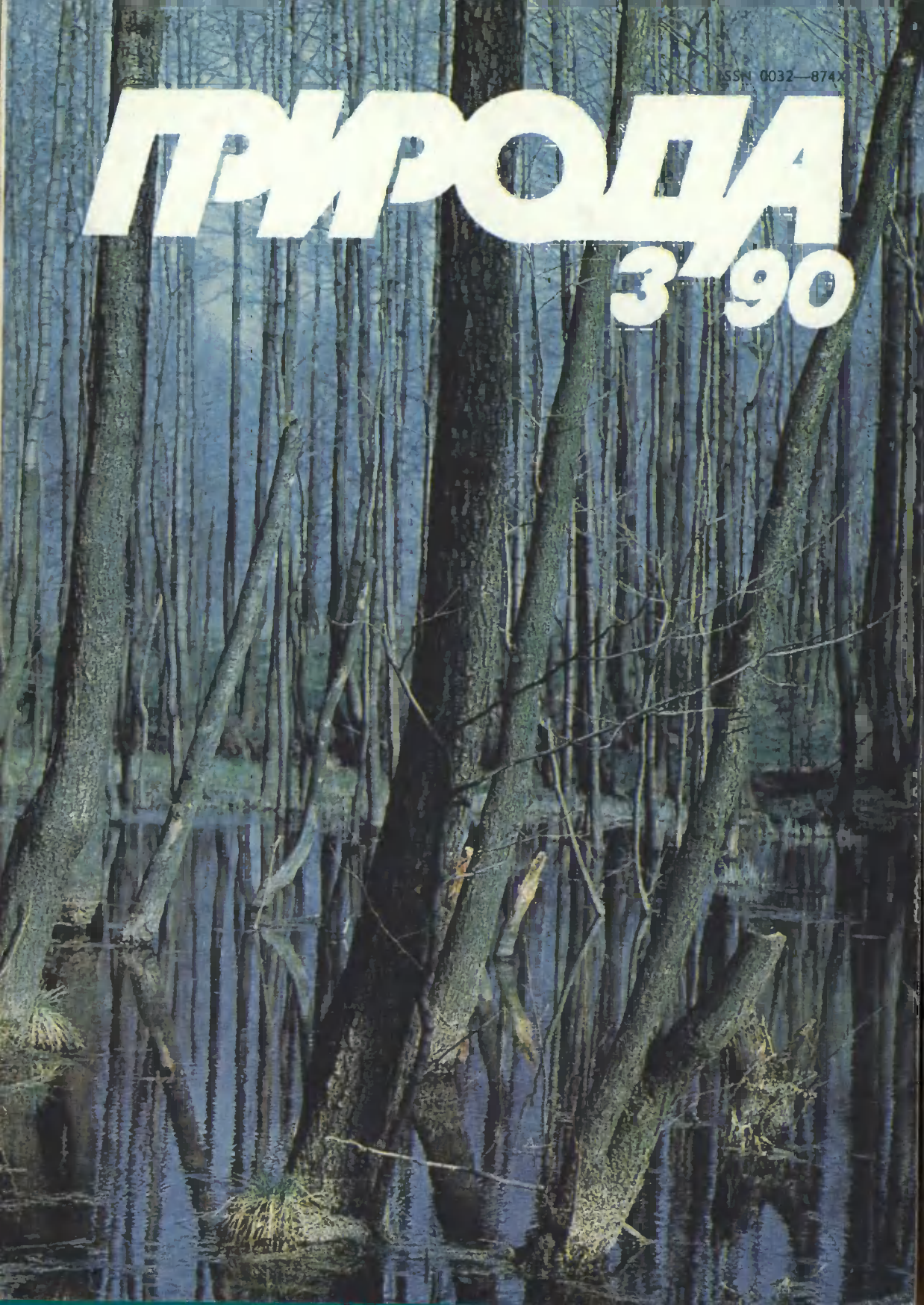


ISSN 0032-874X

ПРИРОДА

3'90



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

академик

Н. Г. БАСОВ

Кандидат физико-математических наук

А. И. АНТИПОВ

Доктор физико-математических наук

Е. В. АРТЮШКОВ

Член-корреспондент АН СССР

Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук

А. А. ВЕЛИЧКО

Академик

В. А. ГОВЫРИН

Заместитель главного редактора

Ю. Н. ЕЛДЫШЕВ

Член-корреспондент АН СССР

Г. А. ЗАВАРЗИН

Академик

В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук

Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук

С. П. КАПИЦА

Доктор физико-математических наук

И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук

А. А. КОМАР

Академик

Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор геолого-минералогических наук

[И. Н. КРЫЛОВ]

Доктор философских наук

Н. В. МАРКОВ

Ответственный секретарь

[В. М. ПОЛЫНИН]

Доктор исторических наук

П. И. ПУЧКОВ

Заместитель главного редактора

академик

Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Доктор философских наук

Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора

доктор биологических наук

А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР

А. А. СОЗИНОВ

Академик

В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук

М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора

кандидат технических наук

А. С. ФЕДОРОВ

Заместитель главного редактора

член-корреспондент АН СССР

Л. П. ФЕОКТИСТОВ

Академик

В. Е. ХАИН

Доктор физико-математических наук

А. М. ЧЕРЕПАЩУК

Доктор физико-математических наук

В. А. ЧУЯНОВ

ПРИРОДА

**ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
ПОПУЛЯРНЫЙ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
АКАДЕМИИ НАУК СССР**

Издается с января 1912 года



НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Весеннее половодье. См. в номере: Авакян А. Б., Полюшкин А. А. Наводнения.

Фото Н. М. Данилочкина.

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Букет из аквамарина, изумруда, топаза, оливины, граната и других драгоценных камней (выполнен И. Позье около 1740 г.). См. в номере: Здорик Т. Б., Фельдман Л. Г. Аквамарин.

Фото А. В. Свердлова.



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



© Академия наук СССР
журнал «Природа» 1990

В НОМЕРЕ

3 Левченко Е. Б., Львов Ю. М. МОЛЕКУЛЯРНОЕ ЗОДЧЕСТВО

Сегодня за этой метафорой — реальные методы создания материалов с новыми свойствами, основанные на способности сложных молекул образовывать упорядоченные сверхструктуры.

12 Авакян А. Б., Полюшкин А. А. НАВОДНЕНИЯ

Интенсивное использование рек и их водосборов неизбежно приводит к увеличению частоты наводнений. Выбраться из этого замкнутого круга, возможно, позволят не столько инженерные методы борьбы, сколько регулирование хозяйственного развития в поймах, подверженных наводкам.

21 Гордеев В. А., Кутень С. А. КРУГЛЫЙ ЛИ АТОМ ВОДОРОДА?

Установлена еще одна квантовая характеристика атома водорода — электрический квадрупольный момент. Это означает, что простейший из атомов не сферически симметричный.

30 Матишов Г. Г. МОРЕ НА ГРАНИ ОПУСТОШЕНИЯ

Экологические бедствия в Баренцевом море — пример пагубного преобладания экономических интересов над разумным использованием природных богатств.

38 Казьмин В. Г. ПОКРОВНЫЕ БАЗАЛТЫ И РАСКОЛ КОНТИНЕНТОВ

Образование гигантских провинций покровных базальтов на различных континентах, скорее всего, связано со струями горячего мантийного материала, который поднимается из глубин.

КАМЕНЬ МЕСЯЦА

46 Здорик Т. Б., Фельдман Л. Г. АКВАМАРИН

50 ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА МАТВЕЕВИЧА ПОЛЫНИНА

51 Келлер Н. Б. ФАУНА ПОДВОДНЫХ ГОР

Глубоководные аппараты «Мир» и «Звук» впервые позволили биологам изучить особенности фауны на подводных горах Средиземного моря и Северной Атлантики.

54 СОТРУДНИЧЕСТВО В ИЗУЧЕНИИ ПЛАНЕТ

Взаимодействие советских и американских планетологов имеет уже солидную историю. Каковы ближайшие перспективы сотрудничества в этой области?

ЧТО «МАГЕЛЛАН» УВИДИТ НА ВЕНЕРЕ.
Беседа с Саундерсом Р. С. (55)
«КРЕПКИЕ ОПОРЫ ОФИЦИАЛЬНОГО
МОСТА». Беседа с Хэдом Дж. У. и
Барсуковым В. Л. (60)

64 Лойша В. А., Попов Л. Н. МИНИМУМ МАУНДЕРА — СОМНИ- ТЕЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

Сведения о полярных сияниях в далеком прошлом, извлеченные из различных исторических источников, заставляют усомниться в резком спаде солнечной активности, будто бы происшедшем в 1645—1715 гг.

71 ВОЗРОЖДЕННОЕ ОБЩЕСТВО

В ноябре прошлого года было создано Физическое общество СССР. О его целях и задачах, том месте, которое оно должно занять в уже существующей структуре управления наукой, рассказывает президент Общества профессор С. П. Капица.

ВОЗВРАЩЕНИЕ

78 НАШ ДОБРЖАНСКИЙ

Наука не знает государственных границ — эту истину как нельзя лучше подтверждает судьба крупнейшего биолога современности Ф. Г. Добржанского.

Галл Я. М., Конашев М. Б. КЛАС-
СИК [79]
Сорокина М. Ю. ДАЛЬНИЙ ПУТЬ К
БОЛЬШОМУ БУДУЩЕМУ [88]
ИЗ ПЕРЕПИСКИ Ф. Г. ДОБРЖАНСКО-
ГО С В. И. ВЕРНАДСКИМ [91]

97 Сонин А. С. СОВЕЩАНИЕ, КОТОРОЕ НЕ СОСТОЯ- ЛОСЬ

Обнаруженные в архивах документы свидетельствуют, что в 1949 г. готовилось совещание по физике, аналогичное печально знаменитой сессии ВАСКНИЛ 1948 г. Физика, как и биология, могла оказаться жертвой невежества, карьеризма и нетерпимости в борьбе за власть, где цель оправдывала любые средства.

103 НОВОСТИ НАУКИ [76]

119 КОРОТКО [20] ИНФОРМАЦИЯ [11, 45, 96]

120 РЕЦЕНЗИИ

122 НОВЫЕ КНИГИ

124 ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ НИКИТИН В. А. СРЕДНЯЯ АЗИЯ ГЛАЗАМИ С. М. ДУ- ДИНА

CONTENTS

3 Levchenko E. B., Lvov Yu. M. MOLECULAR ARCHITECTURE

Today this metaphor is supposed to hide practicable methods of creating materials with completely new properties, based on the ability of complex molecules to set up regulated super-structures.

12 Avakyan A. B., Polyushkin A. A. FLOODS

Intensified utilization of rivers and their catchment basins inevitably leads to increased floods. Perhaps, the way out of this exclusive circle lies not through artificial constructions but through regulated economic development in flooded regions.

21 Gordeev V. A., Kuten S. A. IS THE ATOM OF HYDROGEN ROUND?

One more quantum characteristic of the hydrogen atom—the electric quadrupole moment—has been determined. This means that the simplest of the atoms is not spherically symmetrical.

30 Matishov G. G. THE SEA AT THE BRINK OF DEVASTATION

Ecological disasters in the Barents Sea are an evidence of fateful predominance of economic interests over the thrifty use of natural resources.

38 Kazmin V. G. CONTINENTAL FLOOD BASALTS AND SPLIT OF CONTINENTS

Formation of vast provinces of continental flood basalts that can be found in all continents is most probably caused by the hot mantle plums that raise from the depths of the Earth.

THE STONE OF THE MONTH

46 Zdorik T. B., Feldman L. G. AQUAMARINE

50 IN MEMORY OF V. M. POLYNIN

51 Keller N. B. THE FAUNA OF THE SEA-MOUNTS

"Mir" and "Zvuk"—two devices for deep underwater research have enabled biologists to study the fauna of sea-mounts in the Mediterranean and the North Atlantic.

54 COOPERATION IN PLANET STUDIES

The Soviet-American cooperation in planet studies has a long history behind it. What can we look forward to?

WHAT WILL "MAGELLAN" SEE ON VENUS. An interview with R. S. Saunders (55)

"THE FIRM PIERS OF THE OFFICIAL BRIDGE". An interview with J. W. Head and V. L. Barsukov (60)

64 Loisha V. A., Popov L. N. THE MAUNDER MINIMUM AS A DOUBTFUL REALITY

Information about northern lights dug out of ancient written sources cast doubt on the idea of sharp decrease in solar activity that allegedly occurred between 1645 and 1715.

71 THE RESURRECTED SOCIETY

In November 1989 a physical society was set up in the USSR. The Society's President Prof. S. P. Kapitza speaks of its aims and tasks, its future place in the present structure of science management.

78 OUR DOBZHANSKY

Science defies state borders—this is what the life of Th. G. Dobzhansky, one of the most prominent biologists of our time, illustrates.

Gall Ya. M., Konashev M. B. THE CLASSIC OF SCIENCE (79) Sorokina M. Y. THE LONG WAY INTO THE BRILLIANT FUTURE (88) FROM THE CORRESPONDENCE BETWEEN TH. G. DOBZHANSKY AND V. I. VERNADSKY (91)

97 Sonin A. S. THE MEETING THAT FAILED TO TAKE PLACE

There is a documentary evidence that in 1949 a meeting on physics that would have gone in the steps of the fateful VASKHNIL session was being prepared. Physics (like biology before it) might have fallen victim of ignorance, careerism and intolerance in the struggle for power when the end justified any means.

103 SCIENCE NEWS (76)

119 NEWS IN BRIEF (20)

INFORMATION (11, 45, 96)

120 BOOK REVIEWS

122 NEW BOOKS

MEETING THE FORGOTTEN PAST

124 Nikitin V. A. CENTRAL ASIA THROUGH THE EYES OF S. M. DUDIN

Е. Б. Левченко,
Ю. М. Львов,

Молекулярное зодчество



Евгений Борисович Левченко, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института атомной энергии им. И. В. Курчатова. Научные интересы связаны с теорией фазовых переходов в неравновесных системах, физикой лиотропных систем, моделированием нейронных сетей. В «Природе» опубликовал совместно с А. А. Веденовым и Л. И. Третьяковой статью: Набухание: от глины к живой клетке (1985. № 11).



Юрий Михайлович Львов, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института кристаллографии АН СССР. Область научных интересов — структурные исследования жидких кристаллов и молекулярных органических пленок.

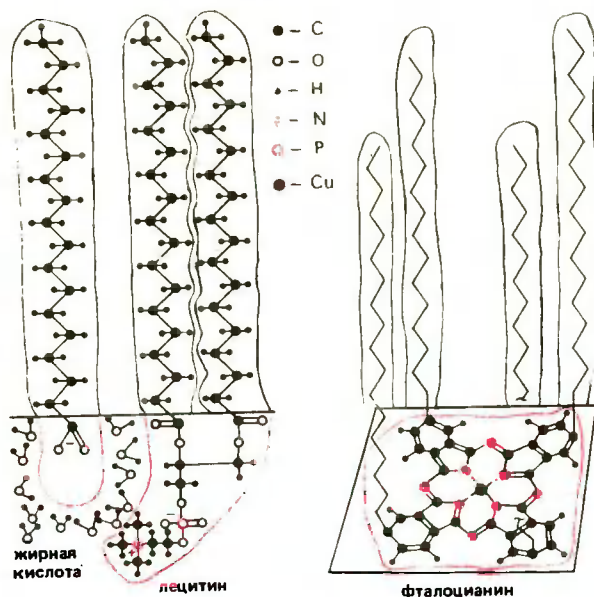
В ПОСЛЕДНИЕ десятилетия резко возрос интерес к новым веществам, обладающим необычными физическими, химическими или конструкционными свойствами. Успехи в их создании и изучении сегодня во многом определяют развитие самых разных отраслей — от машиностроения до медицины.

Некоторые из новейших методов создания таких материалов можно объединить общим названием «инженерия молекулярных сверхструктур», или, более образно, «молекулярное зодчество». Эти методы интенсивно разрабатываются во многих исследовательских лабораториях мира и уже начали проникать в промышленность.

Главная черта, отличающая молекулярное зодчество от других технологий, — целенаправленное использование способности некоторых органических молекул, например амфифильных (мыла, липиды и др.) или белков, самоорганизовываться в агрегаты с четко определенной структурой уже не молекулярного, а надмолекулярного или даже макроскопического масштаба. Возможность использования заимствованного из молекулярной биологии принципа самосборки для молекулярной инженерии доказана созданием целого ряда структур, начиная от простейших моно-или мультислойных диэлектрических мембран до более сложных фото-или хемочувствительных комплексов, содержащих активные молекулы белков. В перспективе — создание надмолекулярных сверхструктур, которые по сложности выполняемых функций были бы сравнимы с современными интегральными микросхемами на кристаллах кремния. И хотя пока нельзя определенно сказать, когда это произойдет, поскольку для построения таких сверхструктур предстоит преодолеть немалые трудности, сама идея «молекулярного компьютера» чрезвычайно заманчива.

