные. Когда после войны стали известны факты, то оказалось, что нарисованная мной картина получилась довольно точной.

**В Америку на бомбардировщике. Работа над сплавами для труб продолжается.** К концу 1941 г. у нас был налажен достаточно свободный обмен информацией с американцами. Мы не читали, однако, их отчетов и поэтому не могли иметь ясной картины их идей. Было решено, что делегация, состоящая из Аскерса, Хальбана, Саймона и меня, посетит Соединенные Штаты. Самый простой путь лежал в Лиссабон и оттуда гидропланом в Америку, и Аскерс с Саймоном последовали этой дорогой. Хальбану из-за большого сердца был противопоказан самолет, и он поплыл морем. Относительно меня было решено, что мне не следует

лететь через Лиссабон, который кишел шпионами, наблюдавшими за транзитными пассажирами: мой интерес к ядерной физике был известен, и мои перемещения могли навести на размышления. Меня мрачно спросили, не соглашусь ли я совершить это путешествие на одном из бомбардировщиков, пересекавших Атлантику с экипажами, которым предстояло перегонять американские самолеты в Англию. Это было небезопасно: некоторые отмораживали конечности из-за отсутствия обогрева в этих самолетах. Я решил, однако, что в военное время риска не избежать, и согласился.

Начало путешествия было весьма романтичным. Самолеты взлетали у Престона, под Глазго, но это было секретом. Поэтому инструкция гласила: «На ночном поезде Вам забронировано спальное место до Глазго, но Вам следует сойти в Килмарноке и ждать дальнейших указаний». Из Килмарнока нас машиной довели до аэродрома, где взвесили вместе с нашим багажом и выдали нам летные костюмы, чтобы мы не замерзали в самолете. Потом нас поселили в номерах, потому что в тот день самолет не вылетал. Фактически погода на маршруте оказалась настолько плохой, что мы не могли вылететь несколько дней. Это было странно — оказаться вдруг праздными. В некотором смысле мы уже покинули Британию: нам не разрешили пользоваться телефоном, а кормили с неслыханной для военного времени роскошью — яичницей с ветчиной на завтрак, например. Я решил расследовать историю пассажира с отмороженными конечностями, и оказалось, что он получил слишком тесные летные сапоги, которые мешали его кровообращению; дело кончилось ампутацией двух пальцев ноги. Это было, конечно, прискорбно, но я решил, что опасности путешествия не были столь велики, как их мне описывали.

Когда наш самолет — бомбардировщик «Либереитор» — наконец поднялся в воздух, нам выдали кислородные маски, потому что он не был загерметизирован. Маски то и дело обмерзали, и требовался некоторый присмотр за ними, поэтому спать нам запретили и предложили таблетки бензедрина на случай, если окажется трудно бодрствовать все 16 часов полета.

После остановки на Ньюфаундленде мы прибыли в Дорваль, аэропорт, обслуживавший Монреаль. Там мне сообщили, что Дж. П. Томсон, возглавлявший тогда миссию научных связей в Оттаве, хочет меня видеть, и я договорился о полете в Оттаву. Добрался туда к вечеру, и было странно со снижающегося самолета видеть в чистом мо-

розном воздухе залитый светом город с заснеженными улицами. Даже теперь меня волнует зрелище ночного города при посадке, а то первое впечатление было совершенно незабываемым, такой был контраст с затемненными английскими городами и дождливой, сырой английской зимой. В ту ночь я спал очень мало, возбужденный моим первым полетом и первым визитом в Северную Америку. В Нью-Йорк я вылетел во второй половине следующего дня.

В Нью-Йорке я позвонил моей сестре Анни, которую мне не удалось предупредить о приезде. Когда она сняла трубку, я сказал: «Это Руди». — «Я не знаю никакого Руди». — «Ты не знаешь собственного брата?» — «Знаю, конечно, но его здесь нет, он в Англии». В конце концов мне удалось убедить ее, что это я. Я посетил и своего отца, он был болен и очень слаб, но рад видеть меня. Тогда же я познакомился с его женой Элиз, с Анни и ее мужем.

Вместе или по отдельности наша делегация посетила многие из лабораторий, работавших над проблемами атомной энергии. В Колумбийском университете некоторое время я посвятил встречам с Юри и с Карлом Коэном, теоретиком, который занимался проектом завода для разделения изотопов. Его результаты совпадали с нашими, различаясь лишь в деталях, за исключением вопроса о времени установления равновесия, в котором его догадка отличалась от моей. После долгого обсуждения я согласился с тем, что его мнение было, по-видимому, правильным, и это вскоре было подтверждено телеграммой от Фукса, в которой говорилось, что Хартри наконец выполнил численные расчеты, о которых мы его просили, и их результат ясно показывал, что Коэн был прав, а я ошибался. Однако экспериментальных результатов по разделению изотопов к этому времени в Америке, похоже, было получено очень мало. Только физик-ядерщик с физического факультета Колумбийского университета Даннинг энергично занимался этой проблемой и искал подходящие мембраны.

В Колумбийском университете мы встретились также с Ферми, который ставил опыты по изучению возможности цепной реакции на обычном уране с соответствующим замедлителем. Как и сотрудники Томсоновского комитета в Лондоне, он обнаружил, что обычный промышленный графит поглощает нейтроны слишком сильно, чтобы его можно было использовать в качестве замедлителя. Однако он был убежден в том, что дело было в недостаточной чистоте графита. Некоторые из его примесей настолько

сильно поглощают нейтроны, что способны погасить цепную реакцию, даже когда их содержание в графите так мало, что не может быть обнаружено никакими другими физическими или химическими методами. Поэтому Ферми надеялся при дальнейшей очистке получить приемлемый графит, и позже эта точка зрения подтвердилась. Ферми готовился к поезду в Чикаго, где для его работы были лучшие возможности.

Затем мы отправились в Чикаго, где встретились с Артуром Комптоном (открытие которым «эффекта Комптона» послужило заметной вехой в развитии квантовой теории). Он был одним из самых известных ученых, занятых планированием исследований по атомной энергии. Я сказал ему, что, по моему наблюдению, в американских организациях никто не думает о том оружии, которое должно быть конечным результатом всех этих исследований.

Это оружие было детищем физики быстрых нейтронов. В то время ответственным за координацию информации о делении на быстрых нейтронах был Грегори Брейт. Поскольку по соображениям секретности говорить о быстрых нейтронах и о делении было запрещено, его пост назывался «координатор по быстрому разрыву». Брейт был крупным теоретиком, сделавшим много важного и оригинального в ядерной физике, много он сделал и позже. Но он был и очень нервным человеком с преувеличенными страхами относительно безопасности. Его способ координации информации состоял в том, что все важные бумаги он запирает в большой сейф и не подпускал к нему никого. Комптон явно понимал наличие проблемы и отдавал себе отчет в том, что перемены необходимы.

Я посетил также Беркли, чтобы встретиться с Робертом Оппенгеймером. Я знал Оппенгеймера по Цюриху и уважал его, да и теперь на меня большое впечатление произвело ясное понимание им проблем атомной энергии. Он уже рассмотрел большое количество задач, поставленных нами с Фришем, а также возникшие впоследствии многие другие задачи. Переночевал я у Оппенгеймеров, а к поезду меня отвез Феликс Блох, который жил неподалеку, в Стэнфорде. Блох оказался весьма рассеянным водителем, и наша поездка по загруженному машинами мосту через залив показалась мне более страшной, чем перелет через Атлантику.

Саймон и я поехали в Шарлоттсвилль (в Вирджинии) к Джессу Бимсу из Университета Вирджинии, считавшемуся величайшим в мире авторитетом по центрифугам.

Центрифугирование было одним из возможных методов разделения изотопов, и мы обсуждали с Бимсом тогдашнее положение дел и перспективы. Мы были настроены не очень оптимистично, и действительно, во время войны этот метод не получил практического применения. Позже, когда были получены более прочные материалы, способные выдержать большие скорости вращения, он стал соперничать с диффузионным методом. Здания и планировка Университета Вирджинии, который был основан и спроектирован Томасом Джефферсоном, по очарованию почти не имеют равных в мире.

Возвратясь в Нью-Йорк, я получил письмо от Комптона с просьбой ненадолго приехать в Чикаго. Оказалось, что он хотел продолжить обсуждение установок для исследования деления на быстрых нейтронах и атомного оружия. В конце беседы мы сошлись на том, что хорошо было бы поручить эту работу Оппенгеймеру. Не помню, предлагал ли он сам кандидатуру Оппенгеймера и интересовался ли моим мнением или просил меня назвать кандидатуру, но окончательное решение было ясно. Вскоре Оппенгеймеру предложили организовать комитет для изучения проблем, связанных с исследованием быстрых нейтронов и с созданием атомного оружия.

Возвратясь в Англию, мы продолжили нашу работу в напряженном темпе, однако нас расхолаживала неопределенность: мы не знали, будут ли объединены британский и американский проекты. Мы слышали о дискуссиях по поводу возможностей такого объединения, но я не знал никаких подробностей до тех пор, пока спустя много лет после окончания войны не прочел книги Маргарет Гоуин. Если в Англии не собирались строить полномасштабного завода для разделения изотопов, то оказывалось, что значительная часть нашей работы представляет чисто академический интерес; однако пока решение не было принято, ее следовало делать срочно.

К началу лета я почувствовал себя очень усталым и нуждающимся в отдыхе. Так же чувствовал себя и Саймон. Он жил один, его жена с детьми уехала в Торонто. Женья настояла, чтобы мы взяли отпуск вместе. Мы решили поехать в Струуд, местечко неподалеку от Котсуолд-Хиллз под Оксфордом. Я поехал туда поездом, а Саймон встречал меня на машине. По дороге к нашей гостинице на крутом повороте ехавший навстречу нам мотоцикл с двумя молодыми летчиками не вписался в поворот и врезался в нашу машину. Летчиков отбросило на каменную стену, они получили смертельные

ранения и умерли почти мгновенно. После этого трагического происшествия отпуск уже не мог доставить нам никакого удовольствия, хотя Саймон никак не был виноват в том, что случилось.

Между тем неопределенность относительно будущего нашей работы продолжалась. Было решено группу Хальбана, работавшую с тяжелой водой, перевести в Монреаль, где была возможность извлечь выгоду из близости американских лабораторий. Поэтому Хальбан отправился организовывать лабораторию в Монреале, а Коварски остался руководить в Кембридже. Когда новая лаборатория была готова, Хальбан пригласил Коварски приехать, однако должность, которую Коварски должен был получить в новой большой лаборатории, не устроила его, и он отказался ехать. Его недовольство, которое всегда было где-то около поверхности, теперь вышло наружу, и между ним и Хальбаном произошел полный разрыв.

Примерно к тому же времени отношения с американскими властями усложнились, что в конце концов привело к полному прекращению обмена информацией о работах в области атомной энергии. Поэтому дело выглядело так, что британский проект «Сплавы для труб» сможет дать практические результаты только в том случае, если у Британии будет собственный завод для разделения изотопов урана. В военное время об этом нечего было и мечтать, и решение так и не было принято.

А мы тем временем пытались усилить нашу теоретическую группу. У нас был постоянный договор с Центральной регистрацией, занимавшейся устройством ученых на работу над военными темами. Оттуда прислали нам нескольких блестящих аспирантов, среди которых был Тони Скирм, о котором я подробнее расскажу позже. Более пожилые люди, однако, оказывались либо не очень хороши, либо не имели нужного опыта. Поэтому однажды мы были очень удивлены, получив документы на некоего Бориса Дэвидсона, который окончил Ленинградский университет и занимался, по-видимому, именно тем разделом математики, который нас интересовал. Он родился в СССР, но имел британское гражданство. Его дед, английский инженер, эмигрировал с семьей в Россию, но не отказался от своего британского гражданства. Поэтому отец Бориса также был британским гражданином, а сам Борис не выезжал из Советского Союза до 1938 г., когда перед ним встал выбор: либо перейти в советское гражданство, либо эмигрировать.

Я немедленно вызвал его для беседы.

Пришел маленький человек в довольно неяршей одежде, очень вежливый и робкий. Его русский язык был явно лучше его английского. Похоже, у него были знания и способности, которые были бы полезны нам, и я пригласил его работать у нас, предложив, однако, хорошо обдумать этот шаг. Поскольку я не мог прямо рассказать ему о цели нашей работы, я намекнул на ее характер, показав ему интегральное уравнение, с которым у нас возникли трудности. Возвращаясь домой после нашей беседы, он в поезде написал мне письмо, в котором принимал приглашение работать у нас. К письму было приложено решение моего интегрального уравнения.

Дэвидсон действительно оказался для нас ценным приобретением. Спустя некоторое время я решил, что его жалование не соответствует его способностям, и добился для него прибавки. Когда я сказал ему об этом, он возмутился: он как раз собрался просить об уменьшении своего жалования, потому что считал свой вклад в общие усилия слишком малым. В конце концов мне удалось убедить его принять эту прибавку.

Причиной жалкого состояния его костюма было то, что он определенное время провел в санатории для больных туберкулезом легких. Когда его оттуда выписали, одежда была непригодна для использования, и ему дали то из одежды, что им удалось найти. Женья помогла ему купить новый костюм, настолько приличный, насколько это было возможно в условиях военного времени. В воюющей Англии этот новый костюм Бориса еще можно было носить, но когда он перебрался в Монреаль, о нем стали говорить, что его корабль был потоплен в Атлантике и весь остаток пути ему пришлось проплыть в этом костюме.

Известный химик Джордж Кистяковский, который занимался также взрывчатыми веществами, написал отчет, в котором утверждал, что взрыв атомной бомбы будет относительно слабым. Он считал, что высвобождающаяся при нем огромная энергия пойдет на нагревание воздуха в малом объеме до очень высоких температур и что возникшая при этом ударная волна будет относительно слабой. Этот отчет попал к Дж. И. (позже сэру Джеффри) Тейлору из Кембриджа. Тейлор был замечательным ученым с разнообразными интересами в области как эксперимента, так и теории. Важные и фундаментальные результаты он получил в каждой из этих областей. Большая часть его работ посвящена различным аспектам гидродинамики. В ответ на утверждения Кистяковского Тейлор создал элегантно

теорию, которая при некоторых допущениях давала точное решение задачи. Из нее следовало, что интенсивность ударной волны будет соответствовать огромной энергии этого взрыва. Иными словами, Кистяковский ошибался.

По поводу этой задачи у меня была небольшая переписка с Тейлором, а позже я познакомился с ним в Кембридже. Он был исключительно милым и скромным человеком. Вот типичный для него случай. Во время войны он участвовал в работе нескольких комитетов. Из Лондона он часто возвращался уже ночным поездом, а со станции до дома на другом конце города добирался на велосипеде, который он оставлял на станции. Когда ему предложили подать заявку на бензин для этих поездов, он отказался, сказав, что в этом нет нужды.

Наша с ним переписка касалась теории ударных волн, которой я не знал совершенно, и мне пришлось поработать дома, прежде чем я стал понимать его письма. Это расширило мои знания в гидродинамике. Было ясно, что приближенные расчеты Тейлора нужно сделать более точными, но это была нелегкая задача.

Для начала надо было определить поведение воздуха при очень высоких температурах и давлениях, после чего вы оказывались один на один с уравнением, которое решалось только численно. Первая часть работы была проделана совместно Фуксом, Кинчем и мной. (Кинч, который заменил меня на преподавательской работе, не входил в нашу группу, но эта задача его интересовала.) После этого оставалось найти численное решение дифференциального уравнения в частных производных, т. е. уравнения с двумя или более независимыми переменными. В нашем случае это были расстояние и время.

Математики, конечно, уже рассматривали эту задачу, но найти ее в литературе было непросто. Я решил поэкспериментировать с простейшим уравнением такого типа — уравнением распространения волн с постоянной скоростью, для которого существует точное решение. Я попробовал метод последовательных шагов, в котором начальное состояние считается известным для цепочки точек, расположенных на определенном удалении друг от друга, и затем приближенно находится положение дел через некоторый промежуток времени. Потом эту процедуру можно повторить.

Случайно я выбрал расстояние между точками, равное расстоянию, проходимому волной за выбранный мной отрезок времени. Делая грубые вычисления, с точностью до

трех знаков после запятой, я воспроизвел, по моему мнению, точное решение. Затем повторил расчет с точностью до пяти знаков, и снова ответ получился правильным с точностью до пяти знаков. Затем я увидел, как сравнить результаты моего последовательного метода с точным решением, и обнаружил, что для интервалов, которые я выбрал, и для простой модели, которой пользовался, правильный ответ может быть получен с любой точностью. Если временной интервал взять меньше, решение получается с приемлемой точностью, но если взять его больше, процедура становится неустойчивой, ошибка нарастает с каждым шагом и конечный ответ получается бессмысленным. Было ясно, что эти выводы применимы не только к простому уравнению, которое я взял в качестве модели. Теперь я знал, как решать уравнение в частных производных, но эта процедура была очень трудоемкой, и я отложил рассмотрение реальной задачи. Тем не менее полученный опыт оказался полезным.

## ПОСЕЛИЛИСЬ В БИРМИНГЕМЕ

**Клаус Фукс.** Наши самые болезненные переживания были связаны с делом Фукса, возникшим в начале 1950 г. Как гром среди ясного неба раздался звонок журналиста, сообщившего мне, что Фукс арестован и ему предъявлено обвинение в передаче секретных сведений Советскому Союзу. Журналист спрашивал, есть ли у меня по этому поводу какие-нибудь комментарии. Никаких комментариев у меня не было, но я попросил его разузнать для меня подробности этого дела. Несколько позже он снова позвонил мне и сообщил, что на предварительном слушании дела в суде Фукса спросили, есть ли у него адвокат, и Фукс сказал, что не знает, где найти его. Я решил, что независимо от обстоятельств дела, которые казались совершенно невероятными, у него должен быть адвокат, который защищал бы его интересы, и ближайшим поездом отправился в Лондон.

Был уже вечер, и на следующее утро я позвонил в полицию, чтобы получить разрешение на посещение Фукса (на самом деле такого разрешения не требовалось, но я не знал этого). В полиции были очень доброжелательны, но попросили меня зайти к ним, прежде чем ехать в тюрьму. Я согласился и пришел на встречу с командором Бертом, начальником «специального», т. е. политического, отдела Скотленд-Ярда. Причина, по которой Берт хотел видеть меня, заключа-

лась в том, что, хотя Фукс признался во всем, он не назвал своих сообщников. Если я увижу его, не смогу ли попытаться убедить его сделать это? Эта просьба показала мне разумной, и я обещал сделать все, что будет в моих силах. Берт спросил меня также, были ли заметны прокоммунистические взгляды Фукса. «Нет, — сказал я, — он никогда много не говорил о своих политических убеждениях, но складывалось впечатление, что он разделял наши общие идеалы. Я знал, разумеется, что студентом он придерживался очень левых взглядов, но среди молодых людей это обычное явление». Берт рассмеялся: «Знаю, знаю, у меня сын такой же». Он выразил также сожаление, что способный молодой человек окажется в тюрьме на длительное время, но таков закон, и ничего здесь поделать нельзя.

Я поехал в Брикстонскую тюрьму на свидание с Фуксом. К тому времени у него уже был адвокат, и моя главная забота отпала. У нас состоялась долгая беседа. Да, он передал секретные сведения советским агентам. Теперь он жалел об этом, потому что с тех пор он научился ценить наш образ жизни и наши ценности. Я выразил свое удивление тем, что, будучи скептическим ученым, он согласился принять марксистские догмы. Он ответил: «Вы не должны забывать, через что я прошел при нацистах. Кроме этого, после того, как я помог русским победить, мне все время хотелось встать и сказать им, что у них не так в их системе». Я возвращался домой потрясенный самонадеянностью и наивностью этого заявления.

Женя решила написать Фуксу письмо, чтобы описать вред, который он причинил людям, особенно его младшим сотрудникам по Харуэллу, с которыми у него были прекрасные отношения и которые теперь должны были чувствовать себя преданными. В то же самое время мы еще не могли до конца поверить в реальность всей этой истории. Мы не знали точно характера предъявленных ему обвинений, но нам было известно, что единственным доказательством его вины на суде должно было быть его собственное признание. Разве не могло быть так, что у него случилось помешательство и он выдумал всю эту историю или раздул какое-нибудь пустяковое нарушение до размеров государственного преступления?

Женя и я вспомнили много фактов, которые казались нам несоместимыми с причастностью Фукса к шпионажу. Мы вспомнили, например, что в Лос-Аламосе он часто пил помногу. Допьяна он никогда не напивался, но разве мог шпион позволить себе так рисковать? Кроме того, он был готов

усыновить своего племянника, сына своей сестры, при нацистах покончившей жизнь самоубийством. Мальчика воспитывал дедушка, который становился уже стар. Можно ли поверить, что Фукс решил так тесно связать себя с ребенком, когда над ним самим тяготел такой страшный секрет? Мы решили посетить его снова, чтобы спросить о всех этих противоречиях. Мы увиделись с ним в день накануне суда, хотя тогда мы не знали этого. Он никак не объяснил нам свое противоречивое поведение, однако он убедил нас, что обвинения против него были справедливыми.

У меня создалось убеждение, что его отход от коммунизма был искренним. Его друзья-коммунисты в Германии, видимо, внушили ему довольно неприглядную картину жизни в Великобритании, которая не расseyалась во время его пребывания в Бристоле и в Эдинбурге, где он еще общался, вероятно, со своими леворадикальными друзьями. Интернирование здесь и в Канаде также, скорее всего, вызвало горькие чувства, и только когда он попал в тесное и дружеское сообщество ученых, ему открылась и другая сторона жизни нашего общества.

Возможно, что процесс его прозревания так затянулся из-за того, что в нашем интеллектуальном кругу мы поразительно неохотно высказываем наши убеждения. У нас принято не говорить громких слов. Мы охотно говорим о том, что плохо и с чем мы хотим бороться, но для нас гораздо труднее говорить о наших моральных принципах и о том, что мы считаем правильным. Наше поведение следует достаточно жестким правилам, но почему-то мы считаем дурным тоном провозглашать их, и обнаружить их можно лишь наблюдая наши поступки.

Во время суда были упомянуты даты контактов Фукса с его сообщниками, начиная с его визита в советское посольство почти сразу после начала его работы в Бирмингеме. Как припомнила Женя, все эти контакты совпали с периодами его загадочного нездоровья. Он был осужден на четырнадцать лет тюрьмы, из которых он отбыл обычные две трети, заслужив досрочное освобождение за примерное поведение. По выходе из заключения он уехал в Восточную Германию, где начал работать в атомной лаборатории в Россендорфе. Он явно вернулся к своей вере в коммунизм, чему, возможно, способствовало лишение его гражданства британским правительством. Он стал заместителем директора лаборатории, а потом и ее директором, когда по иронии судьбы его шеф, доктор Барвич, бежал на Запад.

Позже я узнал, что на одном из этапов расследования утечки информации из Лос-Аламоса свидетельства указывали на одного из теоретиков британской группы, т. е. на Фукса или меня. Некоторое время я находился, таким образом, под сильнейшим подозрением, но никогда не дали мне почувствовать это. Общественность Великобритании была потрясена всем этим, однако никто не впал в истерию. Чего, правда, нельзя было сказать о прессе. Одна из воскресных газет на первой странице под шапкой «Люди в смятении» поместила фотографии нескольких ученых-эмигрантов, в том числе и мою, а также статью, в которой утверждалось, что все мы боимся предубеждения против беженцев, спровоцированного делом Фукса. Я написал тогда твердый ответ, который назвал «Я не в смятении» и который газета нашла в себе мужество опубликовать.

Естественно, что дело Фукса привлекло к нам внимание прессы, и было много просьб дать свои комментарии. Я всегда отказывался от комментариев, говоря, что свои общественные заявления я делаю когда хочу и как хочу, но что я готов помочь им выяснить истину, если они не станут цитировать меня. Согласившись на эти условия, несколько газет тем не менее напечатали приписанное мне большое заявление, которое не имело ничего общего с тем, что я говорил. Женя отругала меня за то, что я вообще говорил с ними, и когда позвонили из «Ньюс оф уорлд» и попросили высказаться ее, она твердо отказалась говорить что-либо вообще. В следующее воскресенье в этой же газете была целая колонка с цитатами из высказываний Жени. Плетью обуха не перешибешь.

Перевод с английского Ю. Ф. Орехова

## РЕЗОНАНС

---

### Ответ Дедала

Недавно в нашем журнале (Природа. 1993. № 10. С. 127) был опубликован перевод заметки Дедала (Jones D. // Nature. 1993. V. 363. P. 404), где предлагалось сделать Луну

полярче, распылив на ее поверхность тонкодисперсный порошок оксида магния и хлорида лития. Затем следовал критический комментарий А. В. Бялко. Этот комментарий был обнародван

и первоисточником (Nature. 1993. V. 365. P. 701), причем Дедал дал на него ответ. Приводим его, приветствуя как поучительный пример завершения дискуссии.

Бялко глубоко вник в мою схему [просветление Луны]. Но может быть, все же не весь оксид магния окажется захоронен при образовании кратеров, как он полагает. Дым оксида магния состоит из частиц, размер ко-

торых меньше микрометра в перечнике; зерна лунного реголита также очень малы. Их предел прочности и скорость звука должны быть намного больше, чем эти характеристики монолитных веществ. Моя на-

дежда — в том, что пылинки, врезающиеся в Луну, будут замедлены серией отдельных столкновений, которые могут еще больше раздробить их, однако при этом не образуется кратер, который их захоронит.

## Космические исследования

### Запуски космических аппаратов в России: июль — август 1993 г.

В июле—августе 1993 г. космическими службами России с космодрома Плесецк и Байконур было запущено девять космических аппаратов, в том числе четыре спутника серии «Космос» с научной аппаратурой, предназначенной для продолжения исследований космического пространства.

На спутнике «Космос-2260» (типа «Ресурс») установлена аппаратура для фотографирования поверхности Земли в целях создания природно-ресурсных кадастров и проведения мониторинга земель в интересах различных отраслей народного хозяйства и международного сотрудничества.

Транспортный космический корабль доставил на орбитальный научно-исследовательский комплекс «Мир» российско-французский экипаж в составе: В. В. Циблиев (командир экипажа), космонавт 2-го класса А. С. Серебров (бортинженер) и гражданин Французской Республики Ж.-П. Эньере (космонавт-исследователь). Работа на орбите российско-французского экипажа продолжалась до 22 июля 1993 г.: в 10 час. 42 мин. по московскому времени на Землю в спускаемом аппарате космического корабля «Союз ТМ-16» вернулись Эньере (длительность его космического полета 20 сут 16 ч 9 мин) и космонавты Манаков и Полещук, которые работали на орбитальном комплексе «Мир» в рамках 13-й длительной экспедиции в течение 179 сут 0 ч 44 мин. Космонавты Циблиев и Серебров продолжили работу на орбите в рамках 14-й длительной экспедиции на «Мир».

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		период, км	апогей, км	наклонение, град	период обращения, мин
«Союз ТМ-17»*	1.VII	219	372	51,6	90,1
«Космос-2258»	7.VII	409	437	65	92,8
«Космос-2259»	14.VII	176	373	67,2	89,7
«Космос-2260»	22.VII	193	256	82,3	88,6
«Молния-3»	4.VIII	455	39 147	62,7	702
«Космос-2261»	10.VIII	613	39 400	62,8	708
«Прогресс М-19»	11.VIII	192	243	51,6	88,5
«Ресурс-Ф»	24.VIII	188	267	82,6	88,7
«Метеор-2»	31.VIII	944	979	82,5	104

\* Параметры орбиты после коррекции.

Очередной спутник связи «Молния-3» обеспечивает эксплуатацию системы дальней телефонно-телеграфной радиосвязи, передачу программ телевидения из Москвы на пункты сети «Орбита», а также в рамках международного сотрудничества.

Автоматический грузовой корабль «Прогресс М-19» доставил на орбитальный научно-исследовательский комплекс «Мир» топливо для объединенной двигательной установки, аппаратуру, оборудование, воду и другие расходимые материалы, почту.

На очередном спутнике серии «Ресурс-Ф» установлена аппаратура для проведения различного масштаба многозональной и спектральной фотосъемки с целью продолжения исследований природных ресурсов Земли и решения экологических задач в интересах различных отраслей народного хозяйства, науки и международного сотрудничества.

На борту метеорологического спутника «Метеор-2» установлена аппаратура для получения изображений облачности и подстилающей поверхности в видимом и инфракрасном диапазонах спектра и радиомет-

рическая аппаратура для непрерывных наблюдений за потоками проникающих излучений в околоземном космическом пространстве. На борту «Метеора-2» установлен также итальянский субспутник «Темисат», предназначенный для экологического мониторинга Средиземноморья (главным образом в районе Апеннинского п-ова) и получения научных данных о состоянии окружающей среды в районе Средиземного моря. «Темисат» изготовлен немецкой фирмой «Kaiser Trade GmbH» по заказу фирмы «Телеслацио (Италия)». На 7-м витке (через 10 ч 42 мин после старта) субспутник отделился от «Метеора-2», и его дальнейшее управление и прием от него информации осуществлялись национальными приемно-передающими станциями ФРГ и Италии.

Перечисленные космические аппараты были запущены ракетами-носителями «Космос», «Союз», «Молния», «Циклон».

© С. А. НИКИТИН  
Москва

## Российско-французский пилотируемый полет

Четвертый международный пилотируемый полет на российском орбитальном научно-исследовательском комплексе «Мир» — «Союз» состоялся в июле 1993 г.

Запуск космического корабля «Союз ТМ-17» с международным экипажем в составе В. В. Циблиева (командир), космонавта 2-го класса А. А. Сереброва (бортинженер) и гражданина Французской Республики Ж.-П. Эньере (космонавт-исследователь)<sup>1</sup> был осуществлен с космодрома Байконур 1 июля 1993 г. в 18 час. 33 мин. (здесь и далее время московское).

Ракета-носитель «Союз» вывела корабль на околоземную орбиту с высотой в перигее 201 км, в апогее — 243 км, наклонением 51,6° и периодом обращения 88,7 мин. В тот же день был выполнен первый двухимпульсный маневр дальнего сближения, на следующий день на 18-м витке — второй, а 3 июля на 32-м и 33-м витках — заключительный, в котором было завершено формирование монтажной орбиты. В результате «Союз ТМ-17» подошел к орбитальному комплексу на расстоянии около 40 км, и дальнейшее маневрирование проводилось в автономном режиме с использованием радиотехнической системы «Курс».

На 34-м витке полета 3 июля в 20 час. 24 мин. «Союз ТМ-17» состыковался с орбитальным комплексом «Мир» (стыковка осуществлена к стыковочному узлу на переходном отсеке, который освободил грузовой корабль «Прогресс М-18», при этом международный экипаж отсаял отделение и отход «грузовика» от комплекса).

Международный экипаж около 22 час. перешел в помещение станции и совместно с

экипажем 13-й основной экспедиции — космонавтами Г. М. Манаковым и А. Ф. Полещуком — приступил к выполнению научно-исследовательской программы полета. Уже в тот же день, 3 июля, они проводили биотехнологический эксперимент «Рекомб» (получение новых клеток и микроорганизмов с заданными свойствами).

Программа полета российско-французского экипажа, получившая название проект «Альтаир», предусматривала проведение медицинских и технических экспериментов, большая часть которых была начата во время предыдущего российско-французского полета (проект «Антарес»). Некоторые из этих экспериментов («Эхография», «Виминаль», «Иллюзия») в течение года продолжали экипажи 12-й и 13-й основных экспедиций. Кроме того, космонавты Манаков и Полещук дополнительно проводили ряд медицинских, биотехнологических, технических и геофизических экспериментов. Программа полета по проекту «Альтаир» предусматривала 18-суточное пребывание и работу на борту орбитального комплекса «Мир» французского космонавта.

Медицинская программа включала 10 экспериментов, в которых изучались: адаптация нейрофизиологических механизмов пространственного восприятия человека к условиям микрогравитации («Иллюзия»); иллюзии зрительной ориентации («Виминаль»); состав мочи и слюны («Диурез»); соотношение объема плазмы и клеток в крови («Гематокрит»); влияние факторов космического полета на функции клеточных популяций крови, определяющих иммунологическую стойкость организма («Иммунология»); сердечно-сосудистая система («Эхография»); воздействие космической радиации на различные биологические объекты («Биодоза»); особенности перемещения тела космонавта и взаимная кинематика его частей при выполнении тестовых движений («Синергия»); толщина и растяжимость кожной ткани человека в условиях космического полета («Ткань»); в ходе эксперимента «Эхография» проводились испытание и оценка режима те-

лезивной поддержки с Земли («Телеспрохождение»).

Научно-исследовательская программа международного экипажа включала два технических эксперимента: «Алис» (исследование поведения жидкости вблизи критической точки в условиях невесомости) и «Микроакселерометр» (исследование микроускорений и вибровозмущений, возникающих при различных режимах работы орбитальной станции).

Кроме научно-исследовательской программы международного экипажа ежедневно вел телерепортажи о проводимых экспериментах, участвовал в телемостах «Мир» — ЦУП — Париж, а также проводили радиосеансы, во время которых космонавты беседовали с российскими и французскими журналистами.

Все 18 дней работы международного экипажа на борту «Мира» были до предела насыщены; рассмотрим для примера подробнее один рабочий день космонавтов, 7 июля.

Он длился, как обычно, с 9 до 24 час. В первой половине дня Манаков и Полещук вели измерения объема голени для оценки состояния мышц, нагрузка на которые в невесомости незначительна, затем выполняли тест ультрафиолетового телескопа «Глазар» и занимались физическими упражнениями. Циблиев проводил сбор слюны и мочи для последующих биохимических исследований на Земле (эксперимент «Диурез»), брал у себя из пальца кровь на установление гематокритного числа (эксперимент «Гематокрит») и наличие антител; с помощью ультразвуковой аппаратуры определял показатели функции сердечно-сосудистой системы (эксперимент «Эхография»). Эньере, помогая Циблиеву в проведении эксперимента «Эхография», контролировал процесс в техническом эксперименте «Алис», который продолжался еще сутки. После обеда Манаков и Полещук продолжили знакомить командира и бортинженера 14-й длительной экспедиции с особенностями эксплуатации оборудования станции «Мир». Французский космонавт-исследователь выполнял технический эксперимент «Мик-

<sup>1</sup> Дублирующий экипаж: космонавт 2-го класса В. М. Афанасьев (командир), Ю. В. Усачев (бортинженер) и гражданин Французской Республики К. Андре-Дез (космонавт-исследователь).

роакселерометр», Серебров снимал этот процесс на видеопленку. Далее по плану медицинского контроля Манаков и Полещук проводили измерения массы тела, а Эньере при участии бортинженера основной экспедиции выполнял эксперимент по исследованию системы кровообращения в условиях физической нагрузки. Вечером в 19.15—19.35 телесом связал борт комплекса «Мир» с Центром управления полетом и Парижем. В переговорах с космонавтами приняли участие премьер-министр Франции Э. Бальдур, поздравивший с новым достижением российско-французского сотрудничества в области космонавтики, российский посол во Франции Ю. А. Рыжов, родственники Эньере и французский космонавт М. Тонини. После ужина, составления рациона питания и ознакомления с программой работы на следующие сутки международный экипаж отдыхал до 9 час. утра 8 июля.

После завершения запланированных совместных работ Циблиев и Серебров остались на комплексе «Мир» для выполнения программы 14-й длительной экспедиции, а Манаков, Полещук и Эньере возвратились на Землю: 22 июля 1993 г. в 10 час. 42 мин. космонавты в спускаемом аппарате космического корабля «Союз ТМ-16» совершили посадку в 140 км восточнее Джезказгана. Длительность космического полета французского космонавта составила 20 сут 16 ч 9 мин, длительность полета космонавтов Манакова и Полещука — 179 сут 0 ч 44 мин.

© С. А. Никитин  
Москва

#### Астрофизика

### Красный карлик — мощная «радиостанция»

Большинство красных карликов (слабо светящихся звезд, температура которых много ниже, чем у Солнца) в период молодости обращается вокруг своей оси с большой скоростью, что создает мощное магнитное поле; оно возбужда-

ет колоссальные вспышки, превосходящие иной раз свечение других звезд. Электроны, «наивнующиеся» на силовые линии магнитного поля красного карлика, интенсивно излучают энергию в радиодиапазоне. Недавно Дж. Лим (J. Lim; Калифорнийский технологический институт, Пасадена, штат Калифорния, США), работая на новой системе радиотелескопов, расположенных в районе Наррабри (Австралия), обнаружил молодого красного карлика, который по интенсивности радиоизлучения является, очевидно, рекордсменом.

Изучая участок неба в созвездии Золотой Рыбы, Лим обратил внимание на необычное поведение соседней одиночной звезды Роситтера 137 В: за короткое время на ней произошли две мощные вспышки; даже в состоянии относительно покоя ее излучение в радиодиапазоне оказалось более мощным, чем у любого другого известного красного карлика: так, оно в 100 раз сильнее, чем от ультрафиолетовой звезды в созвездии Кита, которая была первым красным карликом с наблюдаемыми на нем вспышками. До открытия Лим «чемпионом» по радиоизлучению среди одиночных красных карликов считалась звезда Гизе 890 в созвездии Водолея.

Столь интенсивное радиоизлучение и мощное магнитное поле звезды Роситтера 137 В связано с тем, что она вращается вокруг собственной оси с необычайно высокой скоростью — один оборот менее чем за 9 ч. Столь быстро вращающиеся одиночные красные карлики до сих пор не были известны (у Гизе 890 период вращения равен 10,3 ч).

Лим считает, что звезда Роситтера 137 В молода, так как скорость вращения подобных объектов с возрастом уменьшается. Можно предположить, что и многие другие красные карлики на ранних этапах своего развития проходят стадию интенсивного «радиовещания». Затем сила этого излучения постепенно падает до уровня, который сейчас наблюдается у ультрафиолетовой звезды в созвездии Кита, хотя оно

по-прежнему мощнее, чем у Солнца.

Возможно, что звезда Роситтера 137 В — объект, «бежавший» из созвездия Плеяд, которому насчитывается всего 70 млн. лет (лишь 1,5 % от возраста Солнца). Плеяды расположены на расстоянии 410 св. лет от Земли, тогда как звезды Роситтера 137 В и Гизе 890 удалены от нас на 80 и 65 св. лет соответственно.

Дальнейшее изучение свойств звезды Роситтера 137 В должно привести к лучшему пониманию процессов ранней эволюции объектов подобного типа, составляющих, возможно, до 70 % всех звезд нашей Галактики.

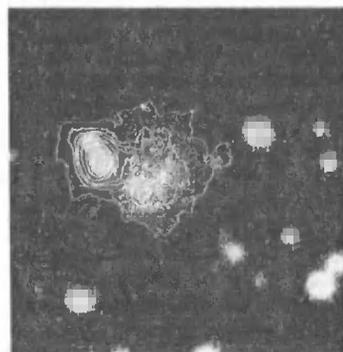
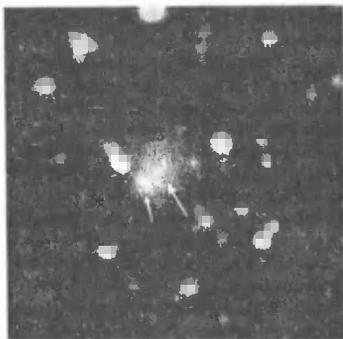
New Scientist. 1993. V. 137. N 1858.  
P. 15 (Великобритания).

#### Астрономия

### Первая оптическая идентификация внегалактического пульсара

До недавнего времени были получены оптические изображения только двух пульсаров из нашей Галактики Млечный Путь. В начале 1993 г. группа астрономов из Ирландии, Дании и Европейской южной обсерватории (European Southern Observatory — ESO) с помощью сконструированной ими камеры TRIFFID (TRansputer Instrument For Fast Image Deconvolution) и системы детекторов MAMA (Multi-Anode Microchannel Array) провели на 3,5-метровом Новом технологическом телескопе (NTT ESO) в Ла-Силле серию наблюдений пульсара PSR 0540-693 в галактике Большое Магелланово Облако (БМО), близкой к Млечному Пути.

БМО — один из самых изученных объектов на небе. Кроме нескольких миллионов звезд в него входят множество газовых и пылевых туманностей. Некоторые из них представляют собой остатки взрывов гигантских сверхновых звезд. В 1984 г. группа американских астрономов зарегистрировала пульсирующее рентгеновское излучение с необычно



Первое оптическое изображение внегалактического пульсара PSR 0540-693. Он расположен в малой туманности Большого Магелланова облака. Сама туманность — остаток взрыва сверхновой звезды, который произошел около 760 лет назад и создал быстровращающуюся нейтронную звезду, наблюдаемую ныне как пульсар.

На снимке вверху в туманности видны два похожих на звезды объекта (указаны стрелками), верхний из которых и есть изображение пульсара. Внизу — изображение, полученное наложением одинаковых фотографий 1992 и 1993 гг.; два крестика показывают области, из которых регистрировался самый сильный оптический сигнал частотой 19,838 Гц. Очевидно, что они очень близки к центральному объекту, который и является пульсаром.

большой частотой (19,838 Гц) от одной из этих туманностей, предположив существование там пульсара — очень компактной нейтронной звезды с массой  $\sim M_{\odot}$  и диаметром 10—15 км.

Из-за большого расстояния до БМО ( $\sim 160$  тыс. св. лет) было невозможно до недавнего времени измерить очень слабое радиоизлучение пульсара, а регистрация рент-

геновских лучей лишь фиксировала его положение в пределах круга диаметром около 4". Это не позволяло идентифицировать его оптическое изображение.

В начале 1992 г. группа итальянских астрономов получила наиболее качественные снимки этой области неба. Несмотря на сравнительно сильный поток света от туманности, скрывающий почти все детали ее внутреннего строения, они впервые обнаружили два звездообразных объекта, отстоящих друг от друга примерно на 1,3". Однако эти наблюдения еще не позволяли установить, какой из объектов — пульсар. К однозначному определению положения пульсара привели эксперименты, выполненные в течение трех январских ночей 1993 г. на установке TRIFFID/MAMA, которая способна детектировать отдельные фотоны, попадающие в телескоп. Последовательно уточняя положение излучающего на частоте 19,838 Гц источника, удалось установить, что периодичность пульсации сильнее всего проявляется в малой области диаметром меньше 1". Независимые данные, полученные в разные дни наблюдений, дали совпадение лучше 0,2"; с такой же погрешностью положение пульсирующего источника совпадало с предсказанием итальянских астрономов. Столь точное совпадение и в положении, и в частоте позволили идентифицировать оптическое изображение пульсара. После трех месяцев обработки результатов астрономы объявили 10 мая 1993 г. о своем открытии. Объект получил обозначение PSR 0540-693 и был назван двойником Краба.

Звездная величина этого пульсара 22,5 (о его слабой светимости свидетельствует тот факт, что только около 2 фотонов в секунду регистрировалось во время наблюдения на телескопе NTT).

Это открытие очень важно для понимания физической природы пульсара: высокая точность определения его положения позволяет измерить удлинение периода пульсара, прецизионное значение которого в данном вопросе весьма существенно.

ESO. Press Release. 1993. 04/93.

## Геофизика

### Локатор для исследования полярных сияний

В январе 1993 г. представители научных учреждений Финляндии, Норвегии, Швеции, Франции, Германии и Великобритании подписали соглашение о совместном строительстве на о. Шпицберген (архипелаг Свальбард, принадлежащий Норвегии) мощной радиолокационной установки, предназначенной для изучения полярных сияний. Соглашение заключено в рамках Европейской ассоциации некогерентного рассеяния (European Incoherent Scatter Association — EISCAT).

Известно, что высокоширотные регионы представляют собой «окна», через которые выброшенные Солнцем высокоэнергетические частицы проникают в атмосферу Земли, где они могут вызывать свечение. Локатор будет посылать в верхнюю атмосферу мощные радиопульсы, а их отражение, зафиксированное наземными приемными устройствами, даст информацию о скоростях, ионном составе, плотности и температуре частиц солнечного происхождения.