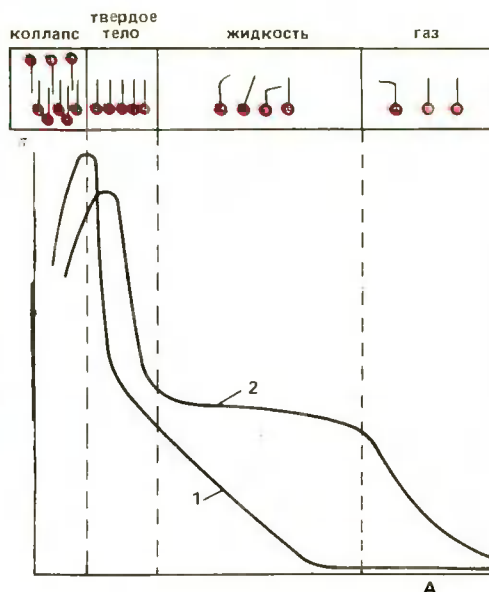
ФОРМИРОВАНИЕ СВЕРХСТРУКТУР ИЗ МОНОСЛОЕВ

Простейший, но, пожалуй, наиболее важный надмолекулярный агрегат — моно-



Структура амфифильных молекул (слева) и зависимость давления монослоя таких молекул на поверхности жидкости от площади (π —А-диаграмма). Амфифильная молекула обычно имеет протяженную гидрофобную часть — «жирный хвост» [обведен темным контуром] — и меньшую по размерам гидрофильную полярную «голову» (цветной контур). На поверхности раздела воздух — жидкость с большим значением диэлектрической проницаемости (например, вода) молекула располагается вполне определенным образом: полярная «голова» погружена в жидкость, а «хвост» находится в воздухе. При сжатии монослоя площадь А, приходящаяся на одну амфифильную молекулу, уменьшается, а давление π увеличивается. Двумерная пленка переходит из состояния, аналогичного газообразному, в жидкое, а затем и в твердое. При чрезмерном сжатии двумерность пленки нарушается — происходит коллапс монослоя. Кривая 1 типична для таких амфифильных веществ, как соли жирных кислот (мыла), кривая 2 — для амфифилов биологического происхождения (липидов).

молекулярный слой органических молекул, образующийся на поверхности жидкости (например, воды, глицерина, ртути). С древности было известно, что некоторые плохо растворимые вещества, растекаясь по поверхности воды, изменяют свойства слоя, с которым соприкасаются (скажем, гасят волны). Наблюдая за движением кусочков камфоры на поверхности воды, покрытой слоем олеиновой кислоты, Рэлей понял, что в определенный момент на воде образуется мономолекулярный слой масла, и сумел рассчитать длину молекул масла и число Авогадро. Современные методы создания монослоев на поверхности жидкостей и манипулирования ими восходят к работам И. Ленгмюра и его сотрудников (в частности, К. Блод-



жетт, К. Шефера), выполненных в 20—30-х годах нашего века.

С физической точки зрения монослой на поверхности жидкости — это двумерная система. Некоторые ее свойства аналогичны свойствам более привычных нам трехмерных объектов — газов, жидкостей, твердых тел. В частности, при сжатии пленки амфифильного вещества подвижным барьером монослоя последовательно переходит из двумерной газообразной фазы в двумерную жидкость, а затем и в твердую фазу. Эти фазовые переходы можно обнаружить, изучая зависимость давления π , оказываемого молекулами в монослое на подвижный барьер¹, от площади А монослоя, приходящейся на одну молекулу поверхности-активного вещества. Однако такие π —А-диаграммы, или, иначе, изотермы сжатия, для амфифильных молекул в некоторых отношениях заметно отличаются от изотерм сжатия обычных жидкостей и газов. Например, при чрезмерном сжатии давление на барьер резко падает — как говорят, происходит коллапс монослоя. В момент коллапса нарушается двумерность системы: на поверхности жидкости возникают «островки», содержащие несколько монослоев, наложенных друг на друга. Умение определять область параметров, в которой в монослое уже существует твердая фаза, но еще не

¹ Давление монослоя измеряется силой, действующей на единицу длины его границы, и по размерности совпадает с коэффициентом поверхностного натяжения.

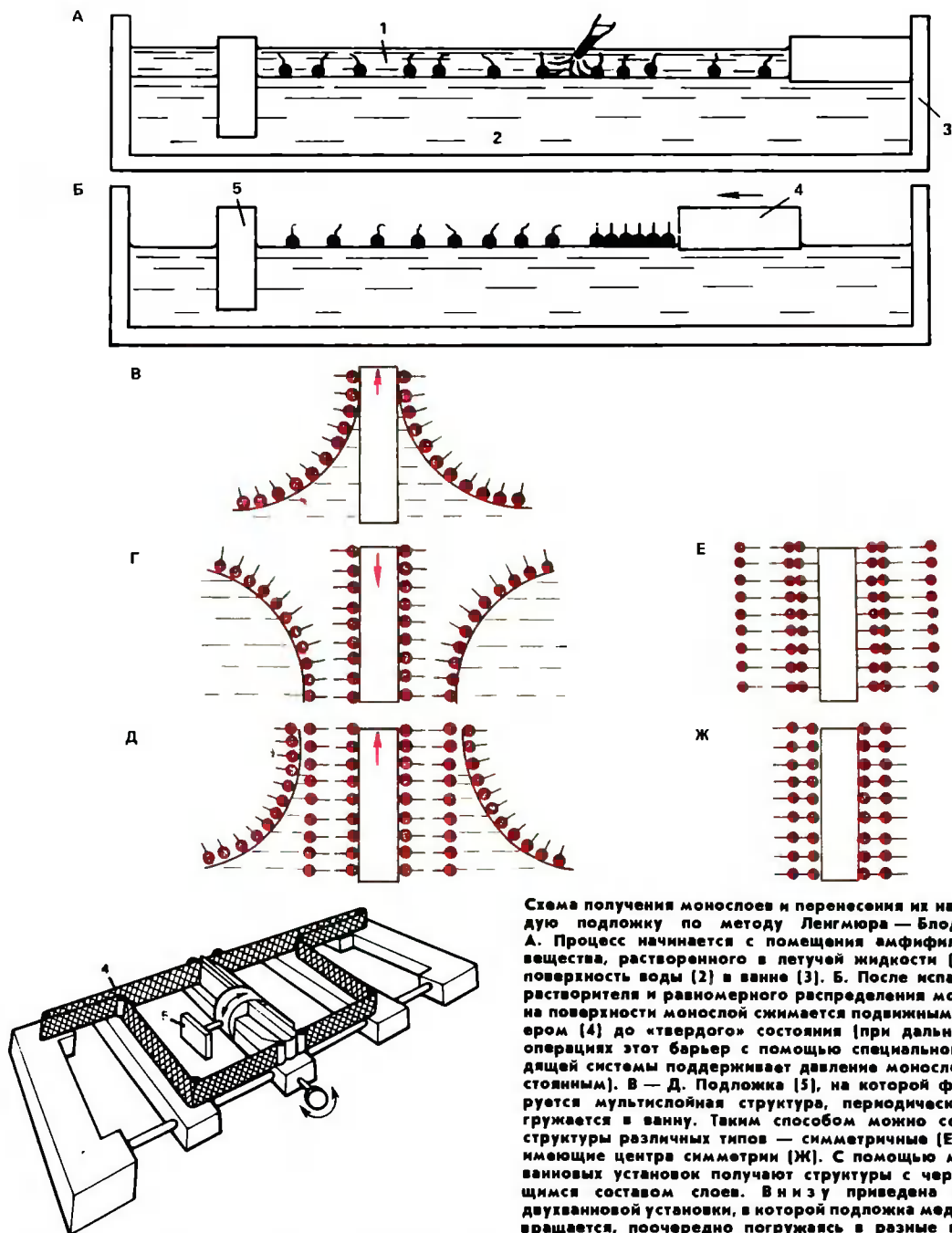


Схема получения монослоев и перенесения их на твердую подложку по методу Ленгмюра — Блоджетт. А. Процесс начинается с помещения амфифильного вещества, растворенного в летучей жидкости (1), на поверхность воды (2) в ванне (3). Б. После испарения растворителя и равномерного распределения молекул на поверхности монослой сжимается подвижным барьером (4) до «твердого» состояния (при дальнейших операциях этот барьер с помощью специальной следящей системы поддерживает давление монослоя постоянным). В — Д. Подложка (5), на которой формируется мультислойная структура, периодически погружается в ванну. Таким способом можно создать структуры различных типов — симметричные (Е) и не имеющие центра симметрии (Ж). С помощью многослойных установок получают структуры с чередующимся составом слоев. Внизу приведена схема двухванновой установки, в которой подложка медленно вращается, попеременно погружаясь в разные ванны.

происходит коллапс, очень важно для практических применений.

При создании молекулярных структур после формирования монослоя на поверхности жидкости его необходимо перенести

на твердую подложку. Сейчас для этого используются несколько методов.

По методу Шефера («горизонтальный лифт») подложку опускают до касания с монослоем на поверхности жидкости. При до-

статочной сильной адгезии поверхностно-активного вещества к подложке его молекулы переходят на поверхность твердого тела и образуют там монослой. Процесс может быть повторен многократно. Метод Шефера применяется, в частности, для переноса на подложку белковых пленок. Но, по-видимому, наиболее популярен в настоящее время способ переноса монослоев, получивший название метода Ленгмюра — Блоджетт (ЛБ). По этому методу подложка с помощью специального устройства периодически погружается в ванну с жидкостью, на поверхности которой предварительно сформирован монослой. Давление π в процессе переноса поддерживается постоянным с помощью ограничивающего площадь монослоя подвижного барьера, положением которого управляет специальное электронное устройство.

За один цикл работы установки (погружение — подъем) на подложку переносится два монослоя, т. е. один бислой; для молекул жирных кислот толщина бислоя составляет 50—60 Å. Таким образом, длина молекул поверхностно-активного вещества является тем минимальным размером, который характеризует создаваемую мультислойную структуру.

Развитие первоначальной схемы Ленгмюра — Блоджетт привело к появлению двухванновых установок, где можно погружать подложки в ванны с жидкостью или жидкостями, на которых сформированы монослои различного состава. Тем самым в руках конструктора оказался метод построения молекулярных сверхструктур, содержащих бислой с различными физическими и химическими свойствами. Планируется создание многованновых технологических цепочек, в которых чередование монослоев в молекулярных ансамблях по заданной программе будет обеспечивать автоматика.

Таким образом, основа метода Ленгмюра — Блоджетт — самосборка амфифильных молекул на поверхности жидкости в упорядоченный определенный образом монослой. При дальнейших операциях этот слой в основном сохраняет свою структуру и свойства.

Обращение с ленгмюровскими слоями (или, как их еще называют, ЛБ-пленками) больше напоминает технологический процесс в такой традиционной отрасли, как машиностроение, чем, скажем, в новейших областях электроники. Действительно, практически любой механизм состоит из частей, которые изготавливаются независимо с помощью различных приемов (механическая обработка, термообработка и др.), а затем собираются вместе. При этом условия изго-

товления отдельных частей могут быть вообще не совместимы между собой — необходимо лишь, чтобы совместимы были условия работы каждого элемента в составе целого устройства. Это обстоятельство, справедливое и по отношению к структурам на основе пленок Ленгмюра — Блоджетт, отличает рассматриваемые технологии от производства новейших микроэлектронных приборов, где элементы создаются в едином технологическом процессе, все этапы которого тщательно согласованы.

Отметим, что самосборку амфифильных молекул можно осуществлять и другими способами — например, осаждением жирных кислот на подложку из раствора. Однако при этом труднее контролировать число монослоев в пленке или обеспечивать чередование различных веществ. Другой путь создания сложных молекулярных ансамблей — кристаллизация на подложке двух типов амфифильных молекул при ее поочередном опускании на длительное время в раствор либо первого, либо второго вещества. Но, в отличие от ЛБ-технологии, в этом случае рост сверхрешеток происходит неконтролируемо, и точное число мономолекулярных слоев, осажденных при каждом погружении, остается неизвестным.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЛЕНГМЮРОВСКИХ СЛОЕВ

Главная задача при конструировании надмолекулярных структур — добиться устойчивой и воспроизводимой связи между условиями образования упорядоченных молекулярных агрегатов и их физическими свойствами. Поэтому особое значение приобретает исследование как закономерностей образования двумерных мономолекулярных слоев, из которых строятся бислойные и многослойные ЛБ-пленки, так и структуры самих этих пленок (в общем случае — трехмерной).

Измерение изотермы сжатия, о которой уже шла речь, — один из классических методов изучения монослоев на жидких поверхностях. Но в последнее время для исследования монослоев был применен целый ряд новых физических методов. Используя рентгеновское излучение, удалось определить тип упорядочения молекул на поверхности воды, связать характерные участки π — А-диаграммы (газ, жидкость, твердое тело) со структурными параметрами упа-

² Richardson R. M. et. al // Liq. Cryst. 1987. Vol. 2. № 2. P. 797.

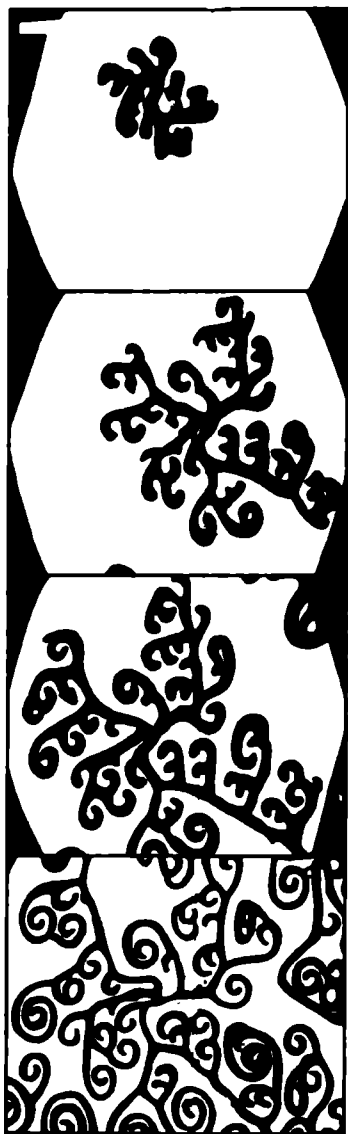


Фото поверхности монослоя фосфолипидов с небольшим количеством холестерина, полученные методом флуоресцентной микроскопии. При сжатии монослоя (сверху вниз) в нем зарождаются кристаллические области причудливой формы — ветвящиеся спирали.

ковок углеводородных цепочек жирных кислот. Этот успех позволяет надеяться, что в будущем удастся детально проследить за формированием и структурой монослоев различного состава в зависимости от внешних условий.

Интересные особенности поведения монослоев, состоящих из смесей амфифильных молекул, позволил выявить разработан-

ный сравнительно недавно метод флуоресцентной микроскопии. Этот метод основан на том, что растворимость некоторых молекул в двумерных твердой и жидкой фазах сильно различается. Аналогичное явление давно известно для трехмерных систем: например, соль NaCl хорошо растворяется в воде, но очень плохо во льду. С помощью флуоресцентной микроскопии были обнаружены «спиральные кристаллы» — любопытный пример самоорганизации в плоскости слоя³. Эти кристаллы возникают при определенной степени сжатия монослоя, образованного заряженным липидом (веществом, составляющим основу биологических мембран).

На известной в нелинейной оптике способности некоторых не обладающих центром симметрии макроскопических тел излучать свет на длине волны, вдвое меньшей, чем длина волны падающего света, основан еще один класс методов изучения монослоев — нелинейно-оптических. Большинство монослоев на поверхности воды не имеет центра симметрии и, в принципе, может быть исследовано методом генерации второй гармоники. Однако интенсивность свечения монослоя на удвоенной частоте довольно мала и пока зарегистрирована лишь для молекул, в состав которых входят кольца нафталиновой группы⁴.

Большие усилия затрачиваются на развитие методов математического моделирования монослоев. Разработанные в настоящее время программы позволяют изучать коллективные свойства систем амфифилов, состоящих из нескольких тысяч молекул поверхности-активных веществ, спирта, воды. Но используемые в расчетах методы молекулярной динамики или Монте-Карло для таких ансамблей требуют объема вычислений и затрат времени, которые велики даже для современных суперкомпьютеров. Качественно новый эффект возникает при моделировании монослоев и ЛБ-пленок с помощью искусственно созданных физических систем — коллоидных кристаллов. Для их получения используют «синтетические молекулы» — шарики из латекса диаметром 0,1—1 мкм, которые сейчас можно изготавливать с высокой точностью. Ансамбли таких шариков, помещенные в воду между двумя поверхностями стекла, в зависимости от плотности образуют двумерные газ, жид-

³ Wess R. M., McConnell H. M. // *Nature*. 1984. Vol. 310. P. 47; Mohwald H. et al. // *Phys. Rev. Lett.* 1987. Vol. 58. No 21. P. 2224—2227.

⁴ Bhattacharyya K. et al. // *J. Chem. Phys.* 1988. Vol. 89. No 5. P. 3376—3377.

кость или твердое тело. Латексные шарики в растворе заряжаются вследствие ионизации некоторых групп полимера, выходящих на поверхность; заряд шарика может превышать $1000e$ (e — заряд электрона). Закон взаимодействия шариков такого размера в воде хорошо известен — он определяется суммой экранированного электростатического отталкивания и ван-дер-ваальсового притяжения. Поэтому экспериментальное изучение таких модельных коллоидных систем и сравнение результатов с расчетными моделями позволяют проверять те или иные теоретические гипотезы. Так, именно на коллоидной системе латексов удалось проверить предсказание, согласно которому плавление двумерного кристалла при уменьшении плотности может происходить путем последовательных фазовых переходов второго рода⁵. Возможно, подобные явления играют важную роль в образовании упомянутых выше спиральных кристаллов. Кроме плавления, на латексах удалось наблюдать диффузионный рост «конденсированной» фазы, причем в зависимости от скорости осаждения образуются три типа структур — кристалл (медленный рост), дендритная (промежуточная скорость) и фрактальная (быстрое осаждение) структуры.