Строительство радиолокатора, начатое весной 1993 г., намечено завершить к 1995 г., т. е. ко времени, когда вступит в строй спутниковая система «CLUSTER», создаваемая Европейским космическим агентством. И локатор и спутники этой системы предназначены для сбора данных о процессах возбуждения полярных сияний, но с различных «концов» силовых линий магнитного поля Земли. Движущиеся со сверхзвуковыми скоростями потоки высокотемпературной плазмы (солнечный ветер) взаимодействуют с магнитным полем Земли, генерируя электрические токи. Именно они, следуя вдоль магнитных силовых линий, приводят к ионизации атомов верхней атмосферы, в результате чего и возникает свечение.

На континентальной территории Норвегии уже существует станция некогерентного рассеяния, но с ее помощью мож-

но изучать эти эффекты лишь в средних широтах, тогда как потоки солнечного ветра подходят ближе к Земле в более высоких широтах. Шлицберген — одно из немногих сравнительно доступных для подобных наблюдений мест.

Предстоящие исследования должны расширить понимание природы и таких процессов, как магнитные бури, проявлением которых служат полярные сияния. Магнитные бури, как известно, нередко нарушают радиосвязь и энергоснабжение на значительных территориях (так, магнитная буря 13 марта 1989 г. привела к сильным помехам в радиосвязи и возбуждению полярных сияний, которые наблюдались даже во Флориде).

New Scientist. 1993. V. 137. N 1858. P. 8 (Великобритания).

#### Физика

### Особенности кристаллического строения высокотемпературной сверхпроводящей керамики

Высокотемпературная сверхпроводящая керамика (ВТСП) в смешанном состоянии обладает рядом необычных свойств, которые не могут быть объяснены в рамках старой концепции вихревого состояния в сверхпроводниках II рода. Измерения намагниченности показали, что этим материалам свойствен значительный гистерезис при низких температурах, означющий важную роль процессов пиннинга — явления притяжения вихревой нити к дефектам кристаллической структуры, что объясняется следующим образом. Если в образце имеется дефект размером порядка длины когерентности, то в случае проникновения магнитного поля в сверхпроводник энергия вихря будет ниже при попадании на дефект, поскольку уменьшатся затраты на разрушение сверхпроводимости в центре вихря. Критический ток (ток, разрушающий сверхпроводящее состояние и являющийся одним из основных технических пара-

метров) пропорционален силе взаимодействия дефекта с вихрем — пиннингу.

Первоначально ВТСП получали спеканием, в результате чего образовывалась керамика, состоящая из сверхпроводящих гранул с характерным размером порядка 10 нм. Модель гранулированного стекла, в которой сверхпроводящие гранулы связаны несверхпроводящими прослойками, неплохо описывает экспериментальные результаты. Оказалось, что и монокристаллы ВТСП, где нет отдельных гранул, обладают аналогичными свойствами в смешанном состоянии.

В связи с этим большой интерес представляет работа И. М. Михайловского, В. А. Кесонфонта, Е. В. Саданова и О. А. Великодной (Харьковский физико-технический институт), в которой методами полевой ионной микроскопии и масс-спектрометрии исследовался фазовый состав итриевой керамики.

Последовательный анализ изображений выявил в материале наличие микронеоднородностей размером 2—4 нм; их концентрация в отдельных образцах достигала  $2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ . Масс-спектрометрические измерения обнаружили области существенно различными спектрами полевого испарения. Обычные спектры испарения керамики представлены ионами  $\text{O}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Y}^{2+}$  или  $\text{Ba}^{3+}$ . В процессе полевого испарения выявлены отдельные участки, спектр испарения которых представлен лишь ионами  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{O}^+$ . Их размер по глубине составляет несколько атомных слоев.

Были также обнаружены протяженные участки со сложной структурой, ориентированные перпендикулярно плоскостям (001). Их толщина менялась от 2 до 20 нм, составляя в среднем 5 нм, что существенно меньше толщины двойниковых прослоек.

Так как линейные размеры обнаруженных кристаллических фаз сравнимы с длиной когерентности в ВТСП, они должны учитываться при рассмотрении моделей смешанного состояния и рассматриваться как эффективные центры пиннинга.

Письма в ЖЭТФ. 1993. Т. 57. С. 39.

#### Физика

### Новая нановолоконная углеродная структура

В последнее время физики заинтересовались каркасными шарообразными углеродными молекулами  $\text{C}_{60}$ . Это связано с их необычными физико-химическими свойствами и открытием в 1990 г. метода их получения в макроскопических количествах. Было обнаружено, в частности, что кристаллы  $\text{C}_{60}$ , легированные атомами щелочных металлов, обладают сверхпроводящими свойствами при довольно высокой критической температуре ( $T_c > 18 \text{ K}$ )<sup>1</sup>.

Группой исследователей из ВНИИ Физико-технических и радиотехнических измерений, МГУ и Института химической физики РАН обнаружена и изучена новая нановолоконная углеродная структура<sup>2</sup>. В ней атомы соединены в длинные макромолекулы в виде трубок диаметром 1 нм с «запавающими» концами, а трубки собраны в волокна диаметром 5 нм. На основе данных электронной и туннельной микроскопии сделан вывод, что эти углеродные структуры образованы трубеленами — трубообразными кластерами  $\text{C}_{60+18n}$ ,  $\text{C}_{36+12n}$  ( $n > 1$ ); каждый из трубеленов состоит из цилиндрического фрагмента графитовой поверхности, закрытого с обоих концов полусферами — половинками  $\text{C}_{60}$  фуллерена.

Пленки нановолоконного углерода толщиной от 0,01 до 10 мкм получали методом электронно-лучевого распыле-

<sup>1</sup> Подробнее см.: Жариков О. В. Фуллерены — материалы XXI века // Природа. 1992. № 3. С. 68—73; Kratschmer W., Lamb L. D., Fostiropoulos K., Huffman D. R. // Nature. 1990. V. 347. P. 354; Hebard A. F., Rosseinsky M. T. et al. // Nature. 1991. V. 350. P. 600.

<sup>2</sup> Косаковская Э. Я., Чернозатонский Л. А., Федоров Е. А. // Письмо в ЖЭТФ. 1992. Т. 56. С. 26; Хвостов В. В., Чернозатонский Л. А. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1992. Т. 56. С. 280; Чернозатонский Л. А., Федоров Е. А. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1993. Т. 57. С. 35.

ния высококачественного (99,99 %) реакторного графита в вакууме  $10^{-5}$  торр на подложку при комнатной температуре. В качестве подложек использовались полированные кремний, кварц, анодированный алюминий, графит и керамика. Поток атомов углерода создает в поверхностном слое подложки повышенное давление, и когда давление превышает 100 торр, начинается зарождение наиболее устойчивой кластерной структуры  $C_{60}$  фуллерена, однако постоянное поступление атомов углерода ведет к дальнейшему ее росту в направлении потока и формированию трубнообразной структуры.

Если атомы углерода падают на подложку под углом, возникают наклонные волокнистые структуры. Такие образцы позволили определить анизотропию свойств нановолоконных структур по термоэлектрическому эффекту: при потоке тепла  $1 \text{ кВт/м}^2$  образуется градиент температуры  $10 \text{ К/м}$ , что приводит к возникновению поперечной термоэдс  $5\text{—}7 \text{ мВ}$ . Новая структура обладает значительной проводимостью при комнатной температуре. В пленке толщиной  $0,3 \text{ мкм}$  с наклонной текстурой  $40^\circ$  отношение электрического сопротивления вдоль волокна к сопротивлению перпендикулярно ему составляет 1,4.

Электроннограммы пленок свидетельствуют о существовании оси шестого порядка в расположении атомов углерода на поверхности. Это подтверждает предложенную модель «крышки» нановолоконной трубки: шестиугольник из атомов углерода, окруженный шестью пятиугольниками.

В новых нановолоконных углеродных структурах можно ожидать анизотропию многих физических свойств. Предполагается, что путем допирования материалов можно получить сверхпроводящий переход при достаточно высокой температуре.

© А. А. Грищук  
Москва

## Секунда за три миллиона лет

В апреле 1993 г. в Национальном институте стандартов и технологии США вступили в строй одни из наиболее точных часов в мире, получившие наименование «NIST-7» (National Institute of Standards and Technology): они будут уходить вперед или отставать не более чем на 1 с за 3 млн. лет.

Другими точнейшими приборами хранения времени являются часы Национальной физической лаборатории в Теддингтоне (Великобритания) и Германской национальной лаборатории стандартов в Брауншвейге. Их точность составляет 1 с в 1 млн. лет.

Все эти механизмы основаны на измерении вибраций в излучении атомов цезия. Точность прибора «NIST-7», возможно, после испытательного периода будет еще повышена благодаря тому, что в нем на атомы цезия будет воздействовать не магнитное поле, как в других названных часах, а лазер.

Но мировым «рекордсменом» точности, по крайней мере на коротких временных отрезках, являются часы, которые для возбуждения атомов водорода используют лазеры (микроволновые лазеры): искажение их показаний лежит в пределах всего 1 с за 30 млн. лет.

New Scientist. 1993. V. 138. N 1871.  
P. 11 (Великобритания).

## Новые данные о патогенезе ВИЧ-инфекции

Как известно, между внедрением вируса иммунодефицита человека (ВИЧ) в организм и появлением клинических признаков СПИДа проходит достаточно много времени — от нескольких недель до нескольких месяцев. До сих пор единственной возможностью обна-

ружить заражение был комплекс методов, основанных на выявлении в крови человека антител к ВИЧ. И хотя точность и специфичность этих методов неуклонно повышаются, они все же остаются малозффективными в изучении самой ранней и, видимо, наиболее опасной стадии инфекции. Дело в том, что в этот период число инфицированных клеток крови невелико, и потому гуморальный противовирусный ответ очень слаб (или вообще не выявляется) и обнаружить сам вирус чрезвычайно трудно.

Какова же судьба вируса в этот скрытый, бессимптомный период инфекций? Еще недавно ответа на этот вопрос не было. В настоящее время два независимых международных исследования несколько прояснили ситуацию. Авторы провели сравнительный анализ периферической крови и лимфоидной ткани больных на ранней стадии инфекции, используя относительно недавно разработанный метод — полимеразную цепную реакцию (ПЦР). Этот метод позволяет напрямую определять специфические нуклеотидные последовательности генома вируса, не дожидаясь проявления активного иммунного ответа (массового образования антител).

Оказалось, что во всех изученных тканях (лимфатических узлах, аденоидах, миндалинах и лимфатических фолликулах) активность вируса была много выше, чем в периферической крови — число ВИЧ-инфицированных клеток в 5—10 раз больше. По мере развития инфекции количество инфицированных Т-лимфоцитов и макрофагов в лимфатической системе резко увеличивается, видимо, поэтому так мало вируса в крови. Связыванию ВИЧ с клетками лимфоидной ткани способствует образование иммунных комплексов (вируса с иммуноглобулинами - крови), которые прикрепляются к дендритным отросткам фолликул лимфоидной ткани. Затем происходит активная репликация вируса с последующим накоплением в лимфоидных тканях, а уже потом ВИЧ выбрасывается в кровь, вызывая массивный иммунный ответ.

Впечатление, что в ла-

тентный период вирус не активен, безуспешно сказывалось на тактике антивирусного лечения, которое рекомендовалось начинать при появлении клинических признаков болезни или значительном снижении количества Т-лимфоцитов (до уровня не менее 500 в 1 мм<sup>3</sup>). Новые данные ясно показывают, что во время клинически латентного периода инфекция активно прогрессирует, а состояние периферической крови истинного положения не отражает. Полученные результаты не только способствуют лучшему пониманию иммунопатологических механизмов развития ВИЧ-инфекции, но и требуют срочного пересмотра стратегии лечения СПИДа.

Nature. 1993. V. 362. P. 355—362 (Великобритания).

#### Медицина

### Эпидемия СПИДа в Азии в африканских масштабах

По последним данным ВОЗ (от 21 мая 1993 г.), вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ), вызывающим СПИД, инфицировано уже 14 млн. чел., а к 2000 г. на всей планете этим вирусом будет заражено около 30—40 млн. чел.

Самым пораженным регионом остается Африка, особенно страны, расположенные южнее Сахары. Там инфицировано ВИЧ более 8 млн. чел., из них больше половины — жители Восточной и Центральной Африки. В городах болен каждый третий взрослый, но вирус с ужасающей скоростью распространяется и в сельских районах. Не намного лучше положение на юге и западе Африки.

В Нигерии, где проживает пятая часть населения африканских стран, расположенных южнее Сахары, ВИЧ распространился по всей стране, особенно среди проституток (15—20 %).

На сегодняшний день у 1,75 млн. мужчин, женщин и детей стран Африки уже развился СПИД. Ожидается, что к концу нашего века общее число случаев СПИДа в Африке превысит 5 млн.

Специалистов беспокоит больше всего то, что эпидемия СПИДа в Южной и Юго-Восточной Азии распространяется так же быстро, как 10 лет назад в Африке. По данным ВОЗ, сейчас там инфицировано более 1,5 млн. взрослых, большая часть которых проживает в Индии и Таиланде.

В Латинской Америке и странах Карибского бассейна инфицировано также около 1,5 млн. чел. Будущее эпидемии в этом регионе в значительной мере зависит от того, как быстро вирус будет распространяться в Бразилии, где уже сейчас число случаев СПИДа больше, чем в любой другой стране, кроме африканских.

На среднем Востоке и в Северной Африке, по данным ВОЗ, инфицированы более 75 тыс. чел., в странах Восточной Европы и Центральной Азии — 50 тыс. взрослых.

World Health Organization. Press Release. 1993. N 38 (Швейцария).

#### Медицина

### Селен сдерживает развитие опухолей

Ученые Института биофизики Минздрава РФ и Института питания РАМН при поддержке Международного агентства по атомной энергии провели обширное экспериментальное исследование возможного влияния микроэлемента селена на возникновение опухолей, развивающихся под действием ионизирующей радиации в отдаленном периоде после облучения. В эксперименте 400 белых крыс подвергли радиационному воздействию, моделируя облучение, связанное с аварией на Чернобыльской АЭС.

Выяснилось, что облученные крысы, рацион которых был обогащен селеном, жили дольше, чем облученные, но не получавшие дополнительно селен. Авторы установили, что селен способен снижать (даже в отдаленном периоде после облучения) на 50 % частоту развития опухолей, вызванных ионизирующей радиацией, в том числе лейкемии, рака молочной железы, щитовидной железы и зло-

качественных опухолей некоторых других органов (гипофиза, легких, яичников, почек, печени). При этом сроки латентного (скрытого) периода опухолеобразования у крыс, получавших селен, были значительно больше, чем у тех, которые его не получали. Этот эффект сравним с нейтрализацией эффективной эквивалентной дозы не менее 200 бэр.

Полученные предварительные результаты позволяют ученым разработать рекомендации по обогащению селеном рациона питания населения, подвергшегося воздействию повышенных уровней ионизирующей радиации, особенно если поступление селена с пищей не достигает физиологического оптимума.

Медицинская радиология. 1993. № 2. С. 42—44.

#### Биохимия

### Неожиданные свойства азимины

Американские ученые во главе с Д. Л. Маклолином (J. L. MacLolin; Университет г. Лафайетта, штат Индиана), занимаясь в течение многих лет изучением растений, обладающих лечебными свойствами, обратили внимание на экзотическое растение, распространенное в Северной Америке, — азимину трехлопастную (*Asimina triloba*, сем. Annonaceae). Это невысокое листопадное дерево славится необыкновенным вкусом сочных сладких плодов. Исследователи установили, что незрелые плоды и ветви азимины содержат целую группу биологически активных соединений — ацетогенины (вещества, построенные из повторяющихся двухуглеродных единиц, которые ведут свое происхождение от уксусной кислоты). Экстракт из веточек азимины оказался высокотоксичным для насекомых, а для морских креветок он губителен в концентрации почти в 2 тыс. раз меньшей, чем стрихнин. На основе одного из выделенных ацетогенинов, асимидина, Маклолин планирует в ближайшие четыре-пять лет выпустить природные пестици-

ды, активные против личинок комаров, тли, листоедов, паутиных клещиков и нематод. Авторы уже получили патент на эти препараты.

Среди шести других полученных из азимины биологических активных веществ наибольший интерес представляет трилобагин, обладающий широким противоопухолевым действием. В экспериментальных условиях он подавлял рост культивируемых клеток лейкоза, рака легких, толстой кишки, яичников, печени, меланомы.

Не менее перспективны оказались два других ацетогенина, полученных из произрастающего на Кубе растения анноны (*Annona bullata*), близкого родственника азимины. Одно из этих соединений, буллатина, оказалось в миллион раз эффективнее известного онкологом препарата цисплатина. В настоящее время оба эти ацетогенина проходят клинические испытания в Национальном институте раковых заболеваний (США).

Science News. 1992. N 9. P. 143 (США).

#### Зоология

### Новый вид птицы киви

До сих пор полагали, что существуют только три вида птицы киви (*Arteryx*), встречающихся в Новой Зеландии. Теперь же Ч. Догерти (С. Daugherty; Университет им. Виктории, Веллингтон, Новая Зеландия) и А. Бейкер (А. Baker; Королевский музей провинции Онтарио, Торонто, Канада) сумели показать, что на самом деле этих видов четыре: то, что называли коричневым киви, на самом деле представляет собой два разных вида.

Новому виду присвоили название «токозка», заимствованное из языка аборигенов Новой Зеландии — маори. Это первый случай «пополнения» среди местных пернатых после 1948 г., когда было подтверждено существование птицы такаха.

Видовая самостоятельность токозки установлена ме-

тодом генетического анализа. Сопоставление ядерной ДНК птиц, принадлежащих различным популяциям коричневого киви, показало, что они не одинаковы.

Все коричневые киви с виду достаточно похожи, но биологов это уже не могло обмануть. Интересно, что ДНК птиц, населяющих Северный остров Новой Зеландии и район Окарито на Южном острове, оказалась одинаковой. Напротив, три популяции коричневого киви, живущие южнее — около Хааста, во Фиордланде и на о. Стюарт, генетически отличаются от «северянок», но сходны между собой. Как ни странно, этот генетический разрыв проходит по району Окарито на Южном острове, а не между двумя большими островами, образующими Новую Зеландию.

Анализ ДНК митохондрий указывает на то, что коричневые киви Фиордланда как вид сложились раньше других. Исследователи полагают, что предки коричневых киви откуда распространились в Окарито и лишь много позже заселили Северный остров. В период плейстоценового оледенения эти нелетающие птицы, вероятно, оказались изолированными в мелких популяциях, живущих на значительных высотах над уровнем моря. Будучи не в состоянии обмениваться генами, они начали развиваться независимо друг от друга и постепенно генетически разошлись, образовав отдельные виды.

New Scientist. 1993. V. 138. N 1873. P. 17 (Великобритания).

#### Этология

### Горилла и шимпанзе живут дружно

До сих пор приматологи считают, что горилла и шимпанзе должны постоянно находиться в состоянии конфронтации. Однако подобные утверждения были чисто теоретическими. Теперь они опровергнуты полевыми наблюдениями, которые провела группа научных сотрудников во главе с С. Судзуки

(S. Suzuki; Киотский университет, Япония) в заповеднике Ндоки (Заир).

Впервые «мирное сосуществование» представителей обоих видов было обнаружено, когда исследователи приблизились всего на 10 м к семье горилл, состоявшей из четырех особей. Как обычно в подобных ситуациях, огромные обезьяны стали «отпугивать» людей, барабанивая себя в грудь.

В тот же момент их примеру последовали девять шимпанзе, огласивших воздух громкими криками. Оказалось, что обе группы мирно паслись на одних и тех же фиговых деревьях, отнюдь не соперничая за пищу между собой.

Дальнейшие наблюдения показали, что это не исключение в жизни этих человекообразных, населяющих влажные тропические леса Африки. Местные жители подтвердили, что они нередко видели шимпанзе и горилл, живущих бок о бок, без проявления взаимной агрессии.

New Scientist. 1992. V. 135. N 1832. P. 5 (Великобритания).

#### Ботаника

### Няни и подопечные у растений

Читатели журнала «Природа» уже знают о существовании растений-нянь, вблизи которых поселяются и вырастают растения других видов<sup>1</sup>. Эта тема получила дальнейшее развитие: два исследователя из Швеции при изучении биологии небольшой осоки (*Carex bigelowii*) в субарктической тундре шведской Лапландии обнаружили, что ее всходы появляются и вырастают, как правило, в непосредственной близости к одному из двух распространенных здесь видов вечнозеленых кустарников — кассиопе четырехрядной (*Cassiope tetragona*) или вороники (*Empetrum hermaphroditum*)<sup>2</sup>. Если осоке и удава-

<sup>1</sup> Подробнее см.: Миркин Б. М. Растения-няни для кактусов // Природа. 1991. № 12. С. 109.

<sup>2</sup> Carlson B., Callaghan T. // J. of Ecology. 1991. V. 79. N 4. P. 961—973.

лось выжить без этих растений-нянь, то ее кустики были низкорослыми, ослабленными, с короткими листьями. Авторы попытались выяснить механизм благоприятного действия няни на своих подопечных, высевая семена осоки на открытых местах, под полог кустиков-няни, под защиту небольших деревянных щитов или на удобренные участки. Выяснилось, что вечнозеленые кустарники защищают всходы и проростки осоки от действия холодных ветров. Под пологом кустиков заметно теплее, чем в окружающей тундре, и почва плодороднее.

Одновременно со шведскими мексиканские исследователи проверили несколько гипотез, объясняющих, почему всходы кактуса *Neobuxbaumia tetetzo* появляются непосредственно под пологом либо других видов кактусов, либо кустарников<sup>3</sup>. Предполагалось, что растения-няни могут способствовать концентрации семян этого кактуса у своих стволов, укрывать от травоядных животных, предохранять от заморозков, защищать от прямой солнечной радиации или снижать температуру почвы.

Для выявления главного фактора опеки в мексиканской пустыне, в долине Теуакан ученые провели обширную серию опытов с посевом семян кактуса под полог его основного растения-няни — мимозы луизианской (*Mimosa luisiana*). Параллельно было изучено пространство еще пяти видов других кактусов и одного вида молочая (*Pedilanthus macrocarpus*) в естественных условиях пустыни Нижней Калифорнии и Соноры. Во всех случаях оказалось, что растение-няня улучшает условия произрастания для своих подопечных главным образом за счет снижения прямой солнечной радиации и уменьшения дневной температуры. Характерно, что всходы кактусов и молочая появлялись, как правило, с северной стороны от своих нянь.

Все это приводит к выводу, что отношения типа «няня — подопечные» встречаются в мире растений гораздо чаще, чем

принято считать, и не только в пустыне и тундре. Можно вспомнить о растениях-нянях наших умеренных широт — березе и осине. Хвойные породы, и в первую очередь ель, плохо возобновляются на открытых местах. Поэтому вырубки первоначально зарастают березой или осиной, и только затем под их пологом начинают появляться ели. Но в этом случае есть две особенности. Одна состоит в том, что опека носит групповой характер, т. е. сразу вся популяция березы выступает как няня по отношению ко всей популяции всходов и молодого подростка ели. И другая особенность — отношения няни и подопечных не всегда гладкие: в период зимних ветров гибкие ветки берез охлестывают хвою с молодых елочек или сосенок. Ну, розга в педагогике не новость, и лучше выживают те елочки, которые поселились от своих нянек чуть подальше, вне досягаемости их гибких ветвей.

© Ю. А. Злобин  
г. Сумы

Ботаника

## Растения защищаются

В процессе сопряженной эволюции насекомых и растений, у последних возникли разнообразные, нередко удивительные по своему совершенству морфологические и физиологические адаптации к совместному обитанию в природных сообществах. В последнее время в растениях обнаружены различные физиологически активные вещества, которые способны нарушать нормальный онтогенез насекомых, изменять их поведение, подавлять размножение. Оказалось, что действие этих природных соединений основано на их способности влиять на функциональную активность эндокринных органов насекомых или на те процессы, которые регулируются гормонами. Так, было открыто, что в растениях синтезируются аналоги ювенильного гормона и гормонов линьки, а также ингибиторы синтеза этих важнейших морфогенетических гормонов насекомых<sup>1</sup>.

С каждым годом отрицательные последствия применения пестицидов, загрязняющих окружающую среду и продукты питания, становятся все более очевидными, поэтому, естественно, во многих странах мира ведется активный поиск экологически чистых средств борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства и изучение природных механизмов защиты растений от насекомых.

Недавно группа американских исследователей во главе с Б. Биндером (B. Binder; Университет штата Аризона) исследовала гормональную активность экстрактов девяти видов деревьев рода *Nema* семейства *Hydrophyllaceae* из разных, преимущественно южных и юго-западных штатов США<sup>2</sup>. Биологическое тестирование, газохроматографический анализ и масс-спектрометрическое исследование экстрактов из различных тканей этих деревьев позволили обнаружить интереснейший факт — наличие в одном и том же растении физиологически активных веществ с прямо противоположным для насекомых гормональным действием. Так, у *N. sandwicense* найдено соединение с активностью ювенильного гормона и одновременно ингибитор синтеза этого гормона — прекоцен-2. Ювенильный гормон — один из основных морфогенетических гормонов насекомых, участвующий и в процессах, связанных с их размножением. Однако защитная роль природных соединений, действующих на насекомых аналогично ювенильному гормону, довольно ограничена, поскольку насекомые чувствительны к избытку ювенильного гормона лишь в последнем личиночном возрасте, когда он не синтезируется в их эндокринных органах. В отличие от этого ингибиторы синтеза ювенильного гормона — прекоцены — способны нарушать нормальное развитие (вызывать стерилизацию, преждевременный метаморфоз и другие морфогенетические нарушения) на протяжении всего онтогенеза (кроме

<sup>3</sup> Valiente-Banuet A., Ezcurra E. // J. of Ecology. 1991. V. 79. N 4. P. 973—983.

<sup>1</sup> Bowers W. S. et al // Science. 1976. V. 193. N 4253. P. 542—547.

<sup>2</sup> Binder B. F. et al. // Experientia. 1991. V. 47. N 2. P. 199—201.

преимагинальных стадий). Именно поэтому прекоцены способны более эффективно, чем аналоги ювенильного гормона, защищать растения. До настоящего времени ни в одном виде растений не было обнаружено вещества, проявляющих гормональную активность противоположных типов. Учитывая селективность действия этих соединений, можно с уверенностью полагать, что таким способом достигается защита растений от большого числа насекомых-фитофагов. Любопытно, что из девяти исследованных видов рода *Nema* в трех обнаружена активность или ювенильного или антиювенильного гормона, а в одном — соединения обоих типов.

Однако особенно важно то, что впервые установлено существование в пределах вида популяционной изменчивости в содержании прекоцена-2 у растений, обитающих в разных географических частях ареала. Так, если у *N. hispidum* из штата Нью-Мексико содержание прекоцена-2 невелико, то в штате Аризона его содержание в растениях на два порядка выше, чем у этого же вида в Нью-Мексико, и составляет 0,5 % сухого веса. Популяционные различия между растениями этого вида в названных штатах не ограничиваются резкими различиями в содержании прекоцена, они имеют разную фенологию, различны по внешнему виду, а самое важное — резко отличаются по повреждаемости фитофагами. Однако связано ли это с генетическими различиями популяций этих растений или же с разницей в условиях обитания, пока не ясно.

Таким образом, возникшая в процессе адаптации к среде внутривидовая дифференциация этого прекоценосинтезирующего растения является экспериментом, поставленным самой природой, который показал защитную роль синтезируемых в растениях антиювенильных соединений. Очевидно, что интереснейшее исследование открывает новые подходы к поиску природных экологически чистых средств защиты растений, которые подавляют развитие и размножение насекомых-фито-

фагов, нарушая функциональную активность их эндокринной системы.

© Е. Н. Поливанова,  
доктор биологических наук  
Москва



Экология

## Экологическая «бомба» замедленного действия

Прошло около пяти лет с тех пор, как в водах залива Принс-Вильям, омывающих Аляску, потерпел аварию танкер «Эксон Вальдес» и за борт вылилось около 38 тыс. т сырой нефти. Катастрофа эта была не столь уж велика по сравнению с другими, и она привлекла к себе внимание мировой общественности скорее тем, что произошла в районе, до тех пор мало загрязненном промышленными отходами. Тревогу вызывало и то, что природа полярной области, где это случилось, справедливо считается легко уязвимой и восстанавливается длительные время.

Тем не менее страсти сразу же улеглись, как только видимые следы катастрофы стали менее заметны. Большой неожиданностью стали доклады экологов, орнитологов, зоологов — специалистов по морским млекопитающим, прозвучавшие на специальной конференции, состоявшейся в Анкоридже (штат Аляска, США) в феврале 1993 г.

Зоолог К. Фрост (К. Frost; Управление рыболовства и охоты штата Аляска, Джуно) сообщила о результатах четырехлетних наблюдений за состоянием и поведением популяции тюленей, населяющих залив Принс-Вильям. Когда нефтяное пятно достигло мест их обитания, они никак на это не реагировали, не пытались даже отплыть. В результате кожа тюленей покрывалась слоем нефти, самки рожали детенышей на загрязненном берегу, тюлени выглядели сонными и больными.

У выбракованных особей обнаружилась отечность мозга, особенно заметная в зрительном бугре. Известно, что такая же патология характерна для людей, скончавшихся в резуль-

тате отравления растворителями. Заболевшие тюлени теряли ориентацию в воде, у них нарушалось дыхание, и, вероятно, многие из них утонули. Хотя число погибших установить было невозможно, так как тело мертвого тюленя всегда погружается на дно, установлено, что в 1992 г. количество этих животных сократилось после катастрофы на 35 %.

Та же причина, видимо, вызвала внезапное исчезновение касаток, постоянно населявших залив Принс-Вильям. Из 36 особей одной только группы касаток всего за неделю после появления нефти исчезло семь. Специалист по китообразным К. Маткин (С. Matkin; Северное океанологическое общество) уверен, что они просто погибли, вдыхая токсические вещества, выделявшиеся с поверхности нефтяного пятна.

Предполагая, что морские выдры (каланы) пострадают от гипотермии, когда нефть пропитает их шкуру, ученые отлавливали и тщательно отмывали их от нефти. Но каланы все равно погибли от эмфиземы легких, повреждений печени и почек. Некоторые особи не смогли перенести стресса, вызванного отловом и очисткой их тела. Б. Баллачи (В. Ballachey; Управление рыболовства и охраны природы США) изложила статистические данные о причинах и обстоятельствах смерти каланов, переживших катастрофу. Если до катастрофы погибало 15 % животных, принадлежавших к половозрелому возрасту, то в 1989 г. их было 44 %, а в 1990 и 1991 гг. — 43 %. Это означает, что действие нефти на организм проявляется в течение долгого времени.

Но больше всего пострадали пернатые. В результате катастрофы погибло около тысячи белоголовых орланов (*Haliaeetus leucoscephalus*), причем в 1989 г. у переживших катастрофу не появилось ни одного птенца. Так как раньше эти места были перенаселены птицами данного вида и здесь шла «конкуренция» за подходящее для гнездовья место, то пустующие гнезда заняли «пришельцы», и в 1990 г. был значительный «всплеск» рождаемости.

Другим пернатым пришлось хуже. Например, кайры (*Uria*) потеряли сотни тысяч особей. Многие их колонии по сей день пустуют или совсем не имеют птенцов. В других потомство стало появляться на месяц позже, чем обычно, и молодые птицы погибали в период зимнего шторма. Эти наблюдения сделал орнитолог М. Фрай (M. Fry; Университет штата Калифорния, Дейвис, США).

New Scientist. 1993. V. 137. N 1860.  
P. 5 (Великобритания).

#### Охрана природы

### Моллюски переезжают

Жители многих тропических островов в Тихом океане традиционно используют в пищу крупных морских двустворчатых моллюсков семейства *Tridacnidae*, населяющих прибрежные воды. Однако в последние 20 лет браконьерство привело к тому, что во многих акваториях (в частности, у берегов о-вов Фиджи и Тонга) эти животные полностью исчезли.

Ученые во главе с Дж. Лукасом (J. Lukas; Университет им. Джеймса Кука, Таунсвилл, штат Квинсленд, Австралия) вырастили на о. Орфеус около 50 тыс. особей этого моллюска, одновременно исследуя его образ жизни и репродуктивные особенности.

Теперь населенность острова моллюсками стала слишком плотной. Животные затевают друг друга, препятствуют свободному притоку воды и пищи, а при раскрывании створок часто ударяются друг о друга.

В связи с этим по инициативе университета был создан международный проект «Clam-saver» по спасению моллюсков, в котором приняли участие представители восьми стран этого региона. В течение семи лет специалисты анализировали состояние среды и возможные последствия тех или иных операций, направленных для возобновления исчезающих популяций и ликвидации перенаселенности на о. Орфеус. В июне 1992 г. корабль военно-морского флота Австралии и их экипажи были привлечены к операции «Clam-saver», в ходе которой более

8,5 тыс. животных под контролем биологов были перевезены к хранимому в тайне месту на Большом Барьерном рифе, опоясывающем почти все восточное побережье страны.

На о. Орфеус осталось около 35 тыс. моллюсков, которые пока не страдают от перенаселенности. Дальнейшие наблюдения, которые теперь ведут сотрудники Морского парка Большого Барьерного рифа, покажут необходимость новой эвакуации животных. Выполняя спасательный проект, ученые открыли новый вид двустворчатых — *Tridacna fevoroga*, который населяет глубоководье. Кроме того, были лучше изучены уже известные науке виды, например, обнаружилось, что одна из тридаки за сезон может выметать до 1 млрд. икринок, — такой плодовитости, кажется, никто еще не наблюдал ни у кого из живых существ в мире. Оказалось также, что представление, согласно которому моллюски становятся взрослыми лишь через десятилетие после появления на свет, ошибочно.

В будущем ученые намерены исследовать процессы распространения жизни от одного участка рифа к другому. Перед переселением у моллюсков была изучена генетическая структура отдельных особей. Это позволит проследить родственные связи потомства с «предками», находящимися уже вдалеке друг от друга. Станет ясно, какие именно из коралловых рифов послужили источником распространения представителей морской фауны и флоры.

New Scientist. 1993. V. 138. N 1870.  
P. 8 (Великобритания).

#### Геология

### Новая астроблема!

Согласно астрономическим данным о количестве проходящих сравнительно близко от Земли астероидов и комет, следует считать, что за последние 100 млн. лет в результате их столкновений с нашей планетой на ее поверхности должны были остаться десятки кратеров поперечником более 30 км каждый. По вычислениям раз-

личных исследователей выходило, что таких кратеров должно быть от 40 до 160. Однако геологам известны лишь четыре подобных образования, что, помимо прочего, ставит под сомнение гипотезу, в соответствии с которой именно такие астрономические события повлекли за собой массовое вымирание множества видов растений и животных.

Недавно норвежский геолог С. Т. Гудлаугссон (S. T. Gudlaugsson; Университет в Осло), изучая материалы сейсмического зондирования дна Баренцева моря, пришел к заключению, что в точке с координатами 73° 48' с. ш., 29° 40' в. д., примерно на равном расстоянии между северной оконечностью Скандинавского п-ова и архипелагом Свальбард (Шпицберген), находится кратер астрономического происхождения. Он залегает на глубине 400 м под поверхностью морского дна, имеет диаметр 39 км, весьма характерную центральную горку и окружен широким поясом нарушенных геологических структур. Хотя бурение здесь не велось, однако сопоставление отраженного сейсмического сигнала со слоями пород в колонках керна, поднятых в других местах, позволяет оценить возраст этого кратера. По-видимому, падение породившего его астероида произошло 161—125 млн. лет назад, т. е. в конце юрского или начале мелового периода, когда Свальбард был под водой.

Гудлаугссон полагает, что небесное тело имело поперечник от 0,7 до 2,5 км и нанесло удар в мелководье, нарушив слой осадков толщиной около 5 км. В этом слое должны сохраниться обломки пород, выброшенных при падении астероида. Энергия удара была примерно эквивалентна той, что выделилась бы при взрыве  $5 \cdot 10^4$ — $8 \cdot 10^5$  Мт тринитротолуола. Падение вызвало гигантскую волну цунами.

Связь между этим событием и массовыми вымираниями организмов не просматривается.

Новооткрытый кратер требует подробного исследования с использованием бурения и всего арсенала геофизических средств.

Это открытие, а также недавнее обнаружение Мансонского кратера в штате Айова (США) и Чикскулубского кратера на п-ове Юкатан (юго-восточная Мексика) указывают, что нам еще не известны многие подобные структуры.

Geology. 1993. V. 21. N 4. P. 291 (США).

#### Геофизика

### Проект глубинного бурения в Калифорнии

Группа американских геофизиков из Станфордского университета, Ливерморской национальной лаборатории им. Э. Лоуренса и Геологической службы США разрабатывает проект глубинного бурения в пределах разлома земной коры Сан-Андреас (Калифорния), известного своей высокой сейсмической активностью.

В этом районе, давно служащем для сейсмологов «полигоном», предполагается пробурить скважину глубиной около 10 км, что позволит измерить давление флюидов в породах местных геологических пород. Согласно предположениям, именно такое давление создает в зоне разлома «слабые точки» и дальнейшее его повышение может приводить к землетрясениям.

Диаметр будущей скважины 20 см, что позволит, помимо измерения давления, брать образцы глубинных пород и определять область, из которой поступает флюиды.

Некоторые специалисты высказывают опасения, что бурение в зоне разлома может спровоцировать землетрясение, прогнозируемое сейсмологами в этом районе. Однако большинство все же отвергает такой исход, указывая, что на состояние разлома и без того постоянно влияют приливные силы Луны, по сравнению с чем вмешательство человека пренебрежимо мало. Таково, в частности, мнение геофизика М. Зобака (M. Zoback; Станфордский университет).

Предполагаемая стоимость проекта 50 млн. долл.

Если эти средства будут теперь изысканы, бурение может начаться в 1996 г. и будет продолжаться около шести лет.

New Scientist. 1993. V. 138. N 1871. P. 8 (Великобритания).

#### Вулканология

### Атмосферные осадки и вулканическая активность

Вулкан Сент-Хеленс (штат Вашингтон, крайний северо-запад США), казалось бы, утихомирившийся после катастрофического взрывного извержения в октябре 1986 г., которое унесло десятки человеческих жизней и привело к миллиардным убыткам, начал с декабря 1989 г. проявлять несколько необычную активность, вызвавшую дискуссию среди специалистов.

В самом конце 1989 г. группа геологов, поднявшихся к кратеру, обнаружила в свежем снеговом покрове вершины два тонких слоя пепла — свидетельство недавних небольших выбросов. Отмечено «вспучивание» с северной стороны вулканического купола и образование здесь двух новых глубоких расщелин. Дождливым утром 6 января 1990 г. сейсмометры зарегистрировали характерный для взрыва сигнал, длившийся 3 ч. В десятках километров от горы на крышах домов и автомашин осел тонкий слой пепла. Один участок на склоне сметился на 1,45 м и погрузился на 0,8 м. Дно кратера оказалось усыпано свежими выбросами, похоронившими установленную там измерительную аппаратуру. В течение следующих 10 мес. на Сент-Хеленсе произошло еще 11 взрывов. На юго-восточной части вершины возник новый кратер диаметром 30 м и глубиной 5—10 м. Потоки лавы свалили 6-метровую стальную антенну автоматической сейсмостанции, успевшей, однако, определить их скорость — 104 км/ч. Вылетавшие из жерла каменные глыбы достигали в поперечнике 2 м; столб пепла поднялся на высоту 6500 м.

Вулкан продолжал неистовствовать и в 1991 г., хотя ни один из взрывов по силе и отдаленно не напоминал катастрофу 1986 г.: 5 февраля он погубил заново установленные сейсмоприборы с восточной стороны купола; столб изверженных материалов поднялся на высоту 1800 м и сперва был белым, а через 2—3 мин приобрел темно-серую окраску; на горе Адамс, что в 55 км, снег покрылся пеплом.

Выброшенный взрывами пепел был образован частицами породы, слагающей купол вулкана, а это указывает, что взрывы происходили в неглубоко залегающей гидротермальной системе. Связано ли это с просачиванием грунтовых вод в участки, прилегающие к магматической камере, где они резко разогреваются и, превратившись в пар, взрывообразно выделяются на поверхность? Или такой эффект создают атмосферные осадки и талые воды, которые соприкасаются с раскаленными породами, проникнув туда через многочисленные расщелины? И почему столбы пепла и пара возникали не при каждом из подобных событий?

Изучающие весь этот комплекс событий сотрудники Геологической службы США во главе с Л. Мэстином (L. Mastin; Ванкувер, штат Вашингтон) искали связь нынешней активности Сент-Хеленса с атмосферными осадками. Небольшие сейсмические сигналы взрывного типа можно приписать или гейзерообразным выбросам перегретых грунтовых вод, превратившихся в пар, или бурному выходу магматических газов при остывании содержащей их расплавленной породы. В случае же, если источником событий были атмосферные осадки или талые воды, то отмеченные явления должны происходить по преимуществу в дождливую погоду. Показание осадкометров в радиусе 30 км от Сент-Хеленса позволяют проверить такую гипотезу.

По данным ближайшей метеостанции (8 км от лавового купола), все шесть крупнейших выбросов пепла происходили в течение 15 мин после сильного ливня (наибольшее количество осадков 11,9 см, наименьшее — 3,3 см). Четыре слу-

чая выброса пепла были зарегистрированы в течение 24 ч после конца ливня, а два произошедшие в особенно холодную погоду (декабрь 1989 и 1990 гг.) — через 57 и 66 ч после выпадения снега. Вероятность того, что такая последовательность событий — чистая случайность, не превышает 1:100 тыс.

Однако в отдельных случаях (август 1989, март, апрель и сентябрь 1990 г.) сейсмические события происходили спустя несколько суток или даже недель ясной погоды. Связать эти события с метеоусловиями не удается. Возможно, они вызваны тем, что с раскаленной породой приходила в соприкосновение влага, ранее скопившаяся внутри вулканического купола. Этому могут способствовать быстрые раскрытия и захлопывания существующих трещин и расщелин: вода, мгновенно проникнув в разогретые участки, тут же испаряется.

В ходе дискуссии высказаны соображения о необходимости установить вблизи купола Сент-Хеленс дополнительные автоматические дождемеры, термометры с телеметрическими устройствами, микробарометры, регистрирующие слабые взрывы вулканического происхождения.

Earthquakes and Volcanoes. 1992. V. 23. N 2. P. 58—76 (США).

#### Вулканология

### «Хищный» вулкан Ясур

Капитан Дж. Кук, открывший в юго-западной части Тихого океана о-ва Новые Гебриды (ныне — Республика Вануату), в 1774 г. записал в судовой журнал, что на о. Танна (19°51' ю. ш. и 169°43' в. д.) находится действующий вулкан Ясур. С тех пор Ясур много раз то погружался в «дремоту», то опять бурно пробуждался.

В октябре 1992 г. на его вершину поднялись французские ученые во главе с М. Ларди (M. Lardy; Европейская вулканологическая ассоциация, Париж). С близкого расстояния они наб-

людали сильные взрывы в северной части кратера и выбросы лавы, комки которой достигали кромки кратера. Каждый взрыв сопровождался густым облаком пепла, а также клубами пара, которые, однако, вскоре исчезли, так как долго не было дождей.

За 3 ч вулканологи зарегистрировали 21 землетрясение. Они обнаружили также, что площадь расположенного рядом оз. Сиви сократилась по сравнению с началом месяца примерно на треть, а вытекавшая из него речка полностью исчезла. Несомненно, это результат бурной активности вулкана.

Анализ пород, выполненный радиоуглеродным методом, свидетельствует, что Ясур действует подобным образом по крайней мере на протяжении 800 лет.

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. 1993. V. 18. N 1. P. 5 (США).

#### Вулканология

### Этна не успокаивается

В январе 1993 г. извержение на юго-восточном склоне вулкана Этна превысило по длительности все прежнее, перевалив за 372 сут. В XX в. столь продолжительных периодов активности Этны еще не было. Правда, кратер Северо-Восточный на самой вершине горы может действовать годами, как это отмечалось, например, с мая 1957 по февраль 1964 г. или с сентября 1975 по январь 1977 г.

Сейчас по юго-восточному склону стекает поток лавы из пяти молодых сваежин, находящихся на высоте между 1600 и 1900 м над ур. м. Общий объем излившейся лавы уже превысил 280 млн. м<sup>3</sup>.