Каждый из методов моделирования — и математическое, и физическое — имеет свои достоинства и недостатки. Компьютеры позволяют детально рассматривать различные физические модели молекулярных систем, но число молекул в системе, которое может быть рассмотрено, ограничено производительностью компьютера. При физическом моделировании, напротив, число молекул может быть очень велико, но взаимодействия между ними жестко определены способом их создания. Несомненно поэтому, что эти взаимно дополняющие методы моделирования самосборки будут в дальнейшем развиваться высокими темпами, стимулируя друг друга. Однако сейчас основными способами определения структуры молекулярных агрегатов остаются методы рентгеноструктурного анализа (в частности, изучения рассеяния рентгеновских лучей на малых углах), нейтронографии и электронографии.

Рентгеновский и нейтронный малоугловой анализ ЛБ-пленок дает информацию о периоде структуры (он совпадает с толщиной моно- или бислоя) и о распределении электронной плотности поперек слоя, анализируя которое можно, в свою очередь, опре-

делить расположение молекул в слое. Дифракционные картины малоуглового рассеяния на ЛБ-пленках уникальны — в них совмещаются наборы острых пиков, характерные для монокристаллов (ведь в упаковке слоев друг на друге соблюдается строгий дальний порядок), с осцилляциями на самых малых углах, обусловленными тем, что образец содержит сравнительно небольшое число бислоев. По интенсивности этих пятен и полос рассчитывается профиль электронной плотности поперек пленки. Однако для определения параметров упаковки молекул в плоскости монослоя более эффективен метод электронографии.

Главные задачи структурного анализа — изучение типов взаимного расположения молекул в пределах одного слоя и в смежных слоях, а также определение механизма самосборки надмолекулярных сверхструктур. Установлено, что при нанесении одного слоя на другой важную роль играет взаимное подстраивание контактирующих молекулярных поверхностей. В простейших системах (например, пленках на основе солей жирных кислот) это явление приводит к образованию эпитаксиальных структур. В этом случае мультислойная пленка по существу представляет собой монокристалл, в котором расположение молекул повторяется от слоя к слою. Однако строение первых 5—6 монослоев во многом определяется взаимодействием с подложкой. Так, для ЛБ-пленок жирных кислот равновесный наклон молекул (70° по отношению к плоскости пленки) возникает лишь в пятом слое, при этом в первом, прилежащем к подложке слое молекулы расположены перпендикулярно поверхности. Чтобы оценить значение возможности создавать сверхрешетки с изменяющимися от слоя к слою свойствами, достаточно вспомнить, что открытие более 20 лет назад гетероэпитаксиальных структур на основе As, Ga, Al и других элементов привело к появлению принципиально новых микроэлектронных приборов и рождению целого направления — «инженерии энергетической щели»⁶.

Бездефектные молекулярные сверхрешетки получить пока не удалось. Однако достоверно установлена зависимость структуры мультислоев от состава образующих их веществ. Показано, в частности, что некоторые вещества стабилизируют структуру бислоев из других компонентов⁷. Вопрос о сохранении структуры слоя при переносе

⁵ Van Winkle D. H., Murray C. A. // *Phys. Rev. Lett.* 1987. Vol. 58. P. 1200.

⁶ Capasso F. // *Science*. 1987. Vol. 325. P. 172—176.

⁷ Feigin L. A., Lvov Yu. M. // *Makromol. Chem., Macromol. Symp.* 1988. Vol. 15. P. 259—274.

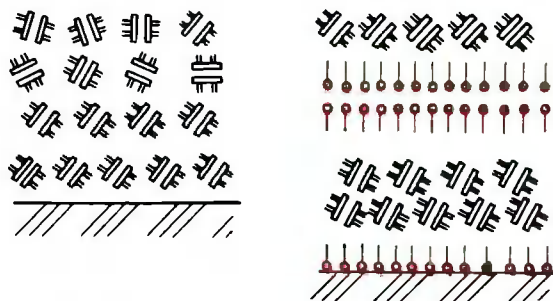


Схема мультислойной структуры из фталоцианина в обычных условиях (слева) и в присутствии бислоев жирной кислоты. Молекулы фталоцианина сами по себе не образуют высокоупорядоченных кристаллов на подложках, однако между бислоями жирной кислоты регулярность их строения существенно возрастает.

на подложку приобретает особую остроту для пленок из белковых молекул. Поскольку активность большинства белков сохраняется лишь в условиях, когда их третичная структура близка к нативной, существующей внутри живых организмов, процесс формирования и перенесения белковых пленок должен быть организован таким образом, чтобы избежать денатурации белковой глобулы.

ПРИМЕНЕНИЯ ЛБ-СЛОЕВ

Благодаря необычным физическим свойствам надмолекулярные структуры находят сейчас весьма разнообразные применения. Мы назовем лишь некоторые из них.

Внимание исследователей давно привлекают оптические свойства ЛБ-структур. Еще в 30-х годах Блоджетт успешно использовала ленгмюровскую технологию для получения высококачественных просветляющих покрытий на линзах, зеркалах и других оптических приборах. Еще более интересным представляется применение ЛБ-пленок в оптоэлектронике для создания диэлектрических волноводов, переключателей и других устройств. Особо следует отметить нелинейно-оптические свойства некоторых структур.

Обычная бислойная структура симметрична, и поэтому на ней генерация второй гармоники при облучении светом лазера невозможна. Однако если вырастить структуру, в которой углеводородные хвосты молекул одного монослоя соприкасаются с полярными группами второго, симметрия будет нарушена, как и в единственном монослое на поверхности воды. При освещении светом лазера такие пленки способны генерировать вторую гармонику, проявлять пьезоэлектрические свойства и т. д. Однако эти пленки метастабильны — при повышении температуры или иных внешних воздействи-

ях в них может происходить спонтанный переход к обычной бислойной структуре.

Другое важное применение метода Ленгмюра — Блоджетт — создание пленок, способных воспринимать, а возможно, и частично обрабатывать оптические изображения. На их основе могли бы быть созданы, например, резисты для фотолитографии, фиксирующие изображение с разрешением до нескольких сотен ангстрем. На основе ЛБ-слоев разрабатываются также материалы для оптической записи информации и органические фотопроводники для печати или копирования изображений. Механизмы светочувствительности пленок бывают разными. В частности, можно использовать молекулы белков типа бактериородопсина (естественный фоточувствительный белок, входящий в пурпурную мембрану соелюбивых бактерий). Такие белки удается переносить на твердую подложку с сохранением их свойств.

Для оптической записи информации пригодны и другие физические эффекты. Так, недавно обнаружилось, что при освещении линейно поляризованным светом лазера изотропная в плоскости слоев структура из молекул азокрасителей на твердой подложке приобретает свойства оптической анизотропии и сохраняет их в течение длительного времени. Стирать зафиксированную таким образом информацию можно простым нагреванием образца.

Мультислойные ЛБ-пленки находят применение и в рентгеновской оптике — скажем, в качестве кристалла-анализатора в рентгеновских спектрометрах. В подобных устройствах главными достоинствами пленок оказываются большой период повторяемости (до 65 Å) и высокая интенсивность максимумов первого порядка по сравнению с остальными.

Особый интерес привлекают диэлектрические свойства ЛБ-пленок. Чтобы оценить важность исследований в этой области, достаточно вспомнить, что 20—30 % всех отказов в микроэлектронных приборах происходит из-за дефектов в изолирующих прослойках. Из пленок жирных кислот или их солей можно строить высококачественные диэлектрические барьеры — при комнатной температуре один бислой жирной кислоты выдерживает стационарное напряжение до 2—3 В, в импульсное — в 2—3 раза выше. Нескольких таких слоев достаточно для электрической изоляции проводников в большинстве современных микросхем. Уже продемонстрирована возможность использования молекулярных пленок для изоляции затвора в полевых транзисторах. В Токийском политехническом институте разработана тех-

нология изготовления сверхтонкопленочного конденсатора со сложным диэлектриком, состоящим из пленки оксида кремния (толщина 40 Å) и полимерной ЛБ-пленки (5—10 Å). Такой конденсатор имеет емкость 0,75 мкф/см² и выдерживает напряжение до 8 В. Авторы разработки полагают, что предложенная ими технология приведет к рождению нового поколения интегральных схем.

Малая толщина пленки в сочетании с высокой электрической прочностью — комбинация свойств, необходимая для создания приборов принципиально нового типа, действие которых основано на квантовом туннелировании электронов в искусственных неоднородных структурах. Это обстоятельство было осознано довольно давно: в самых первых сверхпроводящих туннельных переходах в качестве диэлектрической прослойки использовались соли стеариновой кислоты. Ленгмюровская технология открывает пути для применения более широкого круга полупроводниковых материалов и их комбинаций. Так, в последнее время по ЛБ-технологии были созданы светозлучающие полупроводниковые диоды с туннельной инжекцией носителей, отличающиеся высоким квантовым выходом люминесценции на коротковолновом участке спектра.

НА ПУТИ К МОЛЕКУЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

Самое заманчивое среди разнообразных возможных применений ЛБ-технологии чаще всего обозначают словами «молекулярная электроника». Речь идет о разработке элементов, которые способны обрабатывать поступающую информацию, имея молекулярные размеры. Уже высказан ряд теоретических предложений относительно устройства и принципов функционирования таких «молекулярных ключей», а также способов их создания. Прототипом молекулярных вентилей могли бы послужить, в частности, некоторые белки клеточных мембран, конформационная структура молекул которых изменяется под действием электрического поля или при окислении, восстановлении и других химических реакциях с какими-либо функциональными группами. В принципе можно рассчитывать, что удастся разработать технологию сборки множества двух- или даже трехмерных элементов в единую структуру. Менее ясны принципы организации такого взаимодействия молекулярных ключей, которое обеспечило бы выполнение функций системой в целом. Вероятно, решение этой проблемы потребует раз-

работки новой схемотехники информационных систем.

Во-первых, структура из большого количества однотипных элементов может быть эффективно использована в информационном процессе, если обеспечить параллельную работу всех ее элементов. Бурно развиваются системы параллельной обработки информации на обычных кремниевых микропроцессорах. Появились так называемые физические методы вычислений, использующие фундаментальные физические процессы в твердых телах или молекулярных системах для обработки информации. Возникло даже понятие «синергетический компьютер», которое подразумевает имитацию информационных процессов различными процессами самоорганизации. Другое направление, которое может привести к реализации молекулярных вычислений, опирается на идеологию «клеточных автоматов» — элементарных устройств, работающих либо по одной относительно простой программе, либо по ограниченному числу таких программ, но способных коллективно осуществлять довольно сложные вычислительные процессы. Системы типа «клеточных автоматов» реализованы на многопроцессорных ЭВМ для решения задач гидродинамики и обработки изображений.

Во-вторых, для молекулярного компьютера нетривиальными оказываются задачи ввода информации и вывода результатов вычислений, а также программирования. Возможно, решение таких задач потребует использования ассоциативных процессов. Эти процессы сейчас интенсивно изучаются в связи с работами над созданием «нейрокомпьютеров» — вычислительных устройств, организованных по типу нейронов в мозге животных⁸. Программирование вычислительных систем такого типа напоминает обучение, а одним из основных информационных процессов в них становится распознавание образов. Нейроподобные системы могут быть реализованы на различных физических принципах — с использованием цифровой и аналоговой электроники, оптических и других методов. Не исключено, что возможна и их молекулярная реализация.

Как видим, очертания будущего молекулярного компьютера пока вырисовываются весьма смутно. При этом нужно подчеркнуть, что мы не рассматривали некоторых принципиальных трудностей, возникающих при попытках управлять процессами в образ-

⁸ Веденов А. А., Ежов А. А., Левченко Е. Б. // Нелинейные волны. Структура и бифуркации. М., 1987. С. 53—67.

цах субмикронных размеров. Приведем лишь два примера. Сравнительно недавно были обнаружены эффекты дискретного заряда в цепях, содержащих элементы малого размера⁹. Оказывается, в таких цепях перемещение заряда, сравнимого с зарядом электрона, способно заметно изменить их проводимость. Кроме того, на работу субмикронных приборов оказывают влияние особенности распределения примесей и дефектов в кристаллах, из которых они построены, так что каждый такой прибор может оказаться уникальным.

Это еще раз доказывает, что от создания простейших двумерных пленок с заданными свойствами до построения молекуляр-

ного компьютера предстоит пройти долгий и сложный путь, но первые шаги по нему, в том числе и с помощью ЛБ-технологии, уже делаются.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Адамсон А. ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ ПОВЕРХНОСТИ. М., 1979.

Веденов А. А., Левченко Е. Б. НАДМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ В РАСТВОРАХ АМФИФИЛЬНЫХ МОЛЕКУЛ // Усп. физ. наук. 1983. Т. 141. Вып. 1. С. 3—53.

Блинов А. М. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕНГМЮРОВСКИХ МОНО- И МУЛЬТИЛАМЕЛЛЯРНЫХ СТРУКТУР // Усп. химии. 1983. Т. LII. Вып. 8. С. 1263—1300.

⁹ Лихарев К. К. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1987. Т. 45. № 8. С. 389—390.

ИНФОРМАЦИЯ

ВНИИ прикладной микробиологии и ВГНКИ ветеринарных препаратов

предлагают диагностические агглютинирующие эшерихиозные антисыворотки K88, K99, 987P, F41, A20.

Сыворотки

— предназначены для выявления адгезивных антигенов возбудителя колибактериоза у новорожденных телят, ягнят и поросят в капельной реакции агглютинации на стекле;

— позволяют выявить возбудителя колибактериоза в первичных посевах из фекалий больных, содержимого тонкого отдела кишечника и регионарных брыжеечных лимфоузлов павших животных на средах Эндо и Минка;

— упрощают и ускоряют диагностику, что исключает биологические пробы и определение О-антигенов в пробирочной реакции агглютинации с тридцатью О-сыворотками.

Диагностические сыворотки рекомендованы к применению в ветеринарной практике. Выпускаются лиофильно высушенными в наборе из пяти моновалентных и одной поливалентной сывороток и растворителя к ним.

Цена набора договорная (не более 56 р.).

Срок годности 5 лет.

Заявки направлять по адресу: 142279, Московская область, Серпуховский район, пос. Оболенск, ВНИИ прикладной микробиологии, научно-производственная лаборатория бактериальных препаратов.

А.Б. Авакян, А.А. Полюшкин **Наводнения**



Артур Борисович Авакян, доктор географических наук, главный научный сотрудник Института водных проблем АН СССР. Автор многих работ по проблемам создания и комплексного использования водохранилищ. В последние годы занимается проблемами борьбы с наводнениями. В «Природе» опубликовал статью: Достоинства и недостатки водохранилищ (1987. № 11).



Алексей Александрович Полюшкин, младший научный сотрудник лаборатории взаимодействия водных объектов с окружающей средой того же института. Изучает проблемы хозяйственного развития пойм и их защиты от наводнений.

ОРГАНИЗАЦИЯ Объединенных Наций объявила 90-е годы десятилетием борьбы со стихийными бедствиями. И немалую роль в принятии такого решения сыграли наводнения, ущерб и человеческие жертвы от которых непрерывно растут. Только за последние 100 лет от наводнений погибло более 9 млн человек.

Чем же объяснить, что, начав борьбу с наводнениями задолго до нашей эры возведением крупных гидротехнических сооружений в Египте, Индии, Месопотамии и Китае, человечество так и не смогло их обуздать? Дело в том, что, застраивая поймы, вырубая леса, распахивая земли, возводя те же гидротехнические сооружения, человек нарушает естественный режим рек и водосборов, регулирующих сток, что неизбежно приводит к новым наводнениям. Получается как бы замкнутый круг, выбраться из которого до сих пор не удавалось даже самым развитым странам.

Только в 1988—1989 гг. в странах Африки, Азии, Америки и Европы были затоплены десятки миллионов гектаров земель, разрушены сотни городов и тысячи населенных пунктов, многие миллионы людей лишились крова, а тысячи погибли. В некоторых развивающихся странах ущерб от наводнений в отдельные годы достигает 15 % валового национального продукта.

По оценкам ООН, от 2 до 10 % общей площади некоторых стран, на которой проживают десятки миллионов людей, подвержены периодическим затоплениям. В СССР наводнения могут происходить на территории 500 тыс. км² (2,2 % площади), в США — 280 тыс. км² (3 %), в Бразилии — 300 тыс. км² (3,5 %), в Индии — 250 тыс. км² (7,6 %).

Роль наводнений в жизни современного общества может быть показана на примере США, где соответствующие статистические подсчеты ведутся давно. В 40-е годы среднегодовые убытки от внезапных паводков здесь составляли 125 млн долл., в 60-е — 375 млн долл., в 70-е — около 1 млрд долл. За четыре десятилетия среднегодовой

ущерб вырос почти в 8 раз¹. Ущерб растет из-за интенсивного хозяйственного использования территорий, подверженных периодическим наводнениям; расширения зон рекреации; увеличившихся расходов на восстановительные работы, компенсации и страховые выплаты пострадавшему населению. Рост абсолютных показателей ущерба определяется также улучшением системы сбора информации и совершенствованием методик расчета.

С другой стороны, в результате антропогенного воздействия на окружающую среду наблюдается увеличение интенсивности и повторяемости наводнений, вызываемых природными причинами, и возникновение их там, где до хозяйственного освоения они не происходили.