3 февраля 1993 г. в Северо-Восточном кратере раздался сильный взрыв и оттуда начали вылетать куски старой лавы; тонкий слой пепла покрыл снег вокруг вершины; масса истекшего сероводорода еще до взрыва, в декабре 1992 г., временами достигала 7 тыс. т в сутки.

Между 12 января и 15 февраля сейсмологи зарегистрировали 125 местных землетрясений, хотя все они были слабыми (наиболее сильное имело магнитуду 3,4 по шкале Рихтера). За один только день 3 февраля отмечено 23 подземных толчка. За событиями следят сотрудники Международного института вулканологии (Катания, Италия), Института геологии и геофизики Катанийского университета и Везувийской обсерватории (Неаполь).

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. 1993. V. 18. N 1. P. 6 (США).

#### Сейсмология

### Дом на сферических подшипниках

Опубликованы результаты стеновых испытаний, проведенных в Сейсмоинженерном центре при Университете штата Калифорния (Беркли, США) под руководством В. Заяса и Н. Амина (V. Zayas, N. Amin). Макет здания, в основании которого находятся сферические подшипники, изготовленные из стали особого сорта, в состоянии без каких-либо повреждений переносить до 200 «землетрясений», искусственно воспроизведенных на вибрационном стенде (их магнитуда равна 8 по шкале Рихтера). Такое же контрольное сооружение на обычном фундаменте было сильно разрушено всего после трех слабых толчков.

Сферические подшипники укладываются в середине вогнутых опорных чаш. Вся масса здания опирается на эти подшипники, но в случае подземного толчка чаши под ними могут свободно перемещаться в горизонтальном направлении, а само сооружение способно, таким образом, несколько приподниматься и опускаться. Подшипники весьма эффективно предохраняют здание от мощных вибраций: шары, покрытые тефлонообразным композитным веществом, при таком воздействии деформируются, рассеивая энергию толчка. Как показали измерения, подобные устройства на 80 % снижают на-

## Эль-Ниньо преподносит сюрприз

Прошло несколько десятилетий с тех пор, как океанологи, метеорологи и климатологи идентифицировали явление Эль-Ниньо — крупномасштабное потепление вод в тропических районах Тихого океана и атмосферы над ними, приводящее к катастрофическим последствиям даже в весьма удаленных от них областях. Повторяющееся обычно раз в три-четыре года, Эль-Ниньо резко изменяет направление морских течений, вызывает засуху в обычно влажных районах Индонезии и Австралии, нарушает сложившуюся за тысячулетия систему муссонов в Индии и Восточной Африке, приводит к возникновению штормов у берегов многих тихоокеанских островов и к ливневым дождям в пустынях западного побережья Южной Америки.

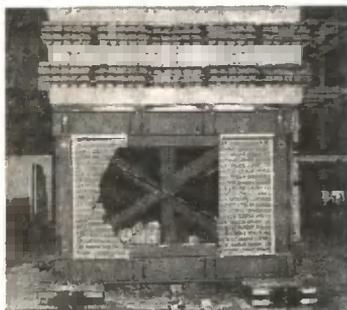
Как правило, каждое Эль-Ниньо охватывает период длительностью не более полугода лет. Последние случаи его появления в 1986 и 1991 гг. были с достаточной точностью и заблаговременностью в несколько месяцев предсказаны С. Зебиаком (S. Zebiak; Геологическая обсерватория им. Ламонта и Доэрти при Колумбийском университете, Палисейдс, штат Нью-Йорк, США). Затем со своим коллегой М. Кейном (M. Cane) они, вопреки утверждениям других специалистов, выработали правильный прогноз, согласно которому Эль-Ниньо в 1990 г. не будет, несмотря на ряд благоприятных для его возникновения условий. Все это позволяло специалистам быть уверенными, что созданные ими математические модели Эль-Ниньо верны. Однако события весны 1993 г. развились неожиданно образом, опровергнув такую уверенность.

Согласно данным Центра климатологического анализа США, в самом конце 1990 г. внезапно началось новое потепление в тропической зоне

Тихого океана. К началу 1992 г. оно, казалось, достигло апогея и резко прекратилось в середине того же года. Однако в ноябре вместо ожидавшегося затишья возобновились все признаки ярко выраженного Эль-Ниньо, проявлявшиеся затем в течение всей весны в Северном полушарии. Еще в конце 1992 г. на реках маловодной южной части штата Калифорния возникли неожиданные паводки, многие реки вышли из берегов, затопив населенные пункты и приведя к человеческим жертвам. В Андах прошли ливни, вызвавшие катастрофические наводнения, от которых в апреле 1993 г. только на территории Колумбии погибло около 100 человек; нанесен значительный ущерб экономике. Далее события развивались, хотя и «несвоевременно», но вполне по обычной для Эль-Ниньо схеме.

Г. Бигг (G. Bigg; Школа по изучению природной среды при Университете Восточной Англии, Норидж, Великобритания) признает, что таким ходом событий нанесен серьезный удар математическому моделированию климата. Он полагает, что сейчас возникли условия, аналогичные тем, что имели место с 1939 по 1941 г.: тогда «не опознанное» еще учеными Эль-Ниньо продолжалось необычно долгое время, вызвав засуху и страшный голод в Бенгалии (ныне — Бангладеш и крайний северо-восток Индии), от которого умерли миллионы людей. По мнению Бигга, тогдашние события были частью крупной климатической аномалии в бассейне Тихого океана, продолжавшейся с 1937 по 1946 г. Некоторые характеристики тех явлений можно, видимо, назвать типичными для «продленного» Эль-Ниньо. Повторятся ли они в 1993 г. — покажет время.

По мнению ряда исследователей, нынешняя интенсификация Эль-Ниньо обусловлена глобальным потеплением: ведь начальный эпизод развития Эль-Ниньо — это всегда необычный разогрев вод в западной части тропической зоны Тихого океана; сейчас это еще более вероятно, чем в минувшие десятилетия. Если верна такая ги-



Лабораторные установки: непо-  
врежденная экспериментальная  
[вверху] и контрольная, разру-  
шенная при искусственных толчках  
[внизу].

пряжения, испытываемые зданием.

Прежде с такими же целями в основание некоторых сооружений закладывали резиновые изоляторы. Однако, по мнению специалистов, новая система значительно эффективнее, а кроме того, стальные подшпипники устанавливать легче.

Испытания в реальных условиях проводятся в Сан-Франциско (штат Калифорния): установка из 256 стальных сферических подшпипников подведена под здание апелляционного суда — крупного сооружения, которое не имело противосейсмической защиты и заметно пострадало во время землетрясения 1989 г.

New Scientist. 1993. V. 138. N 1873.  
P. 21 (Великобритания).

потеза, следовательно, возможность возобновления или продления Эль-Ниньо возрастает.

New Scientist. 1993. V. 138. N 1872. P. 7 (Великобритания).

Климатология

**«Подземное» подтверждение общего потепления**

Д. Бейкер и Д. Раши (D. Baker, D. Ruschy; Университет штата Миннесота, Сент-Пол, США) в течение ряда лет проводят подземные температурные измерения на глубине 12,8 м. Полученные ими данные показывают, что с 1963 по 1990 г. температура ежегодно повышалась в среднем на 0,041 °С. Это мало чем отличается от атмосферных показаний, полученных на двух близлежащих метеостанциях: потепление за тот же период в среднем составляло 0,049 и 0,35 °С в год. Однако надо иметь в виду, что подземные показания в меньшей степени, чем атмосферные, подвержены межгодовым и межсезонным колебаниям и поэтому точнее позволяют определять общую долгосрочную тенденцию климата.

Вместе с тем авторы предостерегают от простой экстраполяции таких данных. Они полагают, что лишь со временем, по мере накопления более длинного ряда наблюдений, ценность этой информации возрастает до той степени, когда уверенно можно будет делать далеко идущие выводы.

Тем большее значение приобретает распространение метода подземного измерения хода температур на Земле.

Geophysical Research Letters. 1993. V. 20. P. 371 (США); New Scientist. 1993. V. 138. N 1873. P. 17 (Великобритания).

Организация науки.

Гляциология

**Моделирование гляциологических процессов**

Европейский комитет по океанологическим и полярным

исследованиям разработал новую научную программу — EISMINT (European Ice Sheet Modelling Initiative — Европейская инициатива по моделированию ледникового покрова). Она призвана во всей полноте раскрыть ту роль, какую играет оледенение в глобальной климатической системе. При этом ставятся три основные цели: математически воспроизвести динамику и характеристики ныне существующих на Земле масс льда в соответствии с реальными наблюдениями; моделировать динамику оледенений геологического прошлого во взаимодействии с другими изменениями природной среды и в соответствии с имеющимися палеоданными; построить модель развития оледенений в будущем с учетом предстоящих изменений природной среды.

Аналогичные работы велись и ранее в некоторых странах Западной Европы, в бывшем СССР, в США и Австралии, но, как правило, они были разрозненны и ограничивались узкими задачами. Новая программа впервые объединит на широкой основе усилия специалистов многих стран.

Программа EISMINT предусматривает исследования по таким проблемам, как: физика льда, его термомеханическая реакция на крип (сползание) и разламывание; подледниковый сток, скольжение, эрозия; взаимодействие льда с океаном на примере шельфа Фильхнера-Ронне (Антарктида), по которому уже собран (главным образом европейскими гляциологами) большой массив данных. Предстоит изучить физические процессы, контролирующие обмен массами и энергией на границе ледника с океаном, что полезно для создания трехмерной модели общей циркуляции Мирового океана. Ставится также задача исследовать взаимодействие льда с атмосферой при учете состояния окружающей среды; составить перечень существующих метеорологических моделей, которые в состоянии отражать баланс ледников, и сравнить, насколько точно они воспроизводят различные геофизические переменные (мощность ледника, скорость его движения и т. п.).

Программа осуществляется под эгидой Европейского научного фонда (Страсбург, Франция); в который входят различные научные объединения 54 стран Европы. Руководящий научный комитет возглавляет К. Доак (С. Doake; Управление антарктических исследований Великобритании, Кембридж). В состав комитета входят представители Швейцарии, Исландии, Бельгии, Франции, Германии, Нидерландов, Дании и Италии.

Communications. The Journal of the European Science Foundation. 1993. N 28. P. 22 (Франция).

География

**Дрейф ледяного гиганта**

В сентябре 1986 г. от шельфового ледника Фильхнера в Антарктиде (около 600 км к востоку от Антарктического п-ова) откололся гигантский участок площадью около 13 тыс. км<sup>2</sup>. Вскоре он распался на три огромных ледяных «острова», получивших обозначения А-23,



○ Схема дрейфа [цветные точки] айсберга А-23.

А-24 и А-25. Затем все они сели на мель в море Уэдделла, но в начале 1990 г. айсберг А-24 снялся с нее и начал медленный дрейф к северу. К этому времени его площадь составляла  $90 \times 95$  км, а толщина — около 400 м. Наблюдения за его дрейфом вели американские искусственные спутники Земли.

Как оказалось, А-24 был захвачен так называемым уэдделловским гиром — кольцеобразным течением в одноименном море, направленным по часовой стрелке. Это течение зависит от направления господствующих ветров и от силы Кориолиса, связанной с вращением земного шара. Наблюдения за дрейфом позволяют составить представление о крупномасштабной океанической циркуляции вод в труднодоступном южнополярном регионе. Особенно важно то обстоятельство, что, в отличие от мелких айсбергов, дрейф которых подчиняется ветровым приповерхностным течениям, такие гиганты, как А-24, следуют по направлению глубинных течений, в меньшей степени изученных океанологами.

Включившись в уэдделловский гир, А-24 проследовал на север вдоль кромки континентального шельфа у восточных берегов Антарктического п-ова, что вполне обычно и для других ранее наблюдававшихся айсбергов; многие из них проходили затем южнее Южных Оркнейских о-вов и прекращали свое существование на пути к Южной Африке.

Иная судьба ожидала А-24. Дело в том, что в этом районе дно океана рассечено целой серией подводных горных хребтов, искажающих направление глубинных течений. Один из них — хребт Скоша — заставляет большинство айсбергов дрейфовать в южную часть Индийского океана. Но поскольку хребты не сплошные, в разрывы между ними местами устремляются узкие мощные потоки придонных вод. Одним из таких потоков, прорывающихся сквозь хребт к западу от о. Южная Георгия, и был захвачен А-24. Следуя этим необычным путем, айсберг вышел из холодных антарктических

вод и попал в относительно теплую зону южной части Атлантического океана, где началось его активное таяние. Мировые Фолклендские (Мальвинские) о-ва, А-24 распался на четыре части, которые продолжают дрейф на север вдоль берегов Южной Америки, все более разрушаясь по пути.

Его обломки слишком малы, чтобы их легко можно было обнаружить судовыми радиолокаторами. Отсюда возникает опасность для мореплавания, особенно возрастающая по мере приближения к водам, где льды представляют редкость. В январе 1993 г. поступили сообщения о том, что остатки А-24 продвинулись до  $36^\circ$  ю. ш., т. е. достигли широты, на которой расположен Буэнос-Айрес.

New Scientist. 1993. V. 137. N 1855. P. 24, 27 (Великобритания).

#### Археология

### Первые пивовары

Канадские археологи из Королевского музея провинции Онтарио, проводя в конце 1992 г. раскопки в Годин-тепе (западный Иран), обнаружили обломки глиняного кувшина, возраст которого превышает 5500 лет. В. Бадлер (V. Badler; Торонтский университет, Канада) подвергла анализу остатки вещества из глубоких борозд, испещрявших внутренние стенки сосуда. Оказалось, что это оксалат кальция, или так называемый «пивной камень», придающий напитку горьковатый привкус. Очевидно, борозды гончар наносил сознательно, чтобы в них задерживались ненужные осадки, а само пиво оставалось чистым. Даже современные пивовары, хранящие ячменный напиток в бочках и чанах, иногда прибегают к подобному способу.

Древнейшее письменное упоминание о пиве относится к I династии египетских фараонов (3100—2180 гг. до н. э.). Известно также примитивное изображение древних египтян, сидящих вокруг общего большого котла

и что-то пьющих из него через длинные изогнутые соломинки. Теперь подкрепляется предположение ряда историков, что здесь зафиксирован древнейший пивной ритуал.

По мнению Бадлера, аналогичным образом может быть расшифрована и не менее древняя шумерская пиктограмма: на ней можно увидеть горшок со множеством нанесенных на него черточек или бороздок. Не исключено, что такая деталь должна была служить признаком именно пивного сосуда, в отличие от предназначенных для хранения зерна, масла или иных продуктов питания.

Находка в Годин-тепе удвояет возраст профессии пивовара на несколько сотен лет по сравнению с называемым до сих пор специалистами. Однако не исключено, что при новых археологических раскопках будут найдены еще более древние свидетельства изготовления и потребления этого напитка.

Интересно, что эта же экспедиция обнаружила в другом керамическом сосуде из Годин-тепе химические следы древнего виноделия.

New Scientist. 1992. V. 136. N 1848. P. 8 (Великобритания).

## В преддверии столетия Нобелевских премий

А. М. Блох,

доктор геолого-минералогических наук  
Москва

27 ноября 1895 г. Альфред Нобель подписал в Париже знаменитое завещание, в котором пожелал учредить на свои средства пять ежегодных международных премий (по физике, химии, физиологии и медицине, по литературе и за мир). Через год, 10 декабря 1896 г., он скончался от инсульта в Италии, в Сан-Ремо. Завещание вступило в законную силу. В дальнейшем эта дата будет объявлена Днем Нобеля — днем вручения новоизбранным лауреатам Нобелевской премии. Впервые эта церемония состоялась в Стокгольме и Осло (тогда Христиании) в 1901 г.

Мир начинает готовиться к 100-летию Нобелевских премий. В Соединенных Штатах создан документальный сериал «Нобелевское столетие. Хроника духа», состоящий из четырех часовых программ, с которым уже имел возможность познакомиться и российский телезритель. Печать предстоящего юбилея несет на себе и выход в переводе на русский книги Рэгнара Сульмана об Альфреде Нобеле. Ее автор — человек, волею судеб оказавшийся у истоков великой идеи Нобеля и посвятивший свою дальнейшую жизнь ее практическому претворению. Окажись на его месте кто-то другой, менее настойчивый, менее верный, и Нобелевские премии, ставшие феноменом XX в., могли бы не состояться.

Сульман еще мальчиком познакомился с будущим основателем международных премий, а тогда удачливым предпринимателем, сумевшим, благодаря своему изобретению динамита, стать одним из самых богатых людей мира. В 1893 г., завершив образование на химическом факультете Стокгольм-



Р. Сульман. ЗАВЕЩАНИЕ АЛЬФРЕДА НОБЕЛЯ. История Нобелевских премий. Пер. с англ. М.: Мир, 1993. 142 с.

ского технологического института и успев три года проработать на динамитном заводе в Соединенных Штатах, он получил приглашение стать личным секретарем Альфреда Нобеля.

Когда Нобель скончался, Сульману исполнилось только 26 лет. Тем более неожиданным оказалось для него известие о посмертной воле патрона сделать его, вместе с Р. Лиллеквистом, одним из компаньонов покойного, официальным исполнителем завещания. «Известие о неожиданно возложенной на меня ответственности стоило мне бессонной ночи. Я столкнулся с задачей, для решения которой чувствовал себя совершенно неподготовленным», — признался он в своей книге (с. 76). Если

бы он знал, что ожидает его на самом деле...

Помимо объективных сложностей, таких как установление местожительства на момент кончины завещателя и, соответственно, выбор судебной инстанции, получающей право на официальное подтверждение завещания, вскоре добавилось нежелание поименованных в завещании учреждений-наделителей принять на себя столь несвойственные для их повседневной деятельности обязанности. Король и правительственные структуры опасались негативных последствий от вывозе из страны крупных валютных средств, полагавшихся лауреату премии.

Нобеля обвиняли в недостатке патриотизма, «в пренебрежении интересами Швеции в пользу международной деятельности». Родственникам, которые могли претендовать на наследство (своей семьи у Нобеля не было), настойчиво подбрасывалась мысль оспорить волю покойного, с тем чтобы «имущество было бы поделено между прямыми наследниками и упомянутыми Нобелем шведскими учреждениями» (с. 80).

Знакомой была реакция социалистических кругов. Лидер социал-демократов депутат рикстага К. Я. Брантинг, рассуждая, в частности, об учреждаемой премии мира, заявил, что единственным способом борьбы за мир служит «объединение рабочих всех стран» и что «попытки обеспечить всеобщий мир не могут стать результатом усилий одного человека; очевидно, что массы должны получить свою долю от доходов Нобелевского Фонда, чтобы продолжать и усиливать борьбу за мир» (с. 81). Парадокс истории: спустя четверть века, в 1921 г., автор фи-

липки, к тому времени премьер-министр, а до того бывший шведским представителем в Совете Лиги Наций, сам примет диплом лауреата Нобелевской премии мира и соответствующую денежную премию.

Целеустремленность Р. Сульмана, скрупулезное чувство долга, базировавшееся, как отмечает в предисловии к русскому изданию его внук, нынешний исполнительный директор Нобелевского Фонда Михаил Сульман, «на принципиальности характера... на уважении, питаемом им к Нобелю», позволили преодолеть все препятствия и достичь всех необходимых договоренностей. 5 июня 1898 г. родственники Нобеля подписали с Сульманом и Лиллеквистом соглашение, в котором официально признали завещание и отказались от всех дальнейших претензий на капитал. Одновременно были согласованы основные принципы, связанные с процессом присуждения премий, впоследствии внесенные в устав Нобелевского Фонда. С этими принципами вскоре согласились учреждения-наделители, а 9 сентября того же года и правительство Швеции.

Еще почти два года потребовалось, чтобы облечь идеи завещания, двусторонне согласованные принципы, а также предложенные учреждениями-наделителями механизмы формирования и деятельности комитетов по каждому из пяти учрежденных разрядов премии в строгие юридические формулы устава Нобелевского Фонда. 29 июня 1900 г.<sup>1</sup> устав и специальные правила, регламентирующие работу создаваемых нобелевских структур, были подписаны королем. «Все пророчества о том, что воплощение идеи Нобеля будет сопряжено с трудностями и риском, оказались совершенно беспочвенными, — заключил Сульман свое повествование. — Нобелевский Фонд стал ценнейшим достоянием нашей страны, а распределение премий — почетной обязанностью, благодаря которой вырос авторитет Швеции и шведской культуры» (с. 125),

В преодолении трудностей, выпавших на долю Сульмана, его соратником оказался племянник завещателя, глава российского Товарищества нефтяного производства братьев Нобель, Эммануэль Нобель. Его вклад в поиски взаимоприемлемых решений, благородное отношение к посмертной воле дяди, упорство, проявленное при контактах с правительством и королем, создали мнение, что позиция главы российской ветви семейства Нобелей практически открыла путь к тому, «что нобелевские премии вообще могли состояться»<sup>2</sup>.

Сульман приводит драматический диалог Эммануэля с королем Оскаром II, вначале резко отрицательно относившимся к условиям завещания. В ответ на пожелание защитить права наследников, «чтобы их имущественным интересам не угрожали сумасбродные идеи вашего дяди», Эммануэль с достоинством ответил, что он не даст повода для упрека «в том, что мы присвоили средства, по праву принадлежащие заслуженным ученым».

Как пишет Сульман, адвокат Нобеля, узнав о накале беседы, «пришел в ужас и настоятельно советовал Эммануэлю срочно выехать в Петербург во избежание ареста» (с. 123). Требования этикета были суровыми, и подобные вольности в общении с королем могли завершиться обвинением подданного шведской короны (российское гражданство Э. Нобель принял в 1914 г.) в «оскорблении монарха».

Прецеденты такого рода со стороны Оскара II уже бывали. Так, процесс об оскорблении Величества был возбужден против поэта Бьёрнстjerne Бьёрнсона, будущего нобелевского лауреата по литературе, которому, во избежание осуждения, пришлось тайно эмигрировать в Германию. Но на этот раз все обошлось благополучно. Вскоре же король резко изменил свои взгляды и с 1901 г. считал почетной свою обязанность вручать в зале городской ратуши дипломы и золотые ме-

дали с профилем Альфреда Нобеля.

К сожалению, Сульман не избежал досадной ошибки, которая осталась без необходимых пояснений и в русском варианте книги. Анализируя распределение капитала завещателя в разных странах, автор утвердительно заявил, что в капитале Товарищества нефтяного производства братьев Нобель «решающее значение имел пай Альфреда Нобеля» (с. 77). Это не отвечало истинному состоянию дел.

Рескриптом Александра II от 18 (30) мая 1879 г. было разрешено «Людвигу Эммануиловичу Нобелю в С.-Петербурге, Роберту Эммануиловичу Нобелю в Баку, Альфреду Эммануиловичу Нобелю в Париже и гвардии полковнику Петру Александровичу Бильдерлингу учредить Товарищество на паях, под наименованием: «Товарищество нефтяного производства братьев Нобель», на основании Устава, удостоенного Высочайшего рассмотрения и утверждения»<sup>3</sup>. Начальник основной капитал Товарищества был утвержден в 3 млн. рублей. Он слагался из паевых взносов 10 членом-пайщиков, включая четырех учредителей. Основные взносы произвели Людвиг Нобель (1,61 млн. руб.) и Петр Бильдерлинг (930 тыс. руб.), тогда как пай Альфреда составил 115 тыс. руб., или менее 4 % общей суммы.

К моменту кончины, в соответствии с произведенной описью, его пай достиг в капитале Товарищества 5232773,45 крон (с. 110), или, по существовавшему тогда курсу рубля (52 коп. за 1 крону), 2,721 млн. руб. Вырос, естественно, и баланс Товарищества почти до 70 млн. руб., а основной капитал увеличился в пять раз, до 15 млн. руб.<sup>4</sup> То есть относительный вес пая Альфреда в общих накоплениях Товарищества не превышал тех же 4 %, что и в 1879 г.

Сульман не ограничива-

<sup>2</sup> Bergengren E. Alfred Nobel. The Man and his Work. Ediburgh, 1962.

<sup>3</sup> Полное собрание законов Российской империи. Собр. 2. Т. 54. № 59648, 1879. СПб., 1881. С. 392.

<sup>4</sup> Двадцатипятилетие Товарищества нефтяного производства братьев Нобель. 1879—1904. СПб., 1904.

<sup>1</sup> В русском переводе ошибочно указана дата 20 июня (с. 15, 125).

ется историей создания Нобелевского Фонда. Почти половина текста книги посвящена самому Альфреду Нобелю — его талантам и просто как человеку, сочетавшему в себе, казалось бы, несочетаемые черты.

Удачливый изобретатель динамита, дальновидный и жесткий предприниматель — владелец разбросанных по всему миру производств смертоносной взрывчатки, он всю жизнь исповедовал пацифистские взгляды, материализовавшиеся после кончины в Премии мира. Прожив жизнь нелюдимым, страдая болезненной мнительностью, он одновременно мучился несовершенством человеческого сообщества. Однако ничто не было

для него более чуждым, чем нередкая для одиноких людей мизантропия.

На панихиде в Сан-Ремо друг Нобеля пастор Натан Сёдерблом, будущий архиепископ Швеции и лауреат Нобелевской премии мира 1930 г., сказал, что «выгляды в общественном мнении выдающимися и состоятельными, он так мало интересовал окружающих просто как человек» (с. 42). Личность своего патрона мастерски показал Рагнар Сульман, знавший Нобеля последние его три года, пожалуй, больше, чем кто-либо другой. И чуть не каждое свое слово подтверждая не публиковавшейся прежде перепиской и другими документами.

Остается добавить, что издание рецензируемой книги предпринятое по инициативе Академии естественных наук России, стало возможным благодаря финансовой поддержке Нобелевского Фонда (решение было принято при тогдашнем исполнительном директоре бароне С. Рамеле). Нынешний директор М. Сульман порадовал известием, что Фонд постановил впредь способствовать переводу на русский язык всех выходящих под его эгидой изданий о Нобеле, отдавая этим должное памяти о том, что Россия косвенно причастна к претворению в жизнь великой идеи Альфреда Нобеля.

## КОРОТКО

● Наблюдениями с борта французско-американского спутника «TOPEX — Poseidon» обнаружено перемещение гигантской массы теплых вод вдоль экватора в Тихом океане с запада на восток. Если это действительно так, то периодически повторяющееся катастрофическое потепление центральной части Тихого океана и акваторий, примыкающих к северной области Южной Америки (явление Эль-Ниньо), получит «подкрепление» и будет в 1993 г. особенно сильным.

New Scientist. 1993. V. 137. N 1864. P. 12 (Великобритания).

● Франция и Италия заключили соглашение, благодаря которому пролив Бонифаччо, отделяющий французский остров Корсика от итальянской Сардинии, будет превращен в Международный морской парк. Всем нефтеналивным и химическим танкерам будет запрещено проходить этими водами. Правительства обратились к Международной организации мореплавания с просьбой сделать пролив запретным для всех танкеров вообще (в настоящее время этим водным путем ежегодно пользуются около 1600 судов,

несущих на борту опасные грузы, главным образом горючее).  
New Scientist. 1993. V. 137. N 1859. P. 11 (Великобритания).

● Недавно сибирские медики сообщили, что на территории Западной Сибири на фоне снижения заболеваемости туберкулезом всего населения (на 6 % за последние пять лет) у детей и подростков этот показатель не только не снижается, но и в 1,5 раза выше среднего по России (у детей — 10,1, а у подростков — 27,2 на 100 тыс. человек).

Основные причины этого, по мнению медиков, кроются в наличии большого числа неизвестных источников инфекции, а также неполном обследовании людей из окружения новорожденного ребенка, недостатках в организации раннего выявления туберкулеза, вакцинации новорожденных и в проведении диспансерного наблюдения.

Проблемы туберкулеза. 1992. № 9—10. С. 11—13.

● Республика Эстония стала 184-м действительным членом Всемирной организации здраво-

охранения (ВОЗ), о чем было официально заявлено 31 марта 1993 г.

World Health Organization. Press Release. 1993. N 28 (Швейцария).

● Ученые Украинского НИИ глазных болезней и тканевой терапии им. В. П. Филатова разработали метод профилактики прогрессирующей близорукости, заключающийся во введении эмульсии глюкокортикоидов с собственной кровью пациента в область заднего полюса глаза. Метод высоко эффективен, прост, экономичен и, по мнению авторов, может осуществляться в амбулаторных условиях.

Офтальмологический журнал. 1992. № 4. С. 206—208 (Украина).

● С полным учетом требований по охране окружающей среды построена станция по обслуживанию электромобилей в поселке Меммиген на юге Германии. На крыше станции смонтированы фотоэлементы, преобразующие солнечную энергию в электрическую, которая затем «сливается» в аккумуляторы электромобилей.

Science et vie. 1993. N 906. P. 30 (Франция).

# Тематический указатель журнала «Природа» 1993 года

## ФИЛОСОФИЯ И ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ. ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ

Административно-финансовые новости из ЦЕРНа*	4	24
Американские исследования в Антарктиде*	10	122
Бедность от ума (Реплика на указ). Арутюнян И. Н.	10	20
Борис Николаевич Вепринцев. Шноль С. Э.	1	40
В. Г. Хлопин: восхождение на последнюю вершину. Мещеряков М. Г.	3	93
ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ ФОК (К 95-летию со дня рождения)	10	80
В. А. Фок: философия тяготения и тяжесть философии. Герелик Г. Е.	10	81
«Фок говорил то, что думал» (Из беседы с Е. Л. Фейнбергом)	10	94
В. А. Фок и квантовые доты. Фальковский Л. А.	10	95
Фок и Капица. Эпистолярная хроника. Рубинин П. Е.	10	96
«Он был гораздо более доверчив, чем Петр Леонидович». Беседа с А. А. Капицей	10	106
Воспоминания об отце (отрывки). Фок М. В.	10	107
Г. А. Гамов... заместитель директора ФИАНа. Герелик Г. Е., Савина Г. А.	8	82
Грустная судьба великого открытия. Сёнкин А. С.	1	94
Два жизни Ильи Циона. Шавелев А. С.	9	108
Естественное бытие и гармоническое общество. Мей Ван Хо	3	76
Житие отца Василия Ершова. Шавелев А. С.	5	95
Игры, в которые играют деловые люди. Арутюнян И. Н.	8	73
Конкурс на лучший проект Антарктического научного центра*	1	119
Конкурс на получение стипендий Джорджа Сороса по биологическому разнообразию. Расницын А. П.	4	87
<b>ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 1992 ГОДА</b>		
По физике — Ж. Шарпак. Лучков Б. И.	1	100
По химии — Р. Маркус. Кожушнер М. А.	1	102
По физиологии и медицине — Э. Кребс и Э. Фишер. Ткачук В. А.	1	103
Международная школа по теоретической физике. Фадеев М. А.	11	28
Международное сотрудничество ученых растет*	1	119

Николай Андреевич Перцов. Шноль С. Э.	8	42
НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ ЛОБАЧЕВСКИЙ	7	3
Легенды и действительность в биографии Лобачевского. Изотов Г. Е.	7	4
Лобачевский в контексте его эпохи. Кроу Г.	7	11
Геометрия Лобачевского: открытие и путь в современность. Кадемцев С. Б., Позняк Э. Г., Попов А. Г.	7	19
Квазикристалл как идеальный кристалл пространства Лобачевского. Антониюк П. Н., Галимуллин Р. В., Макаров В. С.	7	28
К истории премии имени Н. И. Лобачевского. Бажанов В. А.	7	31
НИЧЕГО «ВЗЯТОГО НАПРОКАТ» (К 100-летию со дня рождения Ю. А. Орлова)	6	80
Морфолог и палеонтолог. Трофимов Б. А.	6	80
Учитель и судьба. Соколов Б. С.	6	89
Основа жизни — информация. Корогодина В. И., Корогодина В. Л.	12	3
От неполноты знаний — к понятию независимости (вопросы обоснования статистических закономерностей). Сачков Ю. В.	4	3
Парацельс — «Лютер в медицине». Гельман Э. Е.	7	96
Перелетная птица. Воспоминания физика. Пайерлс Р.	12	83
Подписано соглашение Россия — ЦЕРН. Арутюнян И. Н.	11	67
Р. Ж. Гаюи — аббат и ученый. Дубов П. Л., Франк-Каменецкий В. А., Шафрановский И. И.	6	96
Русские зоологи в Австралии. Голубовский М. Д.		
Часть I. Н. В. Добротворский	3	72
Часть II. С. Я. Парамонов	4	92
«Секреты» наших спутников-разведчиков. Фрумкин Ю. М.	4	72
Семинар биосейсмологов*	4	109
«...Словно в мире нет ничего, кроме водорослей». Из писем П. А. Флоренского (Вступление, публикация и комментарии О. В. Максимовой, П. В. Флоренского)	11	30
	12	50
«Советская математика»: распад или интеграция? (опыт анализа). Никольский Н. К.	1	3
Сотрудничество в изучении Арктики (интервью с Р. Скоттом и С. В. Аплоновым)	10	48
«Типичный» ученый: идеал и действительность. Кравец А. Л.	5	3
Три марксизма в советской физике 30-х годов. Герелик Г. Е.	5	86
Уникальный физик и Учитель физиков (о Льве Давидовиче Ландау — физике и человеке). Гинзбург В. Л.	2	92
Физическая сиеста в Севилье. Арутюнян И. Н.	3	14

\* Опубликовано в разделе «Новости науки».

«ЧТО НЕВОЗМОЖНО, ТО И ВЕРОЯТНО» (Р. Б. ХЕСИН-ЛУРЬЕ)	11	68
КЮБЗ, биофак. Карасева Е. В.	11	69
Первые курсы университета (1939—1941). Эфрон К. М.	11	71
Никаких поблажек себе... Кулаев Б. С.	11	72
Дискуссия на биофаке. 1947 г. Шноль С. Э.	11	78
Научные черты научной биографии. Шмерлинг Ж. Т.	11	79
Открытие рибосом. Шноль С. Э.	11	85
Сначала идея... Гвоздев В. А.	11	86
Перед смертью все равны. Вельков В. В.	11	94
Япония открывает двери иностранным исследователям. Зубрева М. Ю.	9	69
«Я смотрю на происходящее оптимистически». Вернадский В. И.	9	92

## АСТРОНОМИЯ. АСТРОФИЗИКА. КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Азот в атмосфере Плутона*	3	109
Астропарк в Северной Ирландии*	6	107
Бериллиевые звезды и Большой взрыв*.	9	116
«Большой взрыв» под вопросом*	6	107
Бразилия выходит в космос*	8	117
«Великий аннигилятор» в центральной части Галактики. Мирабель И. Ф.	6	48
Вселенная, подобная матрешке?*	1	107
Вселенная «помолодела»?*	3	109
В центре Галактики — «черная дыра»?*	5	103
Гало — не только вокруг Солнца*. Шварцбург А. А.	1	106
Гигантский магнит в космосе*	11	108
«Духовое ружье» стреляет в космос*	9	115
Еще одна трансплутонная малая планета*	11	108
Запуски космических аппаратов? Никитин С. А.		
июль — август 1992 г.	1	106
сентябрь — октябрь 1992 г.	2	106
ноябрь — декабрь 1992 г.	4	102
январь — февраль 1993 г.	6	105
Запуски космических аппаратов в России: март — апрель 1993 г.*	8	117
Запуски космических аппаратов в Российской Федерации: май — июнь 1993 г.*	10	119
Запуски космических аппаратов в России: июль — август*. Никитин С. А.	12	99
И все-таки Земля и Венера склонины?*	1	108
Как обнаружить темную материю?*	2	107
Катастрофа «отменяется»*	10	120
Когда галактика была «юной»?*	7	109
Кометная чепочка: рождение и гибель (предстоящее столкновение с Юпитером). Бялко А. В.	12	80
«Кометный поезд» на пути к Юпитеру. Бялко А. В.	8	21
Космический «Глаз дьявола»*	6	106
Красный карлик — мощная «радиостанция»*	12	101
Лик Венеры изменился?*	2	109
«Магеллан» маневрирует около Венеры* Миллиард ампер вокруг Юпитера*	11	108
Мощное излучение свидетельствует о черной дыре*	3	108
На Марсе было мощное оледенение*	5	105
Не планета, а мирак*	2	108
Новое о гамма-излучении*	2	107
Откуда взялись кратеры?*	7	108
Откуда избыток бора?*	1	107

Открыт самый яркий двойной квазар. Гричук А. Н.	10	120
Первая карта Плутона*	2	108
Первая оптическая идентификация внегалактического пульсара*	12	101
Планеты у пульсаров — реальность?*	4	103
Поверхность Титана: океан или озеро?*	9	27
Подвергалась ли Луна интенсивной бомбардировке*	4	104
Полеты по программе «Спейс шаттл». Никитин С. А.	9	89
Почему светилось небо после Тунгусского взрыва? Бронштейн В. А.	9	22
Проксима Центавра — периодичная звезда*	7	109
Радиоастрономическая обсерватория на о. Маурикий*	7	109
Рождение звезд питает Галактику*	6	105
Российско-французский пилотируемый полет*. Никитин С. А.	12	100
Рухнул радиотелескоп*	11	110
Самый близкий пульсар*	5	104
Свидетельство в пользу единства мощных радиогалактик и квазаров*	8	117
Спутник ERS-1 помогает мореплаванию*	2	107
Спутники служат гляциологии и климатологии*	3	108
Существует ли десятая планета в Солнечной системе?*	11	109
«Тунгусское диво» в Голландии?*	4	105
«Улисс» благополучно встретился с Юпитером*	2	106
Чрезвычайно молодая протозвезда*	8	118
Харон оказался «снежком»*	7	110
Эволюция атмосферы Тритона*	7	110
Японские исследования физики Солнца*	4	103

## ФИЗИКА. ТЕХНИКА

Вместе с шахтой закрывается глубочайшая подземная лаборатория по изучению протонного распада*	6	107
G-мезон — возможный кандидат в глюболлы?*	1	108
«Дэзи» на Эльбе. Арутюнян И. Н.	4	48
Дрижабль-«пылесос»*	1	109
Жидкокристаллические композиты. Жаркова Г. М., Соини А. С.	4	16
Загадка солнечных нейтрино остается*	4	105
Икосаздрическая симметрия. Ройцин А. Б.	8	10
Инертный гелий удалось связать с азотом?*	8	118
Кристаллы высокотемпературных сверхпроводников. Леонюк Л. И.	10	3
Лазер против молнии*	6	107
Марсоходы на выбор*	5	105
Новая методика измерения электронной релаксации*	11	112
Новая нановолоконная углеродная структура*	12	103
Новые долгоживущие изотопы элемента 106*	6	95
Нуклотрон — ускоритель релятивистских ядер*	9	117
Особенности кристаллического строения высокотемпературной сверхпроводящей керамики	12	103
От классического хаоса к квантовому. Пригожин И. Р.	12	13
(К публикации лекции И. Р. Пригожина. Блох А. М.;	12	11
Для тех, кто не был на лекции. Данилов Ю. А.)	12	24

Охлаждение сверхпроводящих веществ. Фраднов А. Б.	7	105
Периодические трещины*	11	112
«Пингвины» в детекторе CLEO*	11	111
Подавление броуновского шума*	3	110
Поиск гравитационных волн все еще продолжается*	2	109
Поиск тяжелого нейтрино*	10	121
Получение изображений в медицинской диагностике: от Рентгена до наших дней. Таунсенд Д. В.	10	114

Проект глубинного бурения в Калифорнии*	12	109
Радужная голография. Власов Н. Г.	8	74
«Резонансное выпаривание»*	8	118
Сверхпроводимость при «высокой» температуре?	7	111
Секунда за три миллиона лет*	12	104
SSC: тревоги и надежды. Арутюнян И. Н.	2	42
Теория оболочек: феноменология и первые принципы в прикладной науке. Андрианов И. В., Маневич Л. И.	2	67
Техногенные физические поля. Жигали А. Д.	2	15
Три новых сверхтяжелых элемента*	4	106

## МАТЕМАТИКА. ИНФОРМАТИКА.

Конкуренция в природе и обществе	11	3
Закон распределения конкурентов. Трубников Б. А.	11	3
Конструктивность закона конкуренции. Бялко А. В.	11	14

## ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

«Вымерший» гидрокоралл не вымер! Несис К. Н.	6	112
Гиганты Земли*	1	112
Инфекционная чувствительность популяций. Дятлов А. И.	9	102
Каких друзей мы себе выбираем? Плюснин Ю. М.	9	75
Как светящиеся микроводоросли помогают и мешают рыбе охотиться. Несис К. Н.	9	106
Лягушка в муравейнике*	4	109
Монстры. Савельев С. В.	10	55
Нашествие чужоморца. Виноградов М. Е., Шушкина Э. А.	9	3
Озонные дыры и фитопланктон*	9	33
Особенности строительной и ловчей сети пауков*	5	112
Почва как она есть. Пономаренко Е. В., Пономаренко С. В., Офман Г. Ю., Хавкин В. П.	3	16
Протисты и биосфера. Полянский Ю. И.	1	13
Специфика живого на молекулярном уровне. Попов Е. М.	6	59
Смена ролей*	7	115
Эксперименты с плутонием in vivo. Войс Э.	8	92
(Несколько слов об авторе. Новикова С. К.)	8	93
Этологические экскурсии по запретным садам гуманитариев. Дольник В. Р.	1	72
	2	73
	3	63
Яд бледной поганки разрушает лимфоциты*	11	116

## БОТАНИКА. ЗООЛОГИЯ. МИКРОБИОЛОГИЯ

Антивирусный препарат из мидий*	10	121
Белый кит: альбинос или подвид?*	6	112
«Волосатая» картошка*	7	116
Выдра. Сидорович В. Е.	11	52
Головастики защищаются*	9	107
Грызуны остерегаются полнолуния*	5	112
Жесткая самка колюшки*	5	112
Зачем паук ест паутину?*	2	113
Зачем паутина ложноскорпионам?*. Михайлов К. Г.	7	115
Крысы, сменившие образ жизни*	11	117
Млекопитающие города. Карасева Е. В.	6	16
Морской слон «беседует» со спутником*	10	122
На обед медведю — бабочки*	5	112
Новые свойства дурмана*	11	117
Новый вид птицы киви*	12	106
Няни и подопечные у растений*. Злобин Ю. А.	12	106
Они грызут горные породы*	7	116
Паукам трудно глотать пищу? Михайлов К. Г.	4	110
Переливание крови орлану*	9	83
Подорожник, не боящийся озона*	9	34
Поиски вакцины против СПИДа*	7	112
Происхождение цикадовых: гипотезы и находки. Геманьков А. В.	4	100
«Пьяные» пчелы*	3	113
Растения защищаются*. Поливанова Е. Н.	12	107
Световая и химическая стимуляция растений. Василенко В. Ф.	5	81
Сибирский углозуб — уникал среди земноводных. Кузьмин С. Л.	1	56
Скорпион, привыкший к холоду*	3	114
Трубочуб свое дело знает*	8	120
Угроза плодородию европейских почв*. Викторов А. Г.	3	113
У начальства сердце бьется реже...*	9	83
Ядовитая птица*	11	117
Ящерица находит свою добычу по вибрации почвы*	11	116

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ. БИОХИМИЯ. БИОФИЗИКА

Анальгетик из кожи лягушки*	4	107
Биосенсоры — новое направление биотехнологий*. Евдокимов Ю. М.	6	108
Биофлавоноиды — активные антиоксиданты*	3	111
Детективная история из жизни молекулярных биологов. Киселев Л. Л.	7	90
ДНК иммунизирует*	6	109
Иммунокорректирующие свойства антибиотиков*	5	108
Медицинские аспекты происхождения и эволюции вируса СПИДа. Медников Б. М.	7	58
Метод прогнозирования*	7	111
Молекулярная физиология зрения: системы фоторецепции и защиты от фотоповреждения. Островский М. А.	10	23
Неожиданные свойства азимины*	12	105
ОБЩИЙ СТЕРЕОХИМИЧЕСКИЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД — ПУТЬ К БИОТЕХНОЛОГИИ И УНИВЕРСАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ XXI ВЕКА УЖЕ СЕГОДНЯ. Меклер Л. Б., Идлис Р. Г. (вступ. слово Иванова В. Т.)	5	29
Уникальная концепция. О работах Л. Б. Меклера и Р. Г. Идлса. Кнорре Д. Г., Мокульский М. А.	5	63