АНТРОПОГЕННЫЕ ПРИЧИНЫ НАВОДНЕНИЙ

Более всего способствует увеличению частоты наводнений сведение лесов, обладающих значительной водорегулирующей способностью благодаря высокой инфильтрации лесных почв и лесной подстилки, а также задержанию осадков кронами деревьев. К тому же леса предотвращают эрозию, способствуют сохранению небольших рек и ручьев. Поверхностный сток в лесу в среднем в 15 раз меньше, чем в поле.

После рубок инфильтрационные свойства почвы снижаются в 3,5 раза, а интенсивность ее смыва повышается в 15 раз. Исследования, проведенные недавно в Карпатах, показали, что лесной полог задерживает 22 % осадков. При сплошной рубке паводковый сток увеличивается на 130—170 %. Спустя 2 года инфильтрационные свойства почв восстанавливаются, но лишь при условии незначительного нарушения почвенного покрова в результате рубок и транспортировки древесины². В тропических лесах Индии, Перу и Эквадора сплошные рубки приводят к увеличению стока на 230—250 %.

В последние десятилетия вырубка лесов в Европе практически прекращена. По оценке ФАО, их общая площадь на континенте к 2000 г. будет увеличена на 9 % за счет искусственных посадок. В СССР, США и Канаде площадь лесов почти не изменится, а в азиатских странах сократится (примерно в 1,5 раза). Под большой угрозой находятся леса тропического и экваториального поясов

Африки и Южной Америки. В целом общая площадь лесов в мире будет сокращаться и к 2000 г. составит примерно 3,5 млрд га — 87 % от современной величины³.

Значительно влияет на увеличение максимального стока осушение болот — естественных аккумуляторов воды. В Карелии были получены результаты, уточняющие их роль в лесной зоне. Оказалось, что в зависимости от интенсивности осушения среднегодовой сток увеличился с 8 до 22 %, а максимальный сток в весеннее половодье на неосушенном водосборе почти в 2 раза меньше, чем на осушенном⁴. На Дальнем Востоке в многоводные годы сток с осушенных земель низких заболоченных пойм и надпойменных террас с болотно-торфянистыми почвами в паводок увеличивается на 20—45 % — в среднем на 1,5—2,5 мм с 1 % осушенной площади. Такая же тенденция характерна и для осушенных нижних надпойменных террас с комплексом луговых оподзоленно-глеевых почв.

На увеличение максимального стока большое влияние оказывает и нерациональное ведение сельского хозяйства. К главным причинам повышения стока с обрабатываемых полей в условиях умеренного климата относится уменьшение инфильтрационных свойств почв за счет переуплотнения почвы тяжелой техникой в период обработки и глубокого ее промерзания зимой, усиление эрозии при распахке почв на склонах и почв с легким механическим составом.

Ухудшение инфильтрационных свойств поверхностного слоя — основная причина повышения вероятности наводнения в городах. Это связано с преобладанием на урбанизированных территориях водонепроницаемых покрытий и застройки. Исследования на небольших городских водосборах в США показали, что урбанизация ведет к увеличению повторяемости и величины паводков. Так, при росте площади водонепроницаемых покрытий примерно в 3 раза средние расходы паводков также увеличивались в 3 раза⁵. Аналогичные исследования в других странах показали, что за последние десятилетия максимальные расходы в городах возросли в Канаде в 3 раза, в Японии — в 2,5, в Англии — в 1,5 раза. Установлено, что расход паводка

³ Горшков С. П. Земельные ресурсы мира: антропогенные воздействия. М., 1987.

⁴ Чесноков В. А. Изменение стока с заболоченных водосборов Южной Карелии под влиянием лесосведения // Значение болот в биосфере: гидрологические аспекты. М., 1980. С. 73—80.

⁵ Hirsh R. M. The interaction of channel size and flood discharges for basins undergoing urbanization (IAHS—AISH Publ. 1971. № 123. P. 83—92).

¹ Marrero J. // Weatherwise. 1979. Vol. 32. № 1. P. 34—37.

² Чубатый О. В. // Водные ресурсы. 1981. № 1. С. 48—55.

в городе может превышать такой же по обеспеченности расход в сельской местности в 10 раз.

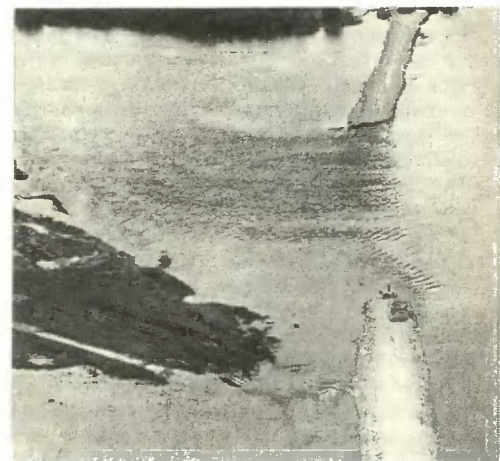
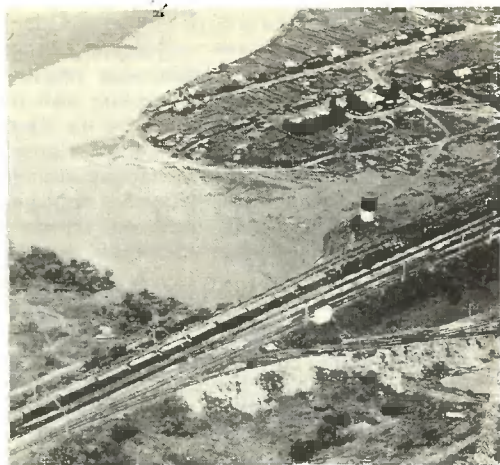
Рост урбанизированных территорий продолжается. Если в 1980 г. в мире они составляли 60 млн га, то к 2000 г. города будут занимать площадь около 100 млн га. В настоящее время в развитых индустриальных государствах под городами находится от 8 до 15 % территории. Продолжают расти земельные площади под коммуникациями.

Условия для повышения вероятности наводнений создаются также из-за перегораживания поймы насыпями при строительстве мостов и дорог, что нарушает естественное регулирование максимального стока. Наводнения могут происходить и в результате недостаточной пропускной способности подмостовых отверстий.

Из-за неправильных прогнозов паводков или нарушения правил эксплуатации водохранилищ могут затопляться их берега и участки пойм ниже гидроузла — в первом случае при недостаточной сработке водохранилища перед паводком, во время которого пропускная способность водосливов оказывается недостаточной, во втором — при экстренных сбросах воды из водохранилища.

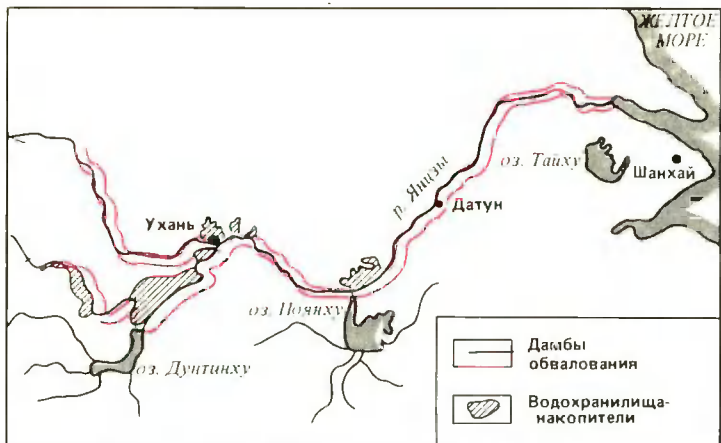
Когда гидроузлы сооружены на замерзающих равнинных реках, в верховьях водохранилища возможно образование ледовых заторов во время весеннего ледохода. Подобной причиной было вызвано наводнение в районе г. Плявиняс (Латвия) в 1968 г. В нижнем бьефе в результате весенних сбросов был стимулирован ледоход, образование заторов и затопление берегов в 1963 г. на Волжской ГЭС, в 1957 г. — на Камской ГЭС, в 1955 г. — на Рыбинском водохранилище.

Еще одна причина, приводящая к катастрофическим наводнениям, — разрушение плотин. С 1800 по 1983 г. имеются сведения о 60 авариях плотин, сопровождавшихся гибелью 16 тыс. человек. Чаще всего они происходят из-за недостаточной пропускной способности водосбросов плотин, не рассчитанных на максимальные паводки. В результате водохранилище переполняется, снижается так называемая несущая способность основания плотин и они разрушаются. Происходит это и при ошибочных оценках геологических условий в районе строительства гидроузла, использовании при его возведении некачественных материалов, низкого качества работ и т. п. В частности, в Индии в 1979 г. из-за недостаточной пропускной способности водосливов разрушилась плотина Рачху-II, погибло 2 тыс. человек. В 1959 г. во Франции из-за разрушения фундамента в результате



Наводнение в августе 1989 г. в Читинской обл. [за сутки уровень рек поднялся на 1,5—4 м]: затопленный участок Транссибирской магистрали, автодорога в Шилкинском районе, прорыв дамбы на р. Шилке.

Фотохроника ТАСС.



Защита от наводнений в среднем и нижнем течении р. Янцзы.

просадок горных пород рухнула плотина Мальпасе, погибло более 400 человек.

Отдельно следует сказать о наводнениях, происходящих в результате прорывов дамб обвалования, воздвигаемых вдоль русел рек для защиты пойм от паводков и половодий. Классический пример — катастрофический паводок, прорвавший дамбы и почти полностью уничтоживший г. Сегед на р. Тиссе (Венгрия) в 1879 г. Наиболее остра эта проблема в Китае, где дамбы постоянно наращивают, так как из-за огромного количества наносов повышаются отметки русла рек. Кроме того, частые причины таких аварий — недостаточно продуманный выбор конструкций дамб обвалования, применение легко размываемых материалов для строительства, отсутствие периодического ремонта.

ЗАЩИТА ОТ НАВОДНЕНИЙ

Защитные противопаводковые мероприятия в целом делят на инженерные и неинженерные. Инженерными считают регулирование стока, его задержание или отвод при помощи искусственных сооружений.

Основной вид защиты территорий от затоплений — создание водохранилищ, где в период паводков и половодий аккумулируется максимальный сток. В СССР созданные на Волге и Днепре каскады водохранилищ позволили значительно снизить угрозу наводнений. Благодаря Рыбинскому водохранилищу на значительном участке Волги был выровнен сток, а уровни весеннего половодья у г. Ярославля не превышают теперь 2—3 м над средним многолетним. Большое значение в борьбе с наводнениями имело создание Днепровского каскада водохранилищ. Правда, цена, которую пришлось заплатить за обуздание стихии, оказалась слишком

высокой — затоплены десятки тысяч гектаров плодородных земель. Самое верхнее в каскаде, Киевское водохранилище уменьшило максимальный сток весной для различных по водности лет на 8—12 %, а Кременчугское — на 22—51 %. Весь каскад, в который также входят водохранилища Каховской, Днепродзержинской и Каневской ГЭС, снизил объем половодий в многоводные годы на 20—30 % и в маловодные — на 70—80 %, в половодья и паводки в водохранилищах задерживается свыше 25 км³ воды.

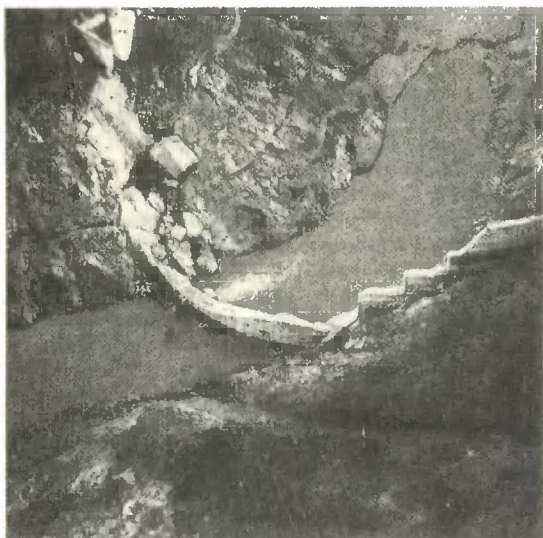
Сооружение на р. Зее (приток Амура) гидроузла с крупным водохранилищем избавило долину реки от наиболее разрушительных наводнений, а паводки, которые раньше повторялись каждые 2—4 года, могут происходить теперь лишь раз в 10—100 лет. По некоторым данным, среднегодовой ущерб в бассейне реки снизился в 3 раза.

В США на резервные противопаводковые емкости (их полный объем составляет около 300 км³) приходится треть суммарного объема водохранилищ страны. Противопаводковыми водохранилищами, созданными до 1970 г., защищено от наводнений около 5,2 млн га. Одним из ярких примеров противопаводкового гидротехнического строительства в этой стране является создание каскада из более 100 водохранилищ на р. Миссури. 32 противопаводковых водохранилища построено на р. Огайо, на р. Теннесси и ее притоках — соответственно 9 и 24 водохранилища. Подсчитано, что если бы сток Теннесси не был зарегулирован, то катастрофический паводок 1973 г. привел бы к поднятию уровня реки в районе г. Чаттануги на 6,8 м, а вызванное им затопление прилегающих земель нанесло бы ущерб, оцениваемый в 590 млн долл. В действительности же уровень поднялся только на 2,1 м, а ущерб составил 35 млн долл.



Залитое в феврале 1953 г. восточное побережье Англии.

Остатки плотины Мальпассе (Франция), рухнувшей из-за просадок пород в 1959 г.



За годы эксплуатации водохранилищ США предотвращенный ими ущерб превысил 92 млрд долл. Государственные затраты на программы инженерной защиты территорий за период с конца прошлого века до начала 80-х годов XX в. составили 18 млрд долл. Таким образом, на каждый вложенный в противопаводковую защиту доллар было получено 5 долл. в виде предотвращенного ущерба.

Водохранилища для борьбы с наводнениями используются во всем мире. Однако в последнее время в связи со все возрастающей ценой на землю (а, как известно, крупные водохранилища приводят к значительным потерям земельных угодий при их наполнении) и все большим вниманием к вопросам охраны окружающей среды наблюдается тенденция к сокращению крупного гидротехнического строительства и переход к созданию средних и малых противопаводковых емкостей (или же полный отказ от них).

Другая эффективная мера инженерной защиты земель от наводнений — сооружение уже упоминавшихся систем обвалования русел рек и морских побережий (насыпей, валов и дамб из различных материалов —

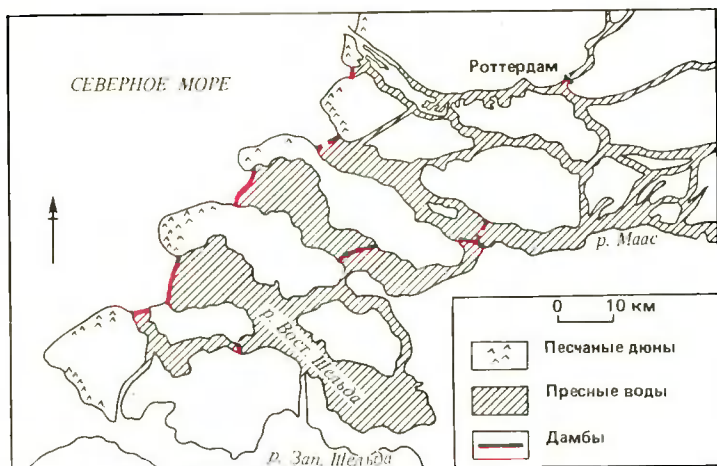


Схема проекта «Дельта» в Нидерландах.

земли, камня, бетона), не позволяющих затоплять пойму и прибрежные земли при поднятии воды в реке в период паводка и половодья или при нагоне с моря. В нашей стране свыше 200 крупных систем обвалования с протяженностью дамб более 12 тыс. км, защищающих территорию общей площадью 9 млн га. В Китае общая длина дамб составляет 170 тыс. км. Только вдоль р. Хуанхэ построено около 5 тыс. км дамб. На востоке США дамбами из валунов и бетонных блоков, а также искусственными дюнами от морских нагонных наводнений защищено морское побережье на протяжении более 400 км.

Для защиты прибрежных территорий от нагонов используют заградительные дамбы, сооружаемые поперек морских заливов или перегородивающие устья рек.

Показателен опыт Нидерландов, где борьба с нагонными наводнениями, образно говоря, — вопрос жизни и смерти. Вдоль морского побережья здесь сооружено почти 1800 км дамб, защищающих отвоєванные у моря земли, на которых выращивают самые высокие в мире урожаи пшеницы, овощных и кормовых культур; здесь же располагаются самые продуктивные пастбища Европы. Однако катастрофическое нагонное наводнение 1953 г., унесшее 2 тыс. жизней и приведшее к затоплению почти 25 % территории страны, показало, что одних береговых дамб для надежной защиты от наводнений недостаточно. Поэтому был принят проект «Дельта», предусматривающий систему мер, в том числе укрепление уже созданных дамб, строительство нового судоходного канала между Антверпеном и Рейном, улучшение сельскохозяйственного использования земель. Но главный упор в проекте делался на сооружение дамб, отсекающих от моря

дельты Рейна, Мааса и Шельды путем перекрытия четырех глубоко врезаемых в сушу морских заливов. О масштабе и характере работ можно судить на примере перекрытия дельты Восточной Шельды шириной 9 км и глубиной до 40 м⁶.