Протоколы испытаний теории нового кода. <b>Землянин А. А.</b>	5	65	Опасность таится в пещерах*	2	86
Постскриптум (ответ академику В. Т. Иванову). <b>Меклер Л. Б., Идлис Р. Г.</b>	5	67	Отголоски Чернобыльской аварии*	9	118
Овцы продуцируют (альфа)-1-антитрипсин*	4	107	Пестициды и рак молочной железы*	7	115
Противораковое средство с новым механизмом действия*	2	110	Последствия профессиональной деятельности акванавтов*	3	113
Секрет лягушек*	9	118	Потребление табака в Европе*	5	110
Синтез рекомбинантного интерлейкина*	8	119	Предотвращение диабета*	10	36
Сюрпризы вируса полиомиелита. <b>Агол В. И.</b>	11	96	Препарат из шиповника*	7	112
Тетродотоксин — обычный компонент морской среды*. <b>Тимофеев С. Ф.</b>	6	110	Препарат для предупреждения накопления радионуклидов*	7	114
Ферменты — диоды*	11	113	Проблемы противокоревых вакцин*	7	113
<b>ГЕНЕТИКА. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА</b>			Проблема малярии все еще существует. <b>Якушева Е. О., Шугова О. И.</b>	4	88
Ген р53 и возникновение раковых опухолей*	2	110	Проказа может быть побеждена*	4	108
Генная терапия опухолей мозга*	4	107	Распространенность язвенной болезни у детей*	7	114
Генная терапия печени*	9	118	Рост заболеваемости туберкулезом в индустриальных странах*	11	115
Новые буквы генетического кода*	3	110	Селен сдерживает развитие опухолей*	12	105
Происхождение современного человека с точки зрения цитогенетики. <b>Ибраимов А. И., Курманова Г. У.</b>	4	80	СПИД в Индии*	11	116
<b>ФИЗИОЛОГИЯ. МЕДИЦИНА</b>			СПИД в мире*	7	113
Антиканцерогенные свойства лабазника вязолистного*	1	109	СПИД в странах Европейского сообщества*	2	111
Биоминералогия человека. <b>Кораго А. А., Минеев Д. А.</b>	6	74	Старение пищеварительного тракта*	1	110
Борьба со старым заболеванием*	5	108	Токсикомания*	6	111
Вакцина против лихорадки Денге*	5	109	Традиционная медицина против малярии*	3	112
ВИЧ и грудное вскармливание*	8	120	Трансплантация легких*	5	110
Влияние высокой температуры на клеточный иммунитет*	6	109	Трансплантация эмбриональных тканей*. <b>Шугова О. И.</b>	2	111
Влияние цинка на формирование алкогольной зависимости*	1	111	Тюрьма мстит*	1	112
Восстановление гематологических показателей после прекращения курения*	3	112	Успехи в борьбе с онхоцеркозом*	11	115
Вспышка эпидемии полиомиелита в Нидерландах*	11	114	Холера в Африке и Америке*	1	110
Диагностика туберкулеза*. <b>Иванова З. И., Столповский Ю. А.</b>	6	111	Черепная электростимуляция*	3	111
Еще один препарат для лечения СПИДа*	10	121	Четвероногий друг улучшит ваше здоровье*	6	112
Желтая лихорадка наступает*	5	108	Эпидемия гриппа в мире*	11	115
«Желтые» дети (комментарий <b>Юфита С. С., Розправки Я. Я.</b> ). <b>Лупандин В. М.</b>	4	11	Эпидемия нового заболевания не подтвердилась*	3	112
Женщины и табак*	1	111	Эпидемия ожирения у американских индейцев*	1	111
Здоровье городских жителей. <b>Ревич Б. А.</b>	2	24	Эпидемия СПИДа в Азии в африканских масштабах*	12	105
Защитная роль эстрадиола*	7	112	<b>ЭКОЛОГИЯ. ОХРАНА ПРИРОДЫ</b>		
Канцерогенный риск солнечной радиации*	8	119	Аборигенный якутский скот. <b>Иванова З. И., Столповский Ю. А.</b>	12	42
К борьбе со СПИДом*	1	110	Ай-ай родился*	3	116
Криоэлектротерапия — новый метод лечения остеопороза*	5	111	Акул пора защищать*	10	22
Курение выходит из моды*	12	45	Бездомные капюшины*	3	116
Лекарство против диабета*	6	110	Безрогий носорог*	3	115
Малярия в Москве. <b>Гороненкова О. Н.</b>	4	91	Берегите четвероногих от ультрафиолета*	9	34
Материнская смертность*	4	108	Бесстрашный гурман. <b>Ивановский В. В.</b>	6	53
Медико-биологические последствия Чернобыльской аварии*	5	109	«Биосфера-2». <b>Нельсон М., Берджесс Т. Л., Ли Л., Аллинг А., Мак-Каллум Т., Демпстер В. Ф., Альварес-Ромо Н., Уолфорд Р. Л., Аллен Дж. П.</b>	10	66
Нервный синдром высоких давлений (30 лет после открытия). <b>Следков А. Ю.</b>	2	87	«Биосферцы» испытывают трудности*	7	117
Новая репродуктивная технология. <b>Никитин А. И.</b>	7	79	Бифштекс или живая природа*	2	114
Новые данные о патогенезе ВИЧ-инфекции*	12	104	Болото решено возродить*	10	19
О «дурном влиянии» компьютеров*	2	111	Большие трудности маленькой бабочки*	1	112
			Воздух Москвы. <b>Беккер А. А.</b>	8	30
			В Заире создан резерват «Окапи»*	6	113
			Вредители прибывают на Гавайи по почте*	5	112
			Выхлопные газы дизельных двигателей тоже небезобидны*	4	109
			Германия очищает свои восточные земли*	12	45
			Голландцы снижают уровень загрязнения атмосферы*	3	117

Горилла и шимпанзе живут дружно*	12	105
Город и шум. Карагодина И. Л., Солдаткина С. А.	6	10
Грибы — небезопасные индикаторы. Дроботина Н. А., Юлова Г. А.	8	59
Дорога над лесом*	7	118
Дрофа или ферма*	3	116
Европа запрещает хлорфторуглероды*	3	117
Жизненная среда горожан. Прохорова Б. Б.	3	43
Загрязнение территории Москвы металлами. Секолов Л. С., Астрахан Е. Д.	7	68
Задыхается ли озеро Виктория?*	4	110
Заповедники для дельфинов*	6	113
Засуха в Испании*	10	126
Золотоискатели отравляют природу*	2	114
Исчезающие виды Австралии*	2	114
Как починить озоносферу?*	9	32
Каждому агроландшафту — паспорт. Галиулли Р. В.	7	74
Кислотные дожди — на карту*	7	118
Кислотное загрязнение снежного покрова в Московской области*	6	114
Красная книга домашних животных. Столповский Ю. А.	2	32
Краснеют реки*	4	98
Красотел пахучий. Воловник С. В.	2	39
Крысы исчезли — топорик возвращается*	7	118
Крысы, сменившие образ жизни*	11	118
Кто загрязнил реку?*	3	117
Куда девается дорожная соль?*	10	79
Лягушки на о. Джерси*	11	118
Международная экологическая премия «Вольво»*	12	41
Моллюски переезжают*	12	109
Натуралисты предпочли танкодром*	1	112
Национальный парк на о. Банкс*	11	117
Нашествие токсичной водоросли*	3	114
Новый подход к экологической эмбриологии. Озерник Н. Д.	9	72
Носорог под охраной ООН*	11	118
Пеликаны — летающие легенды тысячелетий. Жумакан-улы А.	12	33
Переработка твердых бытовых отходов. Крельман Э. Б.	9	62
Перспективный дурман*	8	121
Пестицидная буря над Узбекистаном. Рахматуллаев А. Р.	9	84
Пестициды в озерах Зимбабве*	7	116
Подводный национальный парк*	8	120
Пожары на радиационно загрязненных территориях. Абдурагимов И. М., Одинольцо А. А.	1	28
Попытки спасти горного ибиса*. Грищенко В. Н.	2	113
Прощай, хохлатый ибис!*	5	114
Разводить ли в Европе ундарию?*	3	115
Серая степная порода крупного рогатого скота. Столповский Ю. А.	3	29
Синезеленые водоросли в пресных водоемах. Петрова Н. А., Чернаенко В. М.	8	3
Слонов и бегемотов спасет фермер*	5	113
Сохранить уникальные леса Западного Кавказа. Иноземцев А. А.	7	41
Судьба вороны решится в суде*	10	22
Фламинго становится «северянином»*	10	22
Фолклендские острова взяты под защиту*	1	113
Холодильник без фреона*	9	32
Чем торгует зоопарк?*	1	113
Чернобыльский эко в Европе*	2	115
Что будет с ментаваями?*	1	115
Экологическая «бомба» замедленного действия*	12	108
Экологическая ситуация в Персидском заливе*	12	32

## ГЕОЛОГИЯ. ГЕОТЕКТНИКА

Бактерии, «собирающие» золото*	2	116
Бериллий — о магнитном поле Земли*	1	115
Буровое судно работает по программе «Атоллы и гайоты» (143-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн»). Мурдмаев И. О., Иванов М. К.	2	45
Газ и нефть Арктики*	2	116
Геология и охрана природы Монголии. Зайцев Н. С., Бямба Ж., Яншин А. Л.	3	50
Гидрогеологический прогноз землетрясений. Вартанян Г. С., Бредехоефт Дж. Д., Реуэллоффс Э.	11	59
Глубоководное бурение подводных гор Тихого океана (144-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн»). Богданов Ю. А.	3	118
Дегазация Земли и разрушение озонового слоя. Сывороткин В. Л.	9	35
Землетрясение на Мангышлаке? Никонев А. А.	8	113
Международная программа глубоководного бурения в океанах. Богданов Н. А. Необычное месторождение циркония. Багдасаров Ю. А.	11	43
Нефтегазоносность глубоководной впадины Черного моря*	3	118
Новая астроблема*	12	109
Новая гипотеза формирования месторождений древних фосфоритов. Холодов В. И., Пауль Р. К.	2	30
Памиро-Тянь-Шаньский геодинамический проект. Макаров В. И.	3	60
Парадоксы венда. Якобсон К. Э.	12	26
Подземные воды на службе городов. Зенкер И. С., Язвин Л. С., Боревский В. В.	6	3
Полезные ископаемые Индийского океана*	4	113
Радиометрическая шкала для позднего кайнозоя Паратетиса. Чумаков И. С.	12	68
Свидетельствуют подводные вулканы Тирренского моря*	1	115
142-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн». Полян Б. Г., Мищенко М. В.	1	70
145-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн». Басов И. А.	4	110
146-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн». Баранов Б. В., Чамов Н. П.	5	114
147-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн». Басов И. А.	8	121
Стратиграфия: порядок и хаос. Салли Ю. С.	5	71
Фигурные камни — «костырма». Белостоцкий И. И.	11	104
Формирование минеральных ресурсов на океанском дне. Емельянов Е. М., Харин Г. С.	1	32
Что может рассказать один камень? Якобсон К. Э.	7	86

## ГЕОХИМИЯ. ГЕОФИЗИКА

Авиация создает парниковый эффект*	2	109
Арктический озон страдает от потепления*	9	28
Атмосферный озон: современное состояние проблемы. Кароль И. Л.	5	9
Вулканы «попадают» озон*	9	29
Геофизики решают биологическую проблему*	2	112
Геохимия углерода. Галимов Э. М. (вступ. слово Ярошевского А. А.)	3	3
Диагностика подщипников по акустической эмиссии*. Цыпкин Б. С.	5	107

Динамика содержания оксида хлора и озона в стратосфере*	9	32
Загадочное озоновое облако над Бразилией*	9	31
Измеряется электрическое поле Земли*	3	42
Изотопные метки антропогенной серы. Креуз Р., Гриненко В. А.	1	60
Как изучить древнюю атмосферу*	4	105
Капризы Луны озадачивают физиков*	5	106
Локатор для исследования полярных сияний*	12	102
«Мини-дыры» в арктической озоносфере*	9	28
Молнии говорят о температуре в тропиках*	5	105
Над южной Атлантикой обнаружен «озонный пруд»*	9	31
Новый геофизический проект*	4	113
Новый подход к прогнозу землетрясений. Ими Ксянгу (комментарий Лука А. А.)	1	21
Оценка выбросов вулкана Пинатубо*	9	30
ПО СЛЕДАМ РАЧИНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ (вступ. слово Страхова В. И.)	4	25
Полевые сейсмогеологические наблюдения. Татовосян Р. Э.	4	26
Природа сейсмической активизации Кавказа. Рогожин Е. А., Богачкин Б. М.	4	32
Механизм Рачинского землетрясения (с позиции геолога). Борисов Б. А.	4	41
Прирост метана и хлорфторуглеродов замедляется*	9	28
Проблема «Солнце — погода» — современное состояние и перспективы. Данилов А. Д., Авдюшин С. И.	11	119
Против оползней и лавин*	5	18
Ревизия состава палеоатмосферы*	8	98
Режим природных катастроф. Редкии М. В., Шебалин Н. В.	6	68
Связь в момент стихийного бедствия*	3	62
Совершенствуется метод измерения движения земной коры из космоса*	11	110
Создан высокочувствительный детектор для измерения углекислого газа в атмосфере*	8	98
Солнечная активность и события на Земле: вымыслы и реальность. Авдюшин С. И., Данилов А. Д.	3	33
Спокойное Солнце углубляет озоновую дыру*	9	31
Ультрафиолетовое излучение возросло*	3	110
Уроки урагана «Эндрю»*	11	119
Химический состав биосферы. Ярошевский А. А.	7	33
Хронология современных гидротерм. Устинов В. И.	5	22

## СЕЙСМОЛОГИЯ. ВУЛКАНОЛОГИЯ

Американский сейсмолог «на хозрасчете»*	4	113
Атмосферные осадки и вулканическая активность*	12	110
Взорвался вулкан Майон*	11	120
Вулкан Сент-Хеленс под дистанционным наблюдением*	2	117
Вулкан похоронил залив*	9	118
«Данте» потерпел неудачу*	7	119
«Дитя» Кракатау продолжает неистовствовать*	10	122
Дом на сферических подшипниках*	12	111

Древние вулканические области Австралии имеют форму бумеранга*	8	122
Жизнь на вулкане*	2	113
Озеро-убийца в Камеруне: расследование завершается*	6	116
Они спустились в кратер действующего вулкана*	7	88
Пемзовые «плоты» в океане*	1	117
Робот в жерле вулкана*	4	114
Сейсмическая обстановка в Калифорнии осложнилась*	6	117
Сейсмическая опасность в Северном море*	1	116
Скважинный тензометр и прогноз землетрясений*	5	117
Управляемые землетрясения в лабораториях*. Сидорин А. Я.	2	116
«Хищный» вулкан Ясур*	12	111
Этна не успокаивается*	12	111

## ГЕОГРАФИЯ. КЛИМАТОЛОГИЯ. МЕТЕОРОЛОГИЯ

Географическое пространство «Слова о полку Игореве». Ширгазин О. Р.	3	84
География экологических ситуаций (Интервью с Б. И. Кочуровым)	11	46
Гипотеза Миланковича оспаривается*	8	103
Города на грани тысячелетий. Арманд А. Д.	2	4
Дрейф ледяного гиганта*	12	112
Извержение: к потеплению или похолоданию?*	8	99
История ландшафтов Берингии. Свиточ А. А., Талденкова Е. Е.	8	66
Как изменяется климат Африки*	8	102
Как Москва стала крупнейшим городом России. Ширгазин О. Р.	9	12
Канадская дрейфующая станция ликвидирована*	8	80
Климат Средней Азии в последние тысячелетия. Соломина О. И.	2	48
Кого сможет напоить река Замбези?*	4	116
Международная климатологическая программа*	7	119
Меняется природа Египта*	3	121
Моделирование гляциологических процессов*	12	113
Наводнения в устье Невы. Померанец К. С.	10	9
Озеро Балхаш: вчера, сегодня, завтра. Шапоренко С. И.	9	46
«Окна» верховых болот. Фриш В. А.	12	78
Отложение льда Гренландии и климат прошлого*	8	104
Оценка состояния климата Земли*	8	94
«Подземное» подтверждение общего потепления*	12	112
Подземное соляное чудо в опасности*	5	117
Последствия грядущего потепления для Юго-Восточной Азии*	8	101
Последствия возможных климатических изменений для Китая*	8	101
Потепление «на руку» ураганам*	8	102
Похолодание на фоне потепления*	8	97
Природные катастрофы в Китае*	2	117
Ранние контакты эскимосов с европейцами*	1	117
Солнечная активность и климат*	8	96
Состоится ли потепление?*	8	97
Тропический озон и вулканы*	9	30
Что за потеплением — подъем или падение уровня океана?*	8	95
Эль-Ниньо и климат всей планеты*	8	100

## ОКЕАНОЛОГИЯ

Воздействие урагана «Эндрю» на морское дно*	11	120
Загоризонтный радар следит за движением урагана*	7	118
Кроссовка-«океанолог»*	6	114
Лендеры — новая аппаратура для изучения геологии океана*	6	115
Морские «барашки» — особое состояние вещества?*	6	115
Океан изучается в бассейне*	9	119
Поглощает ли южная часть Тихого океана CO <sub>2</sub> во все сезоны года?*	8	99
Подводные горы Атлантики*	1	116
Раковинные головоногие, рыбы и кислород. Несис К. Н.	8	40
Российско-итальянская экспедиция в экваториальную Атлантику*. Разницын Ю. Н.	4	115
Современный подводный вулканизм под наблюдением*	3	120
Тепловой источник энергии для глубоководных аппаратов*. Михальцев И. Е.	5	116
Цикличность температуры и течений в океане*	8	99
Эль-Ниньо преподносит сюрприз*	12	111

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ,  
ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ,  
ПАЛЕОАНТРОПОЛОГИЯ

Антарктида была «теплой»*	7	120
Вездесущ ли динозавры?*	11	121
В ледниковую эпоху над Антарктидой преобладали ветры из Патагонии*	10	123
Гренландский ледник пройден насквозь*	1	117
Динозавры в Антарктиде*	10	126
Древнейшее из панцирных существ*	11	120
Еще одна птицеобразная рептилия из меловых отложений Монголии*. Мащенко Е. Н.	12	49
Загадка «странника во времени»*	9	10
Изотопы кислорода в фораминиферах — индикаторы изменения климата*	1	118
Инертные газы рассказывают о палеотемпературах*	8	104
Искапаемый лес*	9	121
Как из камня выжать кровь?*	1	117
Когда Землей «правили» пауки*	2	118
Кто погубил карликового бегемота?*	9	114
«Мамонтовое собирательство» в бассейне Десны. Чубур А. А.	7	54
Неандерталец не был «отсталым»*	6	118
О возрасте цветковых растений*	7	120
Океаны и континенты полмиллиарда лет назад*	10	124
Оледенение наступало внезапно*	5	118
Палеонтологическая контрабанда*	11	107
Первая находка скелета архидискодонтового слона в Сибири. Васильев С. К., Гребнев И. Е.	9	112
По следам былых Эль-Ниньо*	10	125
Сколько весил индрикотерий?*	9	11
Сколько лет американцу?*	4	117
Следы древнего цунами*	10	125
Следы древнейшего лабиринтодонта из Англии*	8	123
Эмбрион мамонтенка со стоянки Шестаково*. Мащенко Е. Н.	11	121
Яйцо слоновой черепахи*	12	113

## АРХЕОЛОГИЯ. ЭТНОГРАФИЯ

Археологические древности под Лувром*	11	122
Были ли древние англосаксы мореходами?*	5	117
В Арктике найден один из ранних рисунков человека*	2	119
Великолепные лошади блестящих скал Алтая. Молодин В. И., Черемсин Д. В.	9	55
В железном веке «панков» не было*	10	47
Весь. Рябинин Е. А.	1	86
Водопровод, сработанный в библейские времена*	9	54
Восточная граница Древней Руси в IX—X вв. Пряхин А. Д.	11	25
«Гонка вооружений» в древние времена*	10	54
Древнее гончарство: экспериментальное изучение. Васильева И. Н., Салугина Н. П., Цетлин Ю. Б.	12	46
Древние славяне и античный мир. Рыбаков Б. А.	10	37
Древности затопленного Белоозера. Макаров Н. А., Захаров С. Д.	4	62
Древняя Рязань. Даркевич В. П.	6	30
Защитить древнее наскальное искусство*	1	113
Как погиб Эцти?*	5	118
Космические аппараты помогают археологам*	4	117
Кто был первым земледельцем?*	8	123
Найдены стены Трои?*	9	54
На пути к экспериментальной археологии*	4	117
Охота на мамонта: математическая модель*	7	57
Первые пивовары*	12	114
Пещера Анри Коске. Дзвлет Е. Г.	8	108
Сенсационная находка ископаемого человека в Испании. Ранов В. А.	3	27
Сколько лет онежскому бесу? Дзвлет Е. Г.	3	119
Уникальные энеолитические святилище в Каракумах. Соловьева Н. Ф.	4	69
Фараоново пиво*	1	118
«Цветомызыка» каменного века*	7	120
Чудь заволочская. Рябинин Е. А.	8	22

## РЕЦЕНЗИИ

Антропология в современном изложении (на кн.: Е. Н. Хрисанфова, И. В. Первозчиков. Антропология). Козинцев А. Г.	7	123
Архипелаг саободы? (на кн.: Дуглас Вайнер (Уинер). Экология в советской России). Чесноков Н. И.	3	123
В преддверии столетия Нобелевских премий (на кн.: Р. Сульман. Завещание Альфреда Нобеля). Блох А. М.	12	115
Воспоминания М. М. Завадовского (на кн.: М. М. Завадовский. Страницы жизни). Иванов В. И.	2	120
Иллюзия прогресса (на кн.: XX век: последние 10 лет 1990—1991...2000). Миркин Б. М.	11	123
Истинный натуралист — всегда художник (на кн.: В. М. Смирин, Ю. М. Смирин. Звери в природе). Гиляров А. М.	1	121
Наука и социальная катастрофа (на кн.: В. Я. Александров. Трудные годы советской биологии). Голубовский М. Д.	6	120
Отшельники моря (на кн.: Н. А. Мягков. Акулы: мифы и реальность). Дюков В. А.	9	120
Пермь — не город, а система (на кн.: С. И. Ваксман. Условный знак — Пермь). Флоренский П. В., Соловьева М. Н.	8	124