По первоначальному плану намечалось строительство глухой дамбы. Однако сильное сопротивление со стороны общественности заставило от него отказаться. Ведь при отсутствии водообмена между заливом и морем нарушилось бы экологическое равновесие в заливе, что имело бы крайне отрицательные последствия и для природы, и для хозяйства. В новом проекте была предусмотрена возможность свободного водообмена, хотя это и привело к удорожанию работ почти в 3 раза. В 1976 г. начались, пожалуй, самые грандиозные в истории борьбы с наводнениями работы. На мелководьях эстуария Восточной Шельды были сооружены 3 искусственных острова, а также 66 бетонных устоев размерами 25×50 м, высотой (в зависимости от глубины) до 45 м и массой более 15 тыс. т. Между устоями установлены подвижные ворота (их 63) шириной 42 м, высотой от 5 до 12 м и массой до 500 т. Ворота будут закрываться во время сильных штормовых нагонов, в остальное же время они открыты, что обеспечивает нормальный водообмен эстуария с морем. Защитная система включает также судоходный шлюз и две небольшие плотины (Остер и Филлипс), перегородившие восточную часть эстуария для защиты судоходного канала Шельда — Рейн от приливных колебаний уровня воды. В плотинах также предусмотрены судоходные шлюзы.

⁶ Nelson S. // World Dredge and Mar. Construction. 1984. №1. Vol. 20. С. 14—31.

Строительство уникальных гидротехнических сооружений длилось 30 лет и завершилось в 1986 г. В результате площадь солончаков на побережье Голландии уменьшилась на 60 %, приливно-отливной отдели — на 45 %, обеспечена безопасность сельскохозяйственных территорий от штормовых нагонов на площади 200 тыс. га. Хотя все работы обошлись в астрономическую сумму — 3 млрд долл., голландцы считают, что затраты, несомненно, окупятся.

Строительство дамбы проектируется и для защиты Венеции. В устье Темзы для предотвращения морских наводнений в Лондоне и его пригородах также намечается сооружение специальной преграды.

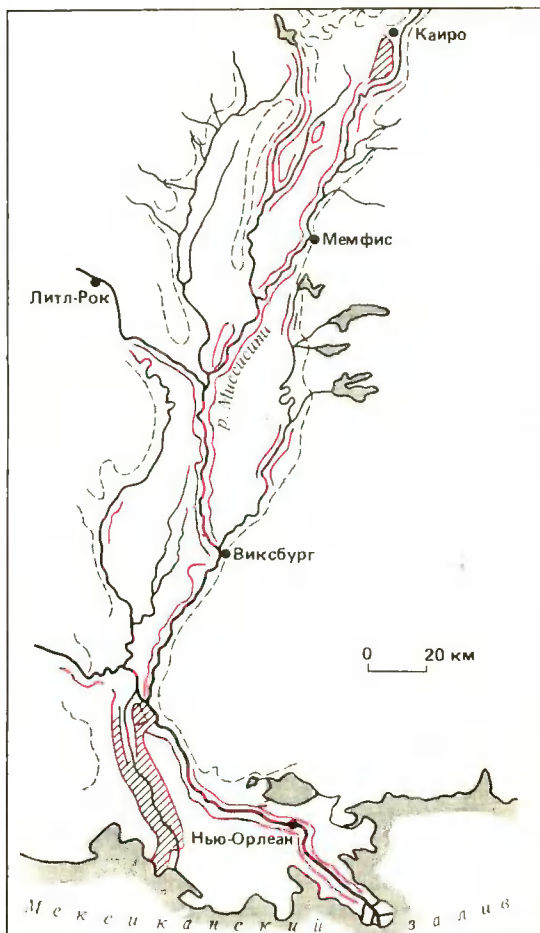
Нельзя не сказать и о вызвавшем ожесточенные споры сооружении такого рода в нашей стране.

Для защиты Ленинграда поперек Финского залива строится 25-километровая дамба, призванная предотвратить ежегодно повторяющиеся наводнения. Решение о ее сооружении было принято в те времена, когда широкого общественного обсуждения подобных объектов не проводилось. Было очевидно, что проект должен был воплотиться в жизнь лишь после решения проблемы полной очистки городских ливневых и канализационных сточных вод. Однако до сих пор часть промышленных и коммунальных предприятий сбрасывает сточные воды в водоемы города без очистки. Поэтому многие специалисты считают, что дамба, несмотря на запроектированные в ее теле водопропускные сооружения, не обеспечит водообмена, достаточного для самоочищения, что ухудшит качество воды в заливе. Батальи вокруг дамбы продолжают.

Еще одна мера защиты территорий от наводнений — отвод воды из русел рек в период паводка в водоемы-накопители или естественные понижения в рельефе. Одна из крупнейших таких систем существует в нижнем течении Миссисипи. Сами русла рек углубляются, спрямляются и расширяются для увеличения пропускной способности. Такие работы очень широко распространены на равнинных реках.

В Киеве, Архангельске, Горьком, Ярославле и других городах осуществляют «подсыпку» территорий с целью повышения отметок местности, дренируют затопленные территории, укрепляют берега и пойменные террасы.

Ливневые паводки в городах собирают в специальные системы ливневой канализации. Наиболее крупные и совершенные системы созданы в Лос-Анжелесе, Чикаго, Лондоне, Осаке. На замерзающих реках, чтобы



- Дамбы обвалования
- Границы затопляемых территорий
- Водоводы

Защита от наводнений в нижнем течении р. Миссисипи.

предотвратить скопление льда, искусственно разрушают ледовый покров перед началом ледохода ледоколами или взрывами. Такой метод распространен, в частности, в верховьях и среднем течении Дуная, на Висле. Очень часто все перечисленные мероприятия осуществляются в комплексе.

Однако практика показывает, что одни инженерные мероприятия не могут обеспечить полной защиты от наводнений. Много зависит и от психологии человека. После сооружения тех или иных защитных гидротехнических систем у людей, живущих на подверженных наводнениям территориях,

возникает уверенность, что теперь-то, наконец, возможность затопления исключена. Именно в таких местах, как правило, осваивают новые земли, строят жилые здания и промышленные предприятия, прокладывают дороги. При этом забывают о возможности редкого по величине паводка (как мы видели, человек сам способствует росту его вероятности), защитные сооружения оказываются неспособными предотвратить катастрофу и ущербы от затоплений многократно увеличиваются. Люди платят дань природе за свою самоуверенность и недальновидность. Естественно, что необходимо повышать надежность противопаводковых сооружений. Но часто это связано с огромными затратами, непосильными для многих государств. Где же выход из создавшегося положения?

НОВЫЕ ПОДХОДЫ В БОРЬБЕ СО СТИХИЕЙ

При постоянном повышении надежности защитных сооружений основным критерием при выборе типа инженерной защиты должна быть их максимальная эффективность при минимальном нарушении природной среды. Оптимальным оказывается сочетание инженерных и неинженерных методов защиты, которые учитывают природно-хозяйственные особенности территории и осуществляются не на отдельных участках водосбора, а охватывают его полностью.

В основе так называемой концепции регулирования хозяйственного развития пойм лежит рациональное использование паводкоопасных территорий, направленное на такую организацию хозяйства, при котором ущерб от наводнений был бы минимальным.

Неинженерные (или хозяйственно-административные) защитные мероприятия направлены на ограничение или полное запрещение тех видов хозяйственной деятельности, в результате которых возможно усиление наводнений, и на расширение мероприятий, уменьшающих максимальный сток. На водосборах ограничивается или запрещается сведение лесов, проведение осушительных мелиораций. Осуществляются лесовосстановительные мероприятия. На поймах ограничивается строительство мостов, дорожных насыпей и других сооружений; строительство проводится строго в соответствии с геоморфологическими и гидрологическими условиями. В районах развития эрозийных процессов применяется контурная вспашка, создание террас на склонах, безотвальная обработка почвы, проводятся различные противоэрозионные мероприятия. Ограничению подвергаются и такие виды хозяйственной



Складской район г. Канзас-Сити (США), затопленный наводнением в 1951 г.

деятельности, которым в случае наводнения будет нанесен наибольший ущерб.

В США в зависимости от повторяемости затопления в поймах рек выделяют зоны и подзоны, где устанавливается приемлемый характер землепользования, необходимые мероприятия инженерной и неинженерной защиты, порядок продажи земли и т. д.⁷ Например, запрещается строительство жилых домов в районах, подверженных паводкам с 10 %-ной повторяемостью, и даже полностью хозяйствование на паводкоопасных территориях. Так, в г. Рэпид (штат Южная Дакота) после наводнения 1982 г. вся зона, подвергшаяся затоплению, была отдана под парки, из нее вынесены все жилые и коммерческие постройки.

Выдача прав на приобретение земли и контроль за ее использованием возлагается на власти штатов и местные органы управления. На основании зонирования составляются карты размеров страхования от наводнений. Вообще, в последние годы в зависимости от экономической целесообразности часто признается более оправданным тратить средства на восстановление территории и компенсационные выплаты населению, чем на защитные мероприятия.

В настоящее время в США на управление хозяйственным использованием пойм выделяется около 10 % средств, направляемых государством на борьбу с наводнениями. Такая деятельность обеспечена Законом о

⁷ Arnell N. W. // Geoforum. 1984. № 4. Vol. 15. P. 525—542.

защите водосборов и борьбе с наводнениями (принят в 1954 г.); Единой национальной программой хозяйственного освоения территорий, подверженных воздействию вод (1968); Национальной программой по страхованию от наводнений; Законом о защите от последствий наводнений.

Возрастает роль систем предупреждения и сигнализации, прогнозирования паводков и половодий на основе совершенствования методик и улучшения сбора информации. В частности, в США насчитывается свыше 6 тыс. станций наблюдения за стоком со средним периодом наблюдений 40 лет. Существует 12 прогнозных центров, расположенных в основных речных бассейнах, которые обрабатывают данные этих станций и выдают прогнозы возможных наводнений. Распространяется информация по хорошо отработанной схеме взаимодействия государственных, частных и общественных организаций, ответственных за борьбу с наводнениями. Кроме того, для повышения уровня подготовленности населения к стихийному бедствию Национальная служба погоды распространяет листовки, памятки, брошюры, использует радио, телевидение.

К сожалению, в нашей стране продуманной единой государственной системы борьбы с наводнениями пока не существует. Нет сомнения в ее необходимости. Об этом свидетельствуют, в частности, последствия наводнения на Дальнем Востоке в июле—августе 1989 г.,— затоплено 215 тыс. га сельскохозяйственных и 109 населенных пунктов, разрушено и повреждено больше 3 тыс. домов, 282 моста, выведено из строя 1340 км дорог, предварительный ущерб оценивается в 400 млн руб., имеются человеческие жертвы.

В последнее время все больше государств начинают внедрять практику регулирования хозяйственной деятельности на территориях, подверженных наводнениям, позволяющую при наименьших затратах и минимальном ущербе окружающей среде сократить человеческие жертвы и материальные потери, связанные с периодическими затоплениями. Появляется надежда, что здравый смысл возобладает над сиюминутными выгодами, и борьба человека со стихией, цель которой состоит не в абсолютном подчинении природы, а в достижении между ней и обществом разумного компромисса, в конце концов увенчается успехом.

КОРОТКО

На фотографиях, сделанных в сентябре 1988 г. с космического аппарата многоканального пользования «Дискавери», обнаружено облако дыма площадью около 3 млн. км² над бассейном Амазонки — зловещее доказательство бурного выгорания влажных тропических лесов. Зато в Африке граница растительности к югу от Сахары сместилась по сравнению с 1965 г. к северу.

International Wildlife. 1989. July—August. P. 25 (США).

на кучевые облака реагентами, ускоряющими образование льда, возникает дискретное радиоизлучение. В лабораторных экспериментах изменения на фазовой диаграмме вода — лед — воздух сопровождаются электромагнитным излучением в широком диапазоне частот с двумя максимумами (8—20 и 35—50 МГц), интенсивность которого при увеличении скорости охлаждения заметно возрастает.

Метеорология и гидрология. 1989. № 10. С. 40—44.

ний в Антарктике и доставки снаряжения на научные станции в Антарктиде.

New Scientist. 1989. Vol. 123. № 1683. P. 24 (Великобритания).

По заключению Дж. Льюиса (J. Lewis; Батский университет, Великобритания), «карликовое» государство Тувалу в Тихом океане (площадь 26 км², население — 8500 чел.) может стать одной из первых жертв парникового эффекта. Если данные моделирования подъема уровня Мирового океана оправдаются, почти вся его территория к концу XXI в. окажется затопленной. Сейчас средняя высота острова над уровнем океана менее 2 м.

Episodes. 1989. Vol. 12. № 2. P. 123 (США).

В Высокогорном геофизическом институте Государственного комитета СССР по гидрометеорологии (г. Нальчик) на опытах в природных условиях показано, что при воздействии

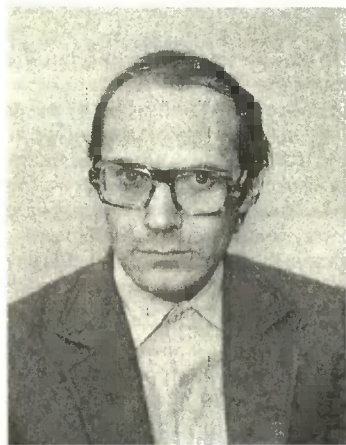
Ледокол водоизмещением 3500 т с двойным корпусом, способный разламывать лед толщиной 1—2 м при скорости 2,5 узла, впервые построен в Австралии. Он предназначен для океанографических исследова-

В.А.Гордеев,
С.А.Кутень

Круглый ли атом ВОДОРОДА?



Виктор Александрович Гордеев, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Ленинградского института ядерной физики им. Б. П. Константинова АН СССР. Занимается физикой элементарных частиц.



Семен Адамович Кутень, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией НИИ ядерных проблем при Белорусском государственном университете имени В. И. Ленина. Область научных интересов — мезоатомные процессы, ядерная оптика поляризованных сред.

ЗНАКОМОЕ нам с детства понятие «атом» невольно ассоциируется с чем-то очень маленьким и круглым. Во всяком случае, таким видится атом водорода, ибо из нынешних «житейских» соображений симметрии кажется маловероятным, чтобы простейший «кирпичик» окружающего нас мира имел форму, отличную от сферически симметричной. Вообще говоря, представления о форме атомов вместе с самим понятием атома за многовековую историю своего существования претерпели существенные изменения. Например, древние греки считали, что атомы, из которых, по их понятиям, состояло все сущее — земля, вода, воздух, огонь, животный мир, а также человек, имели форму правильных многогранников. Так, наиболее фундаментальный «атом земли» им представлялся кубом, «атом огня» имел форму тетраэдра, «атом воздуха» — октаэдра, «атом воды» — икосаэдра. А душа, по Демокриту, состояла из тонких гладких и круглых атомов, подобных «атомам огня». Уже этого достаточно, чтобы понять, насколько отличались представления древних греков от того, что мы вкладываем сейчас в понятие «атом». Более того, само понятие формы атома в современной науке утратило свой первоначальный смысл. Вместе с исчезновением понятия траектории электрона в квантовой механике исчезло и классическое представление о границе атома. Поэтому говорить о форме атома сейчас вроде бы просто нелепо. И все же привыкшие к наглядному восприятию окружающего нас мира, мы не можем удержаться от соблазна задать наивный вопрос, какова все-таки форма атома водорода, как выглядит этот простейший атом?

НАБРОСКИ К КВАНТОМЕХАНИЧЕСКОМУ ПОРТРЕТУ ВОДОРОДА

Согласно квантовой механике, вся информация о поведении электрона в атоме содержится в его волновой функции $\psi(\vec{r})$,

являющейся решением соответствующего уравнения Шредингера. При этом говорят, что величина $|\psi(\vec{r})|^2$ определяет вероятность нахождения электрона в окрестности заданной точки пространства $\vec{r}$. Тогда можно считать, что квадрат модуля волновой функции будет характеризовать форму атома. В самом деле, если, например, $|\psi(\vec{r})|^2$ зависит только от пространственных переменных и не зависит от угловых, то электрон с равной вероятностью можно найти в любой точке тонкой сферической оболочки радиуса r . С макроскопической точки зрения это эквивалентно тому, что форма атома сферически симметрична. Хотя атом и не имеет точных границ, плотность его электронного облака быстро падает с увеличением расстояния от ядра. Поэтому в качестве размера атома принимают характерное расстояние, на котором плотность электронного облака уменьшается существенно (в e раз), а форму атома в таком случае можно определить с помощью набора величин, характеризующих распределение плотности электронного заряда.

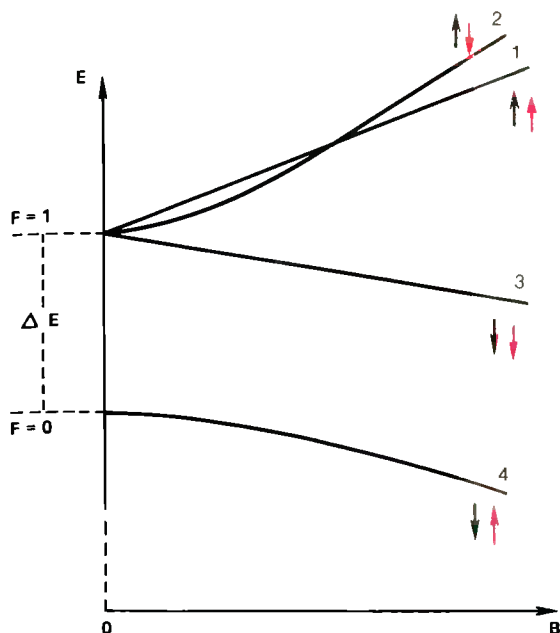
Любое распределение электрических зарядов можно характеризовать совокупностью электрических мультипольных моментов Q_k ($k=0, 1, 2, 3, \dots$). Момент нулевого порядка есть просто заряд системы, первый порядок $k=1$ соответствует электрическому дипольному моменту, который у атома отсутствует. Мультипольный момент второго порядка $Q_2=Q$, называемый электрическим квадрупольным моментом, характеризует отклонение распределения электрического заряда от сферически симметричного. Максимальное значение порядка k мультипольного момента, который может иметь система, определяется ее полным моментом F : правила отбора, основанные на законах сложения моментов, запрещают системе иметь мультипольный момент порядка $k > 2F$. При этом закон сохранения пространственной четности требует отсутствия у системы всех нечетных ($k=1, 3, \dots$) электрических мультипольных моментов.

Так, атом водорода в основном $1S$ -состоянии ($F=0, 1$) не может иметь мультипольный момент выше второго порядка. Однако и электрический квадрупольный момент также должен отсутствовать в основном состоянии вследствие сферической симметрии последнего. Таким образом, и с «электрической» точки зрения атом водорода в основном состоянии представляется сферически симметричным образованием с характерным размером, равным боровскому радиусу $a \approx 0,05$ нм. Можно ли это утверждение, давно уже не вызывавшее сомнений, проверить экспериментально? Оказывается, возможно, и ключ к решению этой проблемы лежит в исследовании сверхтонкого (спин-спинового) взаимодействия составляющих атом частиц.

СВЕРХТОНКОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ

Наличие спина и заряда у электрона (спиновое квантовое число $s=1/2$, заряд $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл) обуславливают существование у него магнитного момента μ_e . По величине он равен магнетону Бора: $\mu_e = -9,27 \times 10^{-24}$ Дж/Тл. Спин протона равен спину электрона, а его магнитный момент составляет $\mu_p = 2,79 \mu_N$, где $\mu_N = 5,05 \cdot 10^{-27}$ Дж/Тл — ядерный магнетон. Поэтому даже в отсутствие внешних возмущений электрон и протон в атоме находятся в магнитном поле своего партнера. Взаимодействие магнитного момента электрона с магнитным полем, созданным протоном, обычно называют сверхтонким взаимодействием. Оно приводит к расщеплению уровней энергии атома на систему подуровней (так называемое сверхтонкое расщепление) и особенно заметно в S -состояниях, для которых сравнительно велика вероятность нахождения электрона вблизи ядра. В этом случае сверхтонкое взаимодействие принято называть контактным. Из-за контактного взаимодействия энергия атома оказывается зависящей от взаимной ориентации магнитных моментов протона p^+ и

Квантовомеханическое состояние атома характеризуется главным квантовым числом n (чем больше n , тем больше энергия системы), орбитальным L и спиновым $I=S+I$ моментами (электрон и ядро обладают собственными моментами количества движения — спинами S и I соответственно). Полный момент атома F является векторной суммой орбитального и спинового моментов $F=L+I$. Величина каждого из них может принимать только целочисленные значения, например $L^2=I(I+1)$, где орбитальное квантовое число $I=0, 1, 2, \dots$. Проекция момента на любое выделенное направление, называемое осью квантования, также принимает только дискретные значения (например, от $-I$ до I — всего $2I+1$ значений). Состояния с $I=0, 1, 2, \dots$ принято обозначать буквами — $S, P, D, \dots$ соответственно. Основное состояние атома имеет наименьшую энергию и обозначается символом $1S$ ($n=1, I=0$). Другие состояния обозначают символом $n^{2I+1}(I)$.



Уровни сверхтонкой структуры основного состояния атома водорода, помещенного в магнитное поле B . Уровень с полным моментом $F=1$ расщепляется на три, и сверхтонкое контактное взаимодействие приводит к четырехуровневой системе [эффект Зеемана]. В слабых магнитных полях сверхтонкое взаимодействие связывает спины (и магнитные моменты) протона и электрона, и состояния 1, 2, 3 соответствуют проекциям m_F полного момента $F=1$ на направление магнитного поля, равным $+1, 0, -1$. Уровень 4 отвечает синглетному состоянию с полным моментом $F=0$. В сильных магнитных полях связь между магнитными моментами ядра и электрона разрывается, и они ориентируются по полю независимо друг от друга. Указана возможная ориентация магнитных моментов протона (цветная стрелка) и электрона (черная стрелка) относительно направления внешнего магнитного поля; ΔE — величина сверхтонкого расщепления.

электрона e^- . Поскольку спин электрона равен $1/2$, то таких ориентаций может быть только две: спины p и e^- параллельны (ортосостояние водорода, или триплетное состояние с полным моментом $F=1$) и антипараллельны (парасостояние, или синглетное состояние с $F=0$). Разница энергий ΔE между этими двумя состояниями (уровнями сверхтонкой структуры) определяется значениями μ_p и μ_e и плотностью электронного облака на протоне $|\psi(0)|^2$. Без внешних возмущений величина расщепления ΔE для основного состояния атома водорода составляет $5,85 \times 10^{-6}$ эВ, что соответствует частоте перехода между уровнями сверхтонкой структуры $\nu = 1420$ МГц.

Таким образом, наличие спина у протона и электрона приводит к сверхтонкому

расщеплению основного состояния атома на синглетное (одно) и триплетное (три). Заполнение этих состояний происходит в соответствии с их статистическим весом, т. е. три четверти атомов водорода находятся в ортосостоянии и четверть — в парасостоянии.

АТОМ ВОДОРОДА НЕСФЕРИЧЕН

Казалось бы, внешний вид атома в синглетном и триплетном состояниях должен быть одинаковым, поскольку определяется сферическим симметричным кулоновским взаимодействием между ядром (протоном) и электроном. Однако сверхтонкое взаимодействие между протоном и электроном кроме контактной части имеет и другую составляющую — дальнотействующее диполь-дипольное взаимодействие их магнитных моментов. Эта часть взаимодействия зависит не только от расстояния $|r|$ между частицами, но и от ориентации вектора r относительно их магнитных моментов и как следствие, не является сферически симметричной. Диполь-дипольное взаимодействие магнитных моментов p^+ и e^- несравненно слабее их кулоновского взаимодействия и, как представлялось, существенно не сказывается на свойствах атома (например, в первом приближении не дает вклада в энергию основного состояния).

Однако, как показал В. Г. Барышевский (Белорусский государственный университет), отсутствие центральной симметрии во взаимодействии ядра и электрона приводит к тому, что триплетное основное состояние атома водорода уже не является сферически симметричным: к $1S$ -состоянию примешиваются всевозможные D -состояния с орбитальным моментом $l=2$. Несмотря на то что примесь этих состояний довольно мала, атом водорода в основном триплетном состоянии становится анизотропным. Следовательно, он должен обладать электрическим квадрупольным моментом. Поэтому при описании атома водорода даже в основном состоянии необходимо вводить такую характеристику, как электрический квадрупольный момент¹. Его величина Q , которая служит мерой несферичности атома, определяется магнитными моментами составляющих его частиц

$$Q = -\frac{4}{3} \mu_p \mu_e / e^2$$

¹ Барышевский В. Г. Ядерная оптика поляризованных сред. Минск, 1976. С. 156. Baryshevsky V. G., Kuten S. A. // Phys. Lett. 1978. Vol. A67. № 5—6. P. 355—356.

и для атома водорода в основном состоянии равна $0,7$ барн².

Близкий к рассмотренному механизм образования квадрупольного момента у квантовой системы был известен ранее в ядерной физике. Здесь простейшей двухчастичной системой считался дейтрон — связанное ядерными силами состояние нейтрона (n) и протона. В отличие от атома водорода, дейтрон существует только в триплетном состоянии, когда спины p^+ и n параллельны. Связанное состояние этой системы с нулевым полным моментом количества движения отсутствует. Свойства дейтрона почти полностью объясняются одними только центральными ядерными силами. Однако наличие у него квадрупольного момента (экспериментально обнаруженного еще в 1939 г.) требует присутствия в системе тензорных ядерных сил, зависящих от ориентации спинов частиц по отношению к оси, соединяющей их центры. Вследствие этого дейтрон уже не может описываться чистым S -состоянием. С законами сохранения четности и момента количества движения совместима только примесь D -состояния, в результате чего основное состояние дейтрона представляет собой смесь S - и D -состояний. Правда, вероятность нахождения дейтрона в D -состоянии мала — всего несколько процентов. Такое феноменологическое описание подтверждается современной кварковой моделью дейтрона, которая вскрывает происхождение как центральных, так и тензорных сил, действующих в этой системе.

Ядерное взаимодействие существенно сильнее электромагнитного и соответственно тензорная часть ядерного взаимодействия существенно больше тензорной части электромагнитного (диполь-дипольного взаимодействия магнитных моментов), поэтому, на первый взгляд, следовало бы ожидать, что квадрупольный момент дейтрона должен значительно превосходить квадрупольный момент атома водорода. Однако оказалось, что это не так: квадрупольный момент атома водорода в 270 раз больше, чем у дейтрона. Все дело в том, что ядерные силы короткодействующие и не могут дать значительного вклада в квадрупольный момент, который формируется на больших расстояниях.

Итак, тензорная часть электромагнитных взаимодействий между двумя частицами приводит к тому, что в основном триплетном состоянии атом водорода обладает квадрупольным моментом. Это дает основания

представить атом водорода в таком состоянии в виде эллипсоида вращения (отталкиваясь от того известного факта, что равномерно заряженные объекты, не имеющие сферической симметрии, обладают электрическим квадрупольным моментом). Ось симметрии при этом служит ось квантования. В синглетном состоянии тензорная (диполь-дипольная) часть сверхтонкого взаимодействия не проявляется, и атом водорода остается сферически симметричным.

Пример с атомом водорода лишний раз подтверждает, что не все, что кажется очевидным на первый взгляд, соответствует действительности. Элементарный «кирпичик» окружающего нас мира оказался не сферически симметричным. Точнее говоря, если перейти от единичного атома водорода к совокупности атомов, то большинство из них (75%) будут обладать квадрупольным моментом. Наличие квадрупольного момента в основном состоянии важно не только само по себе как факт осуществления еще одной квантовой характеристики атома, но имеет далеко идущие последствия, в чем мы постараемся убедить читателя ниже.

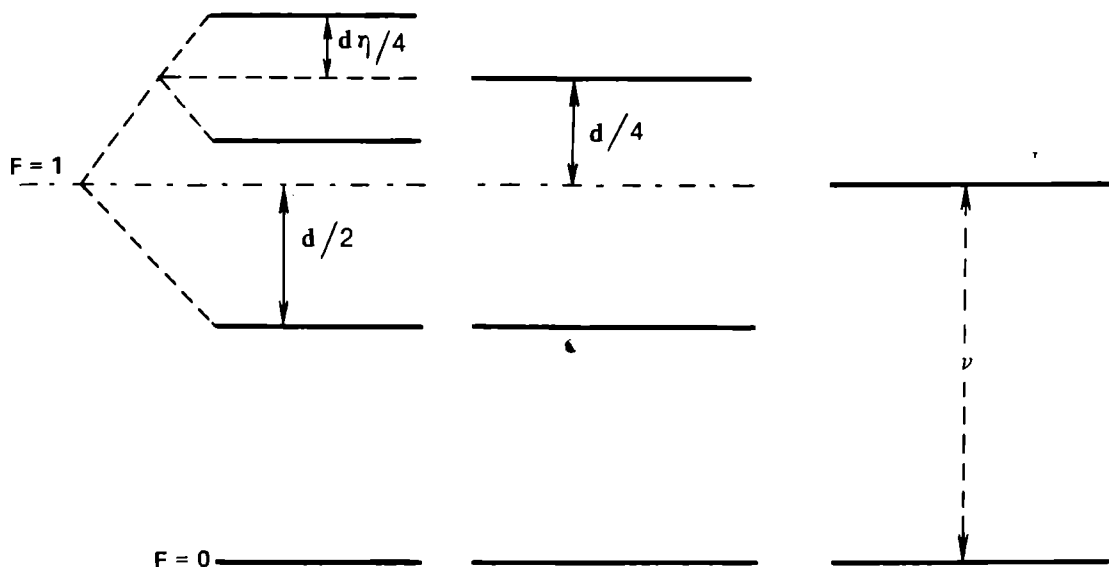
КВАДРУПОЛЬНОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ

Если атом, обладающий квадрупольным моментом, поместить в неоднородное электрическое поле E , то из-за взаимодействия квадрупольного момента с градиентом неоднородного поля его уровень, соответствующий триплетному состоянию, расщепится. Картина расщепления при этом аналогична наблюдаемой в ядерном квадрупольном резонансе и определяется симметрией тензора градиента электрического поля $\varphi_{ik} = -dE_k/dx_i$ ($i, k = x, y, z$). Полное расщепление происходит, когда параметр асимметрии тензора $\eta = |(\varphi_{xx} - \varphi_{yy})/\varphi_{zz}|$ отличен от нуля (x, y, z — главные оси тензора, т. е. оси системы координат, в которой отличны от нуля только диагональные компоненты φ_{ik}). Количественно расщепление характеризуется величиной $d = eQ\varphi_{zz}$, называемой квадрупольной постоянной.

Постоянное неоднородное электрическое поле непосредственно не действует на магнитный момент ядра³. Однако квадрупольное расщепление уровней системы и переходы между этими уровнями, связанные с переворотом спина ядра, вызывают осцилляции спина и магнитного момента ядра. Разумеется, прямо наблюдать такое движение

² Электрический квадрупольный момент, нормированный на величину заряда электрона, имеет размерность площади и единицей его измерения в ядерных масштабах обычно служит барн ($16 = 10^{-24}$ см²).

³ Бабаев А. И. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1966. Т. 3. Вып. 1. С. 3—4.



Уровни сверхтонкой структуры атома водорода в неоднородном электрическом поле. Максимальное количество уровней (четыре) наблюдается при полном отсутствии симметрии [$\eta \neq 0$] электрического поля (слева). В аксиально-симметричном поле [$\eta = 0$] атом имеет три уровня (в середине). Поле кубической симметрии вообще не приводит к расщеплению триплетного состояния (справа). Указанное положение уровней соответствует положительной квадрупольной постоянной. В противоположном случае положение синглетного уровня ($F=0$) не меняется, а триплетные ($F=1$) претерпевают инверсию относительно центра триплета (указан стрелкой); ν — частота сверхтонкого расщепления.

ние спина p в неоднородном электрическом поле не представляется возможным, так как не существует способа определения спинового состояния отдельного протона. Однако сегодня в руках исследователей есть атом, за спином которого легко проследить. Имеется в виду экзотическая водородоподобная система — мюоний (Mu).

ОТ ВОДОРОДА К МЮОНИЮ

Атом мюония, состоящий из положительно заряженного мюона (μ^+) и электрона, является легким аналогом атома водорода. Он с большой вероятностью образуется при замедлении мюонов в веществе. Мюон, как и протон, обладает спином $1/2$, поэтому сверхтонкое взаимодействие частиц в атоме мюония происходит так же, как и в атоме водорода. Впервые свободный атом мюония в конденсированных средах (кристаллическом кварце) был обнаружен сотрудниками Института теоретической и экспериментальной

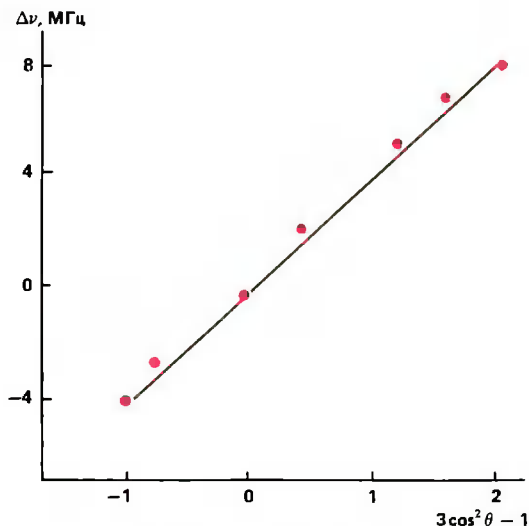
физики (Москва) и Объединенного института ядерных исследований (Дубна).

Для наблюдения за спином μ^+ в атоме мюония используется метод μSR (muon spin rotation — вращение спина мюона), в основе которого лежит явление несохранения четности в слабых взаимодействиях. Мюон — нестабильная частица и распадается по схеме $\mu^+ \rightarrow e^+ \bar{\nu}_\mu \nu_e$ (e^+ — позитрон, $\bar{\nu}_\mu$ — мюонное антинейтрино, ν_e — электронное нейтрино). Среднее время жизни мюона $2,2 \cdot 10^{-6}$ с, а его распад есть типичный пример слабого взаимодействия. Из-за нарушения закона сохранения пространственной четности угловое распределение позитронов в этом распаде асимметрично относительно направления спина мюона. Это свойственно как раз и позволяет определить (путем регистрации позитрона), куда был направлен спин μ^+ в момент распада⁴.

Именно в такой схеме было предложено обнаружить квадрупольный момент водородоподобного атома — мюония⁵. Контакты с экспериментаторами на Международном симпозиуме «Мезоны в веществе» (Дубна, 1977 г.), инициировали постановку эксперимента, и в 1979 г. Дж. Брюэр с сотрудниками впервые зарегистрировали квад-

⁴ Подробнее см.: Пономарев А. Н. Положительные мюоны в физике твердого тела // Природа. 1989. № 12. С. 20—30.

⁵ Барышевский В. Г., Кутень С. А. О существовании квадрупольного момента у мюония // Мезоны в веществе. Дубна, 1977. С. 342—346.