Термодинамика и... гуманизм (на кн.: А. П. Назаретян. Интеллект во Вселенной. Истоки, становление, перспективы). <b>Седов Е. А.</b>	5	120
Уточненный перевод классического труда Ч. Дарвина (на кн.: Чарлз Дарвин. Происхождение видов путем естественного отбора или сохранение благоприятных рас в борьбе за жизнь). <b>Полянский Ю. И.</b>	4	119

## РЕЗОНАНС

Еще раз о применимости ядерно-взрывных технологий. <b>Адамский В. Б.</b>	4	45
Журналист смотрит в книгу... <b>Смондырев М. А.</b>	11	20
Ответ Дедала	12	98
Пневмо- и гидропушки ослепляют личинок морских рыб. <b>Островский М. А.</b>	8	91

## НОВЫЕ КНИГИ

1 122; 2 44; 3 82;

## КОРОТКО

1 120; 2 119; 3 122; 4 118; 5 8, 119;  
6 119; 7 122; 8 116; 11 125; 12 117

## ИЗ РЕДАКЦИОННОЙ ПОЧТЫ

4 121; 6 104

## ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

«Академик-путешественник» П. К. Козлов. <b>Сергей Лесной.</b>	4	122
В. Р. Вильямс как предтеча российской агроэкологии. <b>Миркин Б. М.</b>	1	124

Из истории Абастуманской астрофизической обсерватории. <b>Бронштэн В. А.</b>	2	123
Путешествие в Среднюю Азию. <b>Эпик Э. Ю.</b>	7	125
«Россия вновь возродится...» (Судьба Николая Андреевича Бородина). <b>Изюмов А. И.</b>	3	125
Русский немец, приумноживший славу России. <b>Келлер Н. Б.</b>	11	126
«Слабые силы» против «сильных взаимодействий» (Как Шелдона Глэшоу не пустили в Россию) (публикация <b>Блоха А. М.</b> , <b>Верещинского Л. И.</b> ; комментарии <b>Блоха А. М.</b> )	5	128
Судьба «невозвращенца» А. Е. Чичибабина (в свете неопубликованных документов). <b>Волков В. А.</b> , <b>Куликова М. В.</b>	9	122
Таланты С. И. Барановского. <b>Нордега И. Г.</b>	6	125

## В КОНЦЕ НОМЕРА

Алхимия Габриэля Гарсия Маркеса. <b>Гельман Э. Е.</b>	8	126
Вопрос, конечно, интересный. <b>Бялко А. В.</b>	10	127

## РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

1 31; 3 83; 4 79, 99; 5 70; 6 29; 7 67, 85, 89; 8 81, 125; 9 45, 128; 10 21; 12 32

## НЕКРОЛОГ

Памяти Льва Павловича Зоненшайна	2	104
----------------------------------	---	-----

# Авторский указатель журнала «Природа» 1993 года

А бдурагимов И. М. (см. Однолько А. А.)	1	28	Бронштэн В. А.	2	123	Данилов А. Д. (см. Авдюшин С. И.)	3	33
Авдюшин С. И. (см. Данилов А. Д.)	3	33	Бялко А. В.	8	21	Данилов Ю. А.	12	24
Агол В. И.	11	96		8	105	Даркевич В. П.	6	30
Адамский В. Б.	4	45		10	127	Демпстер В. Ф. (см. Нельсон М. и др.)	10	66
Аллэн Дж. П. (см. Нельсон М., Берджесс Т. Л., Ли Л., Аллинг А., МакКаллум Т., Демпстер В. Ф., Альварес-Ромо Н., Уолфорд Р. Л.)	10	66	Бямба Ж. (см. Зайцев Н. С., Яншин А. Л.)	3	50	Добротина Н. А. (см. Юлова Г. А.)	8	59
Аллинг А. (см. Нельсон М. и др.)	10	66		11	59	Дольник В. Р.	1	72
Альварес-Ромо Н. (см. Нельсон М. и др.)	10	66	Вартамян Г. С. (см. Бредехоефт Дж. Д., Роуэллоффс Э.)	11	59		2	73
Андрианов И. В. (см. Маневич Л. И.)	2	67	Василенко В. Ф.	5	81	Дубов П. Л. (см. Франк-Каменецкий В. А., Шафрановский И. И.)	6	96
Антонюк П. Н. (см. Галиулин Р. В., Макаров В. С.)	7	28	Васильева И. Н. (см. Салугина Н. П., Цетлин Ю. Б.)	12	46	Дэвлет Е. Г.	1	113
Аплонс С. В. (см. Скотт Р.)	10	48	Васильев С. К. (см. Гребнев И. Е.)	9	112		3	119
Арманд А. Д.	2	4	Вельков В. В.	11	94	Дюков В. А.	8	108
Арутюнян И. Н.	2	42	Вернадский В. И.	9	92	Дятлов А. И.	9	120
	3	14	Викторов А. Г.	3	113		9	102
	4	48	Виноградов М. Е. (см. Шушкина Э. А.)	9	3	Евдокимов Ю. М.	6	108
	8	73	Власов Н. Г.	8	74	Емельянов Е. М. (см. Харин Г. С.)	1	32
	10	20	Войс Э.	8	92		1	32
	11	67	Волков В. А. (см. Куликова М. В.)	9	122	Жаркова Г. М. (см. Сонин А. С.)	4	16
Астрахан Е. Д. (см. Соколов Л. С.)	7	68	Воловник С. В.	2	39	Жигалин А. Д.	2	15
						Жумакан-улы А.	12	33
Б агдасаров Ю. А.	11	43	Галимов Э. М.	3	3	Зайцев Н. С. (см. Бямба Ж., Яншин А. Л.)	3	50
Бажанов В. А.	7	31	Галиулин Р. В. (см. Антонюк П. Н., Макаров В. С.)	7	28	Замятнин А. А.	5	65
Баранов Б. В. (см. Чамов Н. П.)	5	114	Галиулин Р. В.	7	74	Захаров С. Д. (см. Макаров Н. А.)	4	62
Басов И. А.	4	110	Гвоздев В. А.	11	86	Закцер И. С. (см. Язвин Л. С., Боревский Б. В.)	6	3
	8	121	Гельман Э. Е.	7	96	Злобин Ю. А.	12	106
Беккер А. А.	8	30	Гилларов А. М.	8	126	Зубрева М. Ю.	9	69
Белостоцкий И. И.	8	30	Гинзбург В. Л.	1	121			
Берджесс Т. Л. (см. Нельсон М. и др.)	11	104	Голубовский М. Д.	2	92			
Блох А. М.	3	66		3	72			
	12	11	Гоманьков А. В.	4	92			
	12	115	Горелик Г. Е. (см. Савина Г. А.)	6	120			
Богачкин Б. М. (см. Рогожин Е. А.)	4	32		4	100			
Богданов Н. А.	1	69	Гороченкова О. Н.	5	86	Ибраимов А. И. (см. Курманова Г. У.)	4	80
Богданов Ю. А.	3	118	Гребнев И. Е. (см. Васильев С. К.)	8	82	Иванов В. И.	2	120
Боревский Б. В. (см. Закцер И. С., Язвин Л. С.)	6	3	Гриненко В. А. (см. Кроуз Р.)	10	81	Иванов В. Т.	5	28
Борисов Б. А.	4	41	Гриценко В. Н.	4	91	Иванов М. К. (см. Мурдмав И. О.)	2	45
Бредехоефт Дж. Д. (см. Вартамян Г. С., Роуэллоффс Э.)	11	59		9	112	Иванова Э. И. (см. Столповский Ю. А.)	12	42
				1	60	Ивановский В. В.	6	53
				10	120			
				2	113			

Идлис Р. Г. (см. Меклер Л. Б.)	5	29	Минеев Д. А. (см. Кораго А. А.)	6	74	ко С. В., Офман Г. Ю., Хавкин В. П.)	3	16
Изотов Г. Е.	7	4	Мирабель И. Ф.	6	48	Пономаренко С. В.		
Изюмов А. И.	3	125	Миркин Б. М.	1	124	(см. Пономаренко Е. В., Офман Г. Ю., Хавкин В. П.)	3	16
Иин Ксянгу	1	21	Михайлов К. Г.	4	110	Попов А. Г. (см. Кадомцев С. Б., Позняк Э. Г.)	7	19
Иноземцев А. А.	7	41	Михальцев И. Е.	3	115	Полов Е. М.	6	59
Кадомцев С. В. (см. Позняк Э. Г., Попов А. Г.)	7	19	Мищенко М. В. (см. Поляк Б. Г.)	1	70	Пригожин И. Р.	12	13
Калица А. А.	10	106	Мокульский М. А. (см. Кнорре Д. Г.)	5	63	Прохоров Б. Б.	3	43
Карагодина И. Л. (см. Солдаткина С. А.)	6	10	Молодин В. И. (см. Черемисин Д. В.)	9	55	Пряхин А. Д.	11	25
Карасева Е. В.	6	16	Мурдмаа И. О. (см. Иванов М. К.)	2	45	Разницын Ю. Н.	4	115
Кароль И. Л.	5	9	Нельсон М. (см. Берджесс Т. Л., Ли Л., Аллинг А., Мак-Каллум Т., Демпстер В. Ф., Альварес-Ромо Н., Уолфорд Р. Л., Аллен Дж. П.)	10	66	Ранов В. А.	3	27
Келлер Н. Б.	11	126	Несис К. Н.	6	112	Расницын А. П.	4	87
Киселев Л. Л.	7	90	Никитин А. И.	7	99	Расматуллаев А. Р.	9	84
Кнорре Д. Г. (см. Мокульский М. А.)	5	63	Никитин С. А.	1	106	Ревич Б. А.	2	24
Кожушнер М. А.	1	102	Однолько А. А. (см. Абдурагимов И. М.)	1	28	Рогожин Е. А. (см. Богачкин Б. М.)	4	32
Козинцев А. Г.	7	123	Озернюк Н. Д.	9	72	Родкин М. В. (см. Шебалин Н. В.)	6	68
Кораго А. А. (см. Минеев Д. А.)	6	74	Островский М. А.	8	91	Розправка Я. Я. (см. Юфит С. С.)	4	15
Корогодина В. И. (см. Корогодина В. Л.)	12	3	Офман Г. Ю. (см. Пономаренко Е. В., Пономаренко С. В., Хавкин В. П.)	3	16	Ройцин А. Б.	8	10
Корогодина В. Л. (см. Корогодина В. И.)	12	3	Пайерлс Р.	12	83	Роуэллоффс Э. (см. Вартамян Г. С., Бредехоефт Дж. Д.)	11	59
Кочуров Б. И.	11	46	Пауль Р. К. (см. Холодов В. Н.)	2	30	Рубинин П. Е.	10	96
Кравец А. Л.	5	3	Петрова Н. А. (см. Чернаенко В. М.)	8	3	Рыбаков Б. А.	10	37
Крельман Э. Б.	9	62	Плюснин Ю. М.	9	75	Рябинин Е. А.	1	86
Кроу Г.	7	11	Позняк Э. Г. (см. Кадомцев С. Б., Попов А. Г.)	7	19	Савельев С. В.	10	55
Кроуз Р. (см. Гриненко В. А.)	1	60	Поливанова Е. Н.	12	107	Савина Г. А., (см. Горелик Г. Е.)	8	82
Кузьмин С. Л.	1	56	Поляк Б. Г. (см. Мищенко М. В.)	1	70	Салин Ю. С.	5	71
Кулаев Б. С.	11	72	Полянскый Ю. И.	1	13	Салугина Н. П. (см. Васильева И. Н., Цетлин Ю. Б.)	12	46
Куликова М. В. (см. Волков В. А.)	9	122	Померанец К. С.	10	9	Сачков Ю. В.	4	3
Курманова Г. У. (см. Ибраимов А. И.)	4	80	Пономаренко Е. В.	5	67	Свиточ А. А. (см. Талденкова Е. Е.)	8	66
Леонюк Л. И.	10	3	Пономаренко С. В.	3	16	Седов Е. А.	5	120
Лесной С.	4	122	Пайерлс Р.	12	83	Сидорин А. Я.	2	116
Ли Л. (см. Нельсон М. и др.)	10	66	Пауль Р. К. (см. Холодов В. Н.)	2	30	Сидорович В. Е.	11	52
Лупандин В. М.	4	11	Петрова Н. А. (см. Чернаенко В. М.)	8	3	Скотт Р. (см. Аплоннов С. В.)	10	48
Лучков Б. И.	1	100	Плюснин Ю. М.	9	75	Следков А. Ю.	2	87
Мак-Каллум Т. (см. Нельсон М. и др.)	10	66	Позняк Э. Г. (см. Кадомцев С. Б., Попов А. Г.)	7	19	Смондырев М. А.	11	20
Макаров В. И.	3	60	Поливанова Е. Н.	12	107	Соколов Б. С.	6	89
Макаров В. С. (см. Антоноук П. Н., Галулин Р. В.)	7	28	Поляк Б. Г. (см. Мищенко М. В.)	1	70	Соколов Л. С. (см. Астрахан Е. Д.)	7	68
Макаров Н. А. (см. Захаров С. Д.)	4	62	Полянскый Ю. И.	1	13	Солдаткина С. А. (см. Карагодина И. Л.)	6	10
Маневич Л. И. (см. Андрианов И. В.)	2	67	Померанец К. С.	10	9	Соловьева М. Н. (см. Флоренский П. В.)	8	124
Машенко Е. Н.	11	121	Пономаренко Е. В.	5	67	Соловьева Н. Ф.	4	69
Медников Б. М.	7	58	Пономаренко С. В.	3	16	Соломина О. Н.	2	48
Мей Ван Хо	3	76	Пайерлс Р.	12	83	Сонин А. С.	1	94
Меклер Л. Б. (см. Идлис Р. Г.)	5	29	Пауль Р. К. (см. Холодов В. Н.)	2	30	Сонин А. С. (см. Жаркова Г. М.)	4	16
Мещеряков М. Г.	3	93	Петрова Н. А. (см. Чернаенко В. М.)	8	3	Столповский Ю. А.	2	32
			Плюснин Ю. М.	9	75	Столповский Ю. А. (см. Иванова Э. И.)	12	42
			Позняк Э. Г. (см. Кадомцев С. Б., Попов А. Г.)	7	19	Страхов В. Н.	4	25
			Поливанова Е. Н.	12	107	Сывороткин В. Л.	9	35
			Поляк Б. Г. (см. Мищенко М. В.)	1	70			
			Полянскый Ю. И.	1	13			
			Померанец К. С.	10	9			
			Пономаренко Е. В.	5	67			
			Пономаренко С. В.	3	16			
			Хавкин В. П.)	3	16			

Талденкова Е. Е. (см. Свиточ А. А.)	8	66	Хвин В. Е.	2	104	Ширгазин О. Р.	3	84
Татевосян Р. Э.	4	26	Хволес А. Г. (см. Федоров В. В.)	6	104	Шмерлинг Ж. Т.	11	79
Таунсенд Д. В.	10	114	Харин Г. С. (см. Емельянов Е. М.)	1	32	Шноль С. Э.	1	40
Тимофеев С. Ф.	6	110	Холодов В. Н. (см. Пауль Р. К.)	2	30		8	42
Ткачук В. А.	1	103					11	78
Трофимов Б. А.	6	80					11	85
Трубников Б. А.	11	3					2	111
			Цыпкин Б. С.	5	107	Шутова О. И. Шутова О. И. (см. Якушева Е. О.)	4	88
Уолфорд Р. Л. (см. Нельсон М. и др.)	10	66	Цетлин Ю. Б. (см. Васильева И. Н., Са- лугина Н. П.)	12	46	Шушкина Э. А. (см. Виноградов М. Е.)	9	3
Устинов В. И.	5	22						
			Чамов Н. П. (см. Баранов Б. В.)	5	114	Эпик Э. Ю.	7	125
Фадеев М. А.	11	28	Черемисин Д. В. (см. Молодин В. И.)	9	55	Эфрон К. М.	11	71
Фальковский Л. А.	10	95	Чернаенко В. М. (см. Петрова Н. А.)	8	3			
Федоров В. В.	6	104	Чесноков Н. И.	3	123	Юлова Г. А. (см. Добротина Н. А.)	8	59
(см. Хволес А. Г.)	10	94	Чубур А. А.	7	54	Юфит С. С. (см. Розправка Я. Я.)	4	15
Фейнберг Е. Л.	11	30	Чумаков И. С.	12	68			
Флоренский П. А.	12	50						
			Шапоренко С. И.	9	46	Язвин Л. С. (см. Зекцер И. С., Бо- ревский Б. В.)	6	3
Флоренский П. В. (см. Соловье- ва М. Н.)	8	124	Шафрановский И. И. (см. Дубов П. Л., Франк-Камеице кий В. А.)	6	96	Якобсон К. Э.	7	86
Фок М. В.	10	107	Шварцбург А. А.	1	106		12	26
Фрадков А. Б.	7	105	Шебакин Н. В. (см. Родкин М. В.)	6	68	Якушева Е. О. (см. Шутова О. И.)	4	88
Франк-Камеице кий В. А. (см. Ду- бов П. Л., Шафра- новский И. И.)	6	96	Шевелев А. С.	5	95	Яншин А. Л. (см. Зайцев Н. С., Бям- ба Ж.)	3	50
Фриш В. А.	12	76		9	108	Ярошевский А. А.	7	33
Фрумкин Ю. М.	4	72						
Хавкин В. П. (см. Пономаренко Е. В., Пономаренко С. В., Офман Г. Ю.)	3	16						

Над номером работали  
Ответственный секретарь  
Л. П. БЕЛЯНОВА

Заместитель ответственного  
секретаря  
В. И. ЕГУДИН

Научные редакторы  
И. Н. АРУТЮНЯН  
О. О. АСТАХОВА  
А. Н. ГРИЦУК  
М. Ю. ЗУБРЕВА  
Г. М. КАРАСЕВА  
Г. В. КОРОТКЕВИЧ  
Л. Д. МАЙОРОВА  
Н. В. УСПЕНСКАЯ  
О. И. ШУТОВА

Литературный редактор  
Г. В. ЧУБА

Художественные редакторы  
Л. М. БОЯРСКАЯ, Л. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией  
И. Ф. АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор  
Е. Е. БУШУЕВА

Корректоры  
Р. С. ШАЙМАРДАНОВА  
Т. Н. МОРОЗОВА

В художественном оформлении  
номера принимала участие  
В. С. КРЫЛОВА



Ордена Трудового Красного  
Знамени Всероссийское  
объединение «Наука»

Адрес редакции:  
117810, Москва, ГСП-1,  
Мероновский пер., 26  
Тел.: 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 9.11.93.  
Подписано в печать 2.02.94.  
Формат 70×100 1/16  
Бумага типографская № 1  
Офсетная печать  
Усл. печ. л. 10,32.  
Усл. кр.-отт. 629,0 тыс.  
Уч.-изд. л. 15,0.  
Тираж 23 486 экз.  
Зак. 1937

Ордена Трудового  
Красного Знамени  
Чеховский полиграфический  
комбинат  
142300, г. Чехов Московской  
области

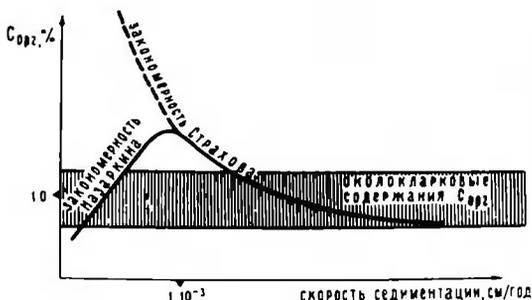
Концентрации космогенного радиоуглерода за последние более чем 10 тыс. лет выделены в крупномасштабные циклы, составляющие примерно 200 и 2000 лет. По историческим и природным архивам исследуется связь между изменениями солнечной активности, климата и содержанием радиоуглерода.

**Дергачев В. А. РАДИОУГЛЕРОДНЫЙ ХРОНОМЕТР**



С развалом плановой социалистической экономики мы неожиданно осознали, что взаимоотношение науки с обществом — дело непростое. У астрономов тоже возникли проблемы, решая которые полезно изучить опыт своих зарубежных коллег.

**Сурдин В. Г. АСТРОНОМИЯ И ОБЩЕСТВО**

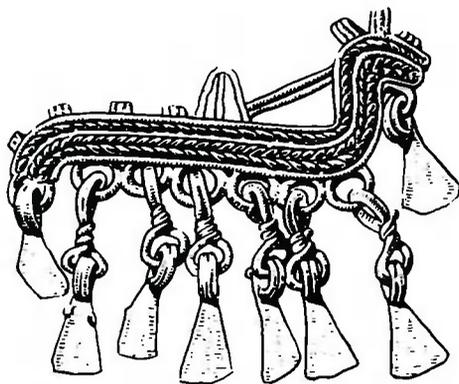


Одна из характернейших особенностей металлоносных черных сланцев — повышенное содержание органического углерода. Что же послужило причиной формирования этих необычных пород? Какие факторы могли повлиять на утечку углерода из биосферного цикла в «черносланцевые эпохи»?

**Юдович Э. Я. ЭТИ ЧЕРНЫЕ-НЕЧЕРНЫЕ СЛАНЦЫ...**

В последние годы стало ясно, что классические представления о работе синапса, осуществляющего межнейронные взаимодействия, недостаточны. Одна из возможных дополнительных гипотез — универсальный механизм электрической обратной связи.

**Бызов А. Л. УПРАВЛЯЕМЫЕ СИНАПСЫ**



Археологические древности Волго-Клязьминского междуречья и Ярославско-Костромского Поволжья, предшествующие славянскому освоению этих территорий, позволяют восстановить процесс развития и смены этнических общностей на северо-востоке Руси — основной области формирования великорусского населения и общерусской национальной культуры.

**Рябинин Е. А. МЕРЯ**

50 р.  
Индекс 70707



ISSN 0032-072X. Природа. 1993. № 12. 1-120.