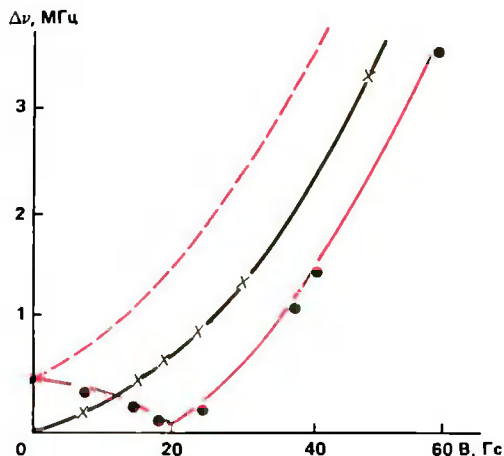


Зависимость разности частот $\Delta \nu$ прецессии спина μ^+ в мюонии от ориентации кристалла кварца, полученная на мезонной фабрике TRIUMF. Изменение угла между направлением магнитного поля и оптической осью кристалла приводит к изменению частоты прецессии μ^+ , пропорциональному $3 \cos^2 \theta - 1$, что однозначно указывает на квадрупольное расщепление уровней мюония [по: Brewer J. H., Bader D. C., Spencer D. P. // Phys. Rev. Lett. 1979. Vol. 42. P. 808].

рупольный момент у мюония, локализованного в кристалле кварца.

Эксперимент был выполнен на мезонной фабрике TRIUMF (Канада). Оказалось, что в кристаллическом кварце спин μ^+ в мюонии прецессирует на двух частотах, разность между которыми слишком велика, чтобы быть обусловленной только расщеплением Зеемана. Обнаруженное дополнительное расщепление не зависело от магнитного поля, но резко менялось в зависимости от ориентации кристалла. В дальнейших детальных исследованиях, выполненных совместно сотрудниками Белорусского университета и Ленинградского института ядерной физики им. Б. П. Константинова, были определены величина и знак квадрупольной постоянной d , а также ориентация главных осей тензора градиента электрического поля⁶.

На сегодня мы обладаем следующей совокупностью экспериментальных данных о поведении мюония в кристалле кварца. При низких температурах ($T < 120$ К) $d = 9,27$ МГц, а неоднородные электрические поля в местах расположения мюония асимметричны ($\eta =$



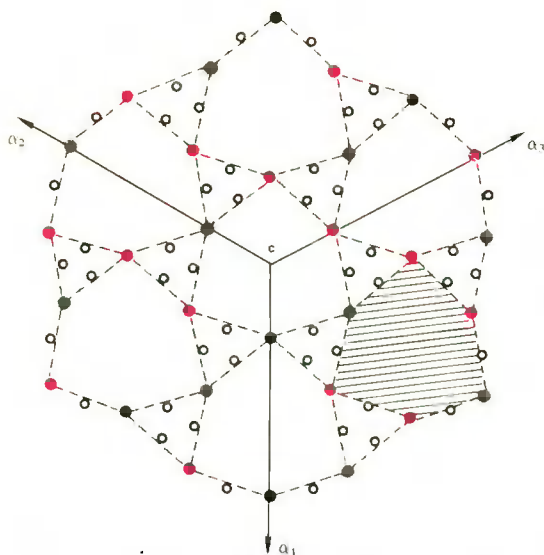
Зависимость разности частот $\Delta \nu$ прецессии спина μ^+ в мюонии от магнитного поля, полученная на пучке мюонов синхротрона ЛИЯФ (цветная линия проведена по экспериментальным точкам, соответствующим кристаллическому кварцу, черная — плавленному кварцу). В слабых магнитных полях спин μ^+ в мюонии прецессирует на двух частотах. При $d < 0$ их разность $\Delta \nu$ с ростом магнитного поля B вначале падает по квадратичному закону до нуля, а затем так же растет с увеличением поля (теоретическая зависимость в данном случае совпадает с приведенной экспериментальной кривой). Если же $d > 0$ разность частот монотонно возрастает с ростом B (пунктирная кривая). Для определения знака квадрупольной постоянной мюония достаточно нескольких измерений в области поля, где $\Delta \nu = 0$ (примерно 20 Гс). В плавленном кварце нет упорядоченных электрических полей и квадрупольное взаимодействие мюония исчезает.

$= 0,35$). В области высоких температур (180—300 К) квадрупольная постоянная меняет знак ($d = -0,51$ МГц), а неоднородные поля становятся аксиально-симметричными ($\eta = 0$).

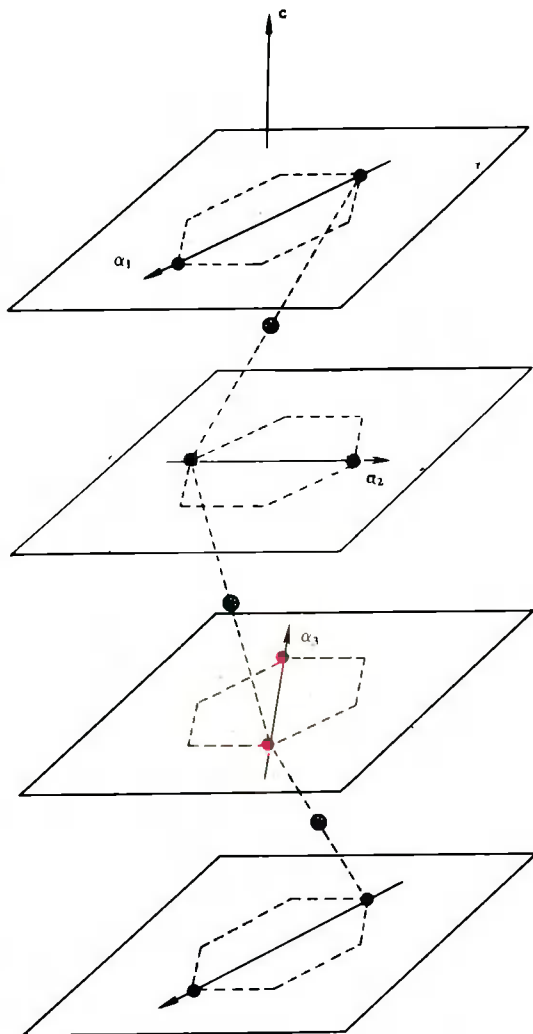
На первый взгляд, изменение симметрии и величины квадрупольного взаимодействия с ростом температуры свидетельствует о какой-то перестройке в расположении атомов, окружающих мюоний. Исследования, однако, показали, что эти изменения полностью обусловлены диффузией мюония в кристаллической решетке кварца. При низких температурах он фактически «сидит» в межузлиях решетки (они расположены между слоями и лежат в пустотных каналах). Межузлия, в которых локализован мюоний, как бы нанизаны на винтовую линию, ось которой совпадает с оптической осью кристалла.

Диффузия мюония, начинающаяся при температурах около 120 К непрерывно возрастает в интервале 120—180 К. Это приводит к тому, что быстро движущийся по местам локализации в кристаллической решетке мюоний перестает чувствовать неоднород-

⁶ Барсов С. Г. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1984. Т. 39. Вып. 6. С. 278—280.



Решетка кварца (слева) и места локализации атомов водорода (мюния) в ней (справа). Кристаллическая структура кварца образована тремя слоями тетраэдров SiO_4 , смещенными друг относительно друга таким образом, что формируют спираль в направлении оптической оси c . Цветными кружками изображены атомы кремния (красные — в нижнем слое, серые — в среднем, черные — в верхнем), полыми — атомы кислорода. В каждом слое есть так называемая электрическая ось a , представляющая собой ось симметрии второго порядка. Видны большие «пустотные» каналы, параллельные оптической оси. Заштрихован участок, срез которого вдоль оси c показан справа. Места локализации атомов водорода (обозначены звездочками) образуют винтовую линию.



ности ее электрического поля в поперечном к оптической оси направлении, а эффективно действующее на атом неоднородное поле становится аксиально-симметричным относительно этой оси. Наблюдаемая в условиях диффузии квадрупольная постоянная определяется средним градиентом поля, который меньше своего значения при низких температурах и имеет другой знак. Поэтому истинным значением квадрупольной постоянной является ее низкотемпературное значение $d=9,27$ МГц. Для грубой оценки квадрупольного момента можно считать, что градиент электрического поля в местах локализации мюния создается двумя ближайшими к нему атомами кремния. В этом случае измеренному значению d соответствует величина квадрупольного момента мюния $Q=16$, в то время как теоретическое рассчитанное значение в вакууме составляет 2,46. Из-за чрезвычайной сложности вычислений тензора ϕ_{ik} в решетке рассчитывать на большее согласие ожидаемого и полученного результатов в данном случае не приходится.

Таким образом, с достаточным основанием можно считать, что мюний в межузлиях кварца находится в состоянии, близком к вакуумному (частота сверхтонкого расщепления мюния в кварце отличается от вакуумной менее чем на 1 %), и исследования методом μSR подтверждают наличие у него квадрупольного момента. Это и есть главные результаты описанных экспериментов.

К настоящему времени имеются также данные ряда экспериментов по электронному парамагнитному резонансу на атомах водорода и дейтерия в кварце. Анализ этих данных привел к однозначному выводу: в кристаллической решетке кварца атомарные водород и дейтерий также обладают квадрупольными моментами. Благодаря этому сейчас есть возможность детально исследовать зависимость параметров квадрупольно-

го взаимодействия водородоподобных атомов от типа изотопа, однако обсуждение здесь указанной изотопической зависимости у вело бы нас слишком далеко в сторону. Мы же стремились показать, что благодаря существованию квадрупольного момента у мюония положительный мюон можно использовать не только как магнитный, но и как электрический зонд — для изучения картины распределения и динамики неоднородных электрических полей в веществе. В частности, с помощью мюонов теперь можно исследовать такие немагнитные явления, как структурные фазовые переходы в сегнетоэлектриках. Из изложенного должно быть ясно, что теоретическим предсказанием и экспериментальным обнаружением квадрупольного расщепления уровней в веществе было положено начало новому направлению в мюонной спектроскопии конденсированных сред.

Опыты по исследованию квадрупольного взаимодействия водородоподобных атомов в кристаллическом кварце, несмотря на их важность, обладают тем недостатком, что трудно предсказуемое воздействие кристаллической решетки на мюоний может сильно исказить анизотропию его основного состояния по сравнению с вакуумной. Поэтому наблюдаемое квадрупольное расщепление обусловлено не только собственным квадрупольным моментом атома, но и индуцированным, вызванным воздействием решетки, причем разделить эти вклады не представляется возможным. С этой точки зрения идеальным было бы обнаружение квадрупольного момента атома водорода в вакууме, например по оптическим измерениям квадрупольного расщепления уровней атома водорода, помещенного в стоячую лазерную волну. Этот эксперимент еще ждет своей постановки. Большие шансы на успех имеет также поиск квадрупольного момента водородоподобной системы с возбужденной электронной оболочкой (например, гелия в состоянии $2S$ с одним электроном в состоянии $1s$, вторым — возбужденным в состояние $2s$ и полным спином электронной оболочки, равным 1). Такой атом гелия похож на водород с «размазанным» ядром, роль которого выполняет α -частица с электроном в состоянии $1s$. Здесь появление квадрупольного момента вызвано диполь-дипольным взаимодействием магнитных моментов электронов, поэтому в такой системе он почти в 1000 раз больше, чем в основном состоянии атома водорода⁷.

ДРУГАЯ СТОРОНА МЕДАЛИ

Итак, сравнительно недавно, около десяти лет назад, была теоретически установлена еще одна квантовая характеристика атома водорода — электрический квадрупольный момент. Этот факт уже сам по себе удивителен, поскольку атом водорода, все-сторонне изучаемый более полувека, давно служит моделью для обработки методов квантовой механики. Еще удивительнее то, что в экспериментальных исследованиях сверхтонкого расщепления в атоме водорода, активно проводившихся в 50—60-е годы, можно было бы измерить квадрупольный момент атома. Можно было бы, если бы знали о его существовании...

Развитие техники мазеров в 50-х годах позволило провести ряд тонких экспериментов по определению влияния постоянных однородных электрических полей на сверхтонкую структуру атомных уровней. Влияние это вообще говоря мало. Поскольку постоянный электрический дипольный момент у атома отсутствует, то нет и линейного по полю вклада в его энергию. Квадратичная по полю зависимость энергии атома возникает следующим образом.

Электрическое поле искажает сферически симметричное основное состояние атома, превращая его в вытянутую вдоль поля гантель, и у атома возникает индуцированный полем электрический дипольный момент $\vec{p}$. Величина и направление $\vec{p}$ определяются напряженностью поля — $\vec{p} = \alpha \vec{E}$, α коэффициент пропорциональности α носит название поляризуемости атома. Взаимодействие индуцированного дипольного момента с электрическим полем дает квадратичный по полю вклад в энергию атома, понижая ее на величину $\vec{p}\vec{E} = \alpha E^2$. Этот вклад не зависит от ориентации поля и соответствует известному эффекту Штарка. Если же начальное состояние атома несферично, направление индуцированного дипольного момента уже не совпадает с направлением электрического поля, величина α становится тензором — у атома возникает так называемая тензорная поляризуемость. В этой ситуации энергия атома уже зависит от ориентации поля по отношению к выделенному направлению (обычно оно задается слабым магнитным полем), а его полная поляризуемость состоит уже из двух частей — скалярной и тензорной. Поэтому при помещении атома в электрическое поле его уровни сдвигаются и расщепляются, причем скалярная поляризуемость определяет сдвиг центра тяжести расщепленного уровня (эффект Штар-

⁷ Амусья М. Я., Яхонтов В. Л. // Письма в ЖЭТФ. 1986. Т. 12. Вып. 15. С. 951—953.

ка), тензорная — относительное положение его расщепленных компонентов.

Впервые квадратичное по полю изменение сверхтонкого расщепления наблюдалось в конце 50-х годов на атомах цезия. Но, поскольку теоретическая интерпретация эффекта для таких атомов в то время была неудовлетворительной, основным объектом исследований стал водород, где все эффекты можно просчитать. Сдвиг частоты сверхтонкого расщепления атома водорода в электрическом поле чрезвычайно мал, меньше $6 \cdot 10^{-10} \%$. Но все же он был обнаружен группой Н. Рамзея из Гарвардского университета (США), использовавшей для этих целей водородный мазер⁸.

Эксперимент проводился с помощью двух мазеров, работающих на переходе между синглетным и триплетным уровнями сверхтонкой структуры атома водорода ($F=1, m_F=0 \rightarrow F=0, m_F=0$) в слабом магнитном поле. Один мазер служил стандартом частоты, второй был помещен в однородное электрическое поле. Разница частот мазеров возникала из-за воздействия электрического поля на атом водорода. В первых экспериментах изучался квадратичный по полю сдвиг частоты перехода в электрическом поле, параллельном магнитному, т. е. обычный эффект Штарка. Совершенствование методики позволило обнаружить также слабую ($\sim 3 \%$ от полного сдвига) зависимость штарковского сдвига частоты сверхтонкого расщепления от ориентации электрического поля относительно магнитного, т. е. измерить тензорную поляризуемость атома водорода в основном состоянии.

Структура расщепления уровней атома в электрическом поле из-за наличия тензорной поляризуемости определяется, как и в случае квадрупольного расщепления, полным моментом F атома. Поэтому наблюдаемое расщепление определяется двумя факторами. Первый из них обусловлен квадрупольным моментом атома и дает в энергию вклад, линейный по полю, точнее, по его градиенту. Второй, значительно превосходит первый и вызван наличием тензорной поляризуемости — его вклад в энергию квадратичен по полю. Хотя квадрупольный момент и тензорная поляризуемость — разные физические величины, все же это две стороны одной медали, которые в эксперименте проявляются вместе. Поскольку оба эффекта в основном состоянии атома водорода определяются очень малой примесью

D-состояния, то в первом приближении они должны быть пропорциональны друг другу. Поэтому, измеряя ориентационную зависимость квадратичного по полю сдвига частоты сверхтонкого расщепления в атоме водорода, можно измерить его квадрупольный момент.

Тщательный анализ экспериментов группы Н. Рамзея показывает, что содержащаяся в них информация позволяет не только сделать вывод о существовании квадрупольного момента атома водорода, но и получить для него значение 0,7 б. Иными словами, эксперименты по изучению сверхтонкого расщепления в атоме водорода, поставленные в те времена, когда о квадрупольном моменте атома не было и речи, подтверждают наши сегодняшние представления об атоме водорода.

Теоретически предсказанный квадрупольный момент атома водорода изменил наши представления об этом простейшем атоме. Кажется просто невероятным, что исключительно малая несферичность атома водорода (примесь D-волны в основном состоянии составляет $10^{-15} \%$!) все же оказалась столь важной. Тензорный характер сверхтонкого взаимодействия частиц в атоме проявляется не только в атоме водорода или мюония. Все водородоподобные атомы, ядра которых имеют ненулевой спин, в основном состоянии обладают квадрупольным моментом. Исключение составляют системы с высокой симметрией (типа позитрония).

Основные особенности механизма образования квадрупольного момента можно распространить и на системы из кварков. Например, между двумя кварками в релятивистской модели возникает тензорное сверхтонкое взаимодействие, отвечающее обмену одним глюоном. Оно, в частности, приводит к возникновению квадрупольного момента у Ω^- -гиперона — системы, состоящей из трех странных кварков⁹. По той же причине квадрупольными моментами обладают и такие короткоживущие объекты, как $\rho^\pm$ -мезоны или Δ^{++} -изобара, хотя из-за очень короткого времени жизни лучше говорить о квадрупольном переходе, связанном с этими резонансами.

История с квадрупольным моментом атома водорода лишний раз показывает, сколь богаты информацией классические объекты исследований и как полезно время от времени к ним возвращаться.

⁸ Подробнее см.: Летохов В. С. Лауреаты Нобелевской премии 1989 г. По физике — Н. Рамзей, Г. Демельт, В. Пауль // Природа. 1990. № 1. С. 91—94.

⁹ Герштейн С. С., Зиновьев Г. М. // Ядерная физика. 1981. Т. 33. Вып. 5. С. 1442—1445.

Г.Г. Матишов **МОРЕ** на грани опустошения



Геннадий Григорьевич Матишов, доктор географических наук, директор Мурманского морского биологического института Кольского филиала АН СССР. Занимается экологическими, палеогеографическими и рыбохозяйственными проблемами арктических морей.

Монографии: Мировой океан и оледенение Земли. М., 1987; Эволюционный подход к изучению морских арктических экосистем. Апатиты, 1988; Экологическая ситуация и проблемы охраны биоресурсов в морях Северной Европы (на примере Баренцева моря). Апатиты, 1989. Коллективная монография: Жизнь и среда полярных морей. Л., 1989.

РАЗВИТИЕ экономики Северо-Запада нашей страны и приарктических государств, основанное на эксплуатации природных ресурсов морей Северного Ледовитого океана, породило лавину экологических проблем. За последние три года до предела обострились экологическая ситуация и проблемы охраны биологических ресурсов Норвежского моря и в особенности Баренцева — крупнейшего шельфового водоема, по площади превышающего Балтийское, Белое, Черное, Азовское и Аральское моря вместе взятые. Баренцево море всегда славились рыбными богатствами, мировой вылов в нем достигал в некоторые годы 3—4 млн т, а доля СССР составляла 1—1,5 млн т в год. В последнее время рыбный промысел резко сократился, в 1988 г. добыча морских продуктов нашей страной снизилась до 250 тыс. т. Какие причины привели к тому, что Баренцево море сейчас находится на грани опустошения? Безусловно, это антропогенные факторы, среди которых — бесконтрольный промысел рыбы, разнообразное загрязнение акватории, геофизические съемки шельфа при разведке нефтегазовых месторождений.

Чтобы во всей полноте представить последствия, связанные с действием перечисленных факторов, следовало бы оперировать количественными показателями изменений морской биоты. Но, к сожалению, таких данных почти нет, и потому мы вынуждены во многих случаях приводить лишь качественные характеристики.

РЫБНЫЙ ПРОМЫСЕЛ

Главный вред экосистемам Баренцева моря нанесла работа рыболовецких флотов, их бесконтрольная сорокалетняя деятельность при чрезмерно высокой добыче. Этот вывод ярко характеризуется падением численности сельди, мойвы и трески.

В середине 60-х годов промысел атлантического-скандинавской сельди в Норвежском и Баренцевом морях достигал 2 млн т

Количество трески разного возраста в мировых уловах из Баренцева моря (тыс. экз.)^{*}

Возраст, лет	Период промысла						
	1946—1950	1951—1955	1956—1960	1961—1965	1966—1970	1971—1975	1976—1979
3	1 426	24 315	25 869	24 422	20 717	94 938	53 008
4	9 043	99 822	73 497	96 423	85 123	137 568	103 903
5	31 622	127 497	88 109	134 499	127 239	106 016	88 658
6	54 065	87 656	96 554	72 642	98 144	41 552	66 077
7	56 516	46 866	50 762	29 529	53 191	23 322	38 691
8	23 638	24 252	30 451	14 639	23 789	21 788	19 713
9	25 498	16 788	15 286	7 081	10 079	11 736	7 986
10	18 978	10 966	9 063	3 682	3 164	3 733	1 461
11	17 232	5 813	3 745	2 226	974	1 342	626
12	8 831	2 276	1 110	931	303	373	325
13	5 938	776	500	451	131	185	274
14	2 801	917	230	209	36	64	56
15	2 535	412	161	136	42	44	59
16	850	245	26	32	18	—	—
17	539	204	14	18	3	—	—
18	194	114	1	21	2	—	—
19	90	65	3	1	—	—	—
20	81	69	7	1	2	—	—

* Приведены данные, ежегодно публикуемые в «Bull. Stat. Internat. Couns. Explor. Sea».

в год, т. е. по сравнению с 1950 г. вырос почти в 2,5 раза. В этот период бывали годы с низкой урожайностью поколений сельди, что вместе с необоснованно высоким промыслом вызвало уменьшение нерестового стада. С начала 70-х годов сельдь перестала совершать миграции для нагула в открытую часть Норвежского моря, выходить на зимовку к восточным берегам Исландии, а весь год оставалась в узкой (12-мильной) зоне прибрежных вод Норвегии. Численность половозрелых особей оказалась настолько низкой, что даже при благоприятных условиях в 1969, 1973, 1976 и 1979 гг. выметанной икры было недостаточно, чтобы урожайные поколения появлялись регулярно (последняя вспышка численности пришлась на 1983 г.).

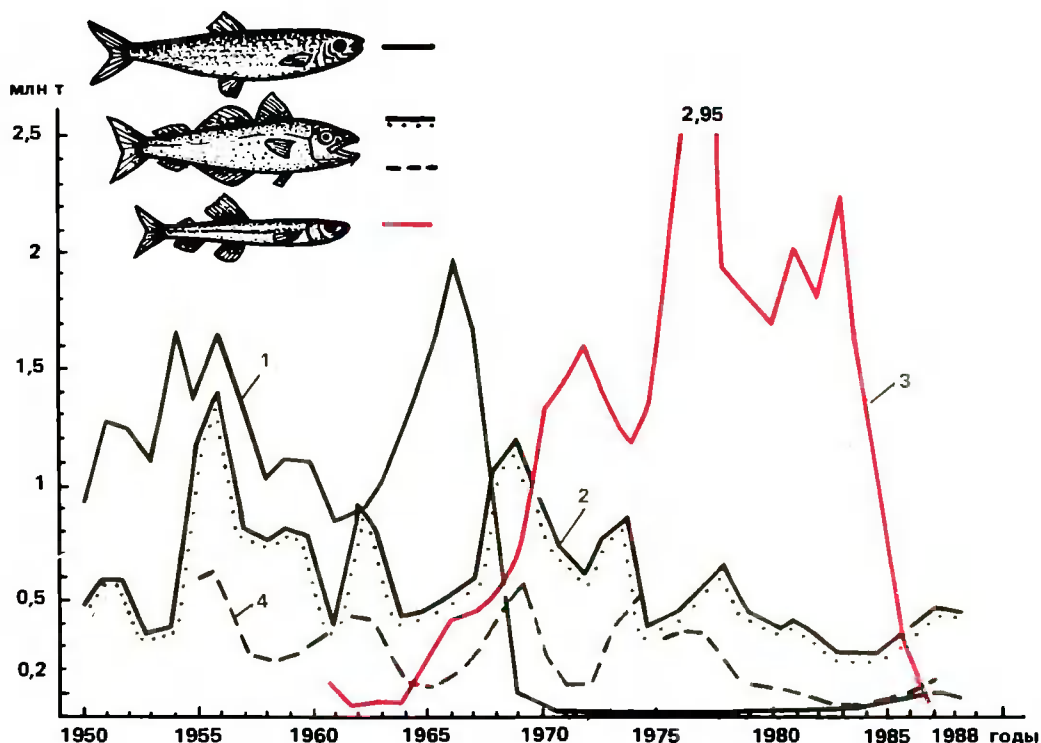
Чисто коммерческие интересы международного промысла еще ярче проявились в отношении мойвы. С середины 70-х годов ее добыча в Баренцевом море Норвегией, СССР и другими странами лавинообразно росла, ежегодные выловы достигли почти 3 млн т, затем упали до нескольких десятков тысяч тонн, а к 1987 г. запасы мойвы настолько истощились, что промысел прекратился.

Справедливости ради надо заметить, что столь быстрому падению численности мойвы в конце 70-х — начале 80-х годов способствовало и естественное уничтожение хищниками, главным образом беломорской популяцией гренландского тюленя, чьи миграции были связаны с ареалами мойвы, и треской, которая потребляла до 2—

3 млн т мойвы в год.¹ Когда стадо трески в Баренцевом море пришло в упадок (70—80-е годы), численность мойвы возросла. Этой естественной реакции на сокращение пресса главного хищника не учли рыбаки и довели промысел до максимума, изъев примерно 2/3 всей биомассы этой рыбы. В конечном итоге, верхняя часть пищевой пирамиды экосистемы разбалансировалась, ускорилась и деградация популяций трески.

Ее мировой промысел тоже не был обоснован биологическими и экологическими характеристиками. В отдельные годы ее добыча доходила до 1,4 млн т, сейчас рыболовные суда добывают около 0,2—0,3 млн т в год. Промысел трески не пришел в столь критическое состояние, как добыча сельди и мойвы, но это отнюдь не свидетельствует о ее благополучии. В популяциях трески произошли серьезные изменения. И вызваны они тоже промыслом. По мере развития тралового промысла в уловах все меньше оказывалось рыб старшего возраста: к 70-му году фактически исчезла 15—20-летняя треска, к 80-му почти не осталось 10—15-летней. Сейчас основу промысла составляют 3—6-летние рыбы.

¹ Пономаренко И. Я., Ярагина Н. А. Сезонная динамика и многолетняя динамика частоты встречаемости мойвы (*Mallotus villosus villosus*) в питании трески Баренцева моря // Питание и обеспеченность пищей рыб на разных стадиях как фактор формирования их численности, роста и скоплений. Апатиты, 1985. С. 3—19.



Мировой промысел сельди [1], трески [2] и мойвы [3] в Баренцевом и Норвежском морях и вылов трески СССР [4].

Интенсивный промысел оказал заметное влияние на возрастную структуру популяций трески². К началу 80-х годов увеличились темпы ее полового созревания: если в 50—60-е годы треска становилась половозрелой в основном в 8—10 лет, то сегодня в уловах обнаруживается от 5 до 20 % половозрелых 3—5-летних рыб. Снизилась также плодовитость популяции, изменился рацион. Треске, как любой хищной рыбе, свойствен каннибализм. Однако он не наносил вреда популяциям, пока основного корма — мойвы — было в достатке. Но теперь треска выедает собственную молодь в гораздо большем количестве³. По приблизительным подсчетам, в желудках взрослых рыб в 1986 г. погибло около 160 тыс. т молоди.

Исчезновение даже одного звена в экосистеме когда-нибудь да скажется на ее со-

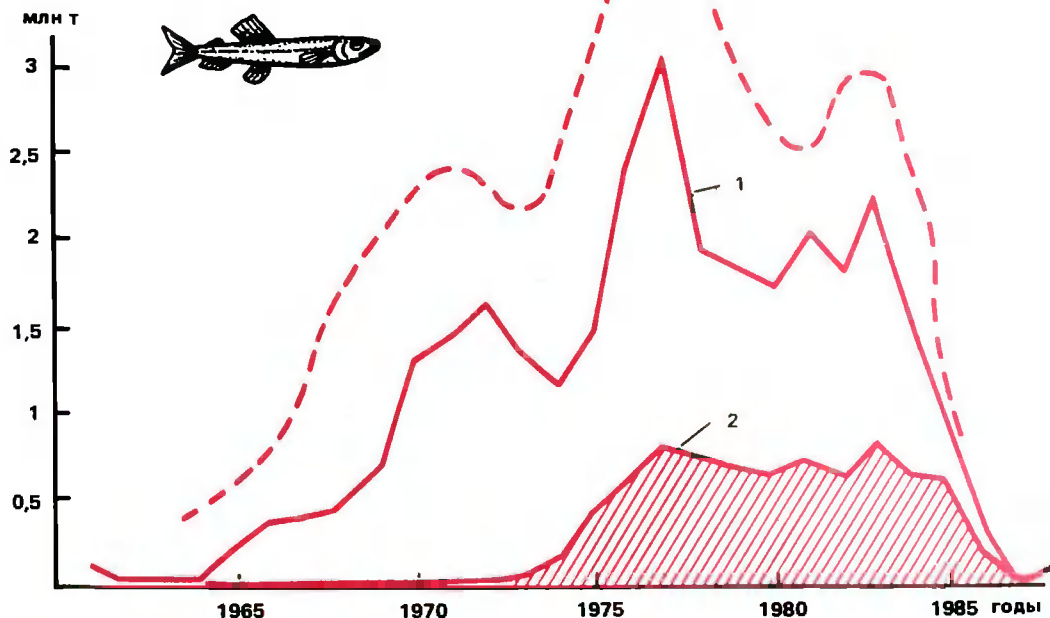
стоянии, исказит структуру. Точно мы еще не можем предсказать, чем обернется изменение трофической пирамиды в Баренцевом море. Пока мы только констатируем этот факт: в восточных районах моря осенью до 90 % рациона трески составляла сайка; в последние годы важным пищевым компонентом стала молодь морского окуня (в 1986 г. его доля в рационе составляла 11 %, на следующий год — 43 %).

Надо сказать, что, по данным сотрудника нашего института Г. В. Норвилло, уже проявилась тенденция снижения количества выметанной икры не только треской, но также сельдью и мойвой. Уже не один год их популяционная плодовитость значительно ниже критического уровня, за который можно принять величину промысла в периоды естественного спада биомассы той или иной рыбы. Даже в урожайном 1983 г. плодовитость стада сельди составила $81,4 \times 10^{12}$ икринок, т. е. около 26 % от критического уровня, а последнее богатое поколение мойвы было зарегистрировано 14 лет назад.

Вырождение, отрицательный отбор, отсутствие адаптаций к разного рода загрязнителям — генетические причины упадка морского рыболовства в Баренцевом море. Чрезмерный промысел стал эквивалентом

² Борисов В. М. // *Вопр. ихтиологии*. 1978. Т. 18. Вып. 6. С. 1010—1019.

³ Орлова Э. Л., Берестовский Е. Г., Антонов С. Г. и др. *Динамика годового откорма трески*. Препринт. Апатиты, 1988.



Мировой [1] и отечественный [2] промысел мойвы. График отражает количество переработанной рыбы, вылавливается ее гораздо больше (пунктирная линия): из-за недостатка перерабатывающих мощностей громадная часть улова выбрасывается за борт.

отбора рыб меньшего размера и ведет к вырождению популяций при все большем загрязнении среды. Массовый каннибализм, снижение темпов роста, плодовитости, жирности, размеров икринок — явные признаки падения уровня воспроизводства трески. В итоге эта рыба, служившая своеобразным индикатором порядка в экосистемах Баренцева моря, стала исчезающим биологическим видом, нуждающимся в серьезной охране.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД

Если промысел подорвал рыбные запасы, то курсирующие в Баренцевом море суда загрязняют его воды. Его просторы (главным образом южную часть) бороздят тысячи крупных судов — рыболовных, торговых, транспортных, военных и прочих флотов многих государств, включая страны НАТО, а эксплуатация, к сожалению, далека от строгих правил, предусмотренных международными и национальными законами. По оценкам главных механиков судов Всесоюзного рыбо-промышленного объединения «Севрыба», советское промысловое судно среднего тоннажа за год спускает в море около 500 т воды, содержащей до 10—20 т нефтепродуктов и до 2 т мусора.

Все это нужно умножить на количество судов (по крайней мере отечественных), плавающих в Баренцевом море, чтобы оценить характер воздействия судоходства на морские экосистемы. Загрязнение стало охватывать огромные пространства открытых акваторий полярных морей и их побережий. Вот почему нужен строгий контроль за эксплуатацией всех судов и международный мониторинг изменений морской среды под влиянием разного рода загрязнений, среди которых особенно опасны химические, спускаемые в прибрежные воды промышленными предприятиями и попадающие туда с сельскохозяйственных полей.

Кроме того, отходы человеческой деятельности несут с собой и воды Гольфстрима⁴. Мощные струи Северо-Атлантического течения проникают к шельфу Баренцева моря, но, к сожалению, не только согревают его своим теплом, но и «обогащают» пестицидами, приносят на восточные берега разнообразный хлам. На берегах Мурманского залива, Новой Земли, скопилось древесина, громадное количество изделий из пластмасс, стекла, металла. Ширина таких свалок достигает 5—10 м. Побережье Баренцева моря превращается в крупнейшую европейскую свалку, на которой по маркировке предметов можно установить, в какой стране произведено изделие.

⁴ Нестерова М. П., Симонов А. И. Химическое загрязнение океана и методы борьбы с ним // Химия океана. Т. 1. М., 1979. С. 436—490.



Берега Баренцева моря превратились в европейскую свалку.

Фото автора.

В дополнение ко всему, опасными загрязнителями стали радиоактивные вещества, попадающие в море в результате сброса радиоактивных отходов предприятиями атомной промышленности, атомных взрывов на Новой Земле, эксплуатации судов с атомными двигателями (ледоколов, подводных лодок стран НАТО и СССР) и захоронения радиоактивных отходов во впадинах полярного шельфа⁵. Известно, что некоторые морские организмы (водоросли, бентос, рыбы) способны поглощать и накапливать радионуклиды даже при низкой их концентрации в среде. Именно поэтому употребление в пищу, например, моллюсков и рыбы может оказаться небезопасным для человека. Радиоактивное загрязнение требует внимательного изучения структуры морских экосистем, биогеохимических циклов, особенно в отдельных районах прибрежного шельфа.

ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ РАЗВЕДКА И НЕФТЕПРОМЫСЕЛ

Более 40 лет назад в недрах морей Арктики и Субарктики началась геофизическая разведка полезных ископаемых. Сегодня магнитную, гравитационную, электро-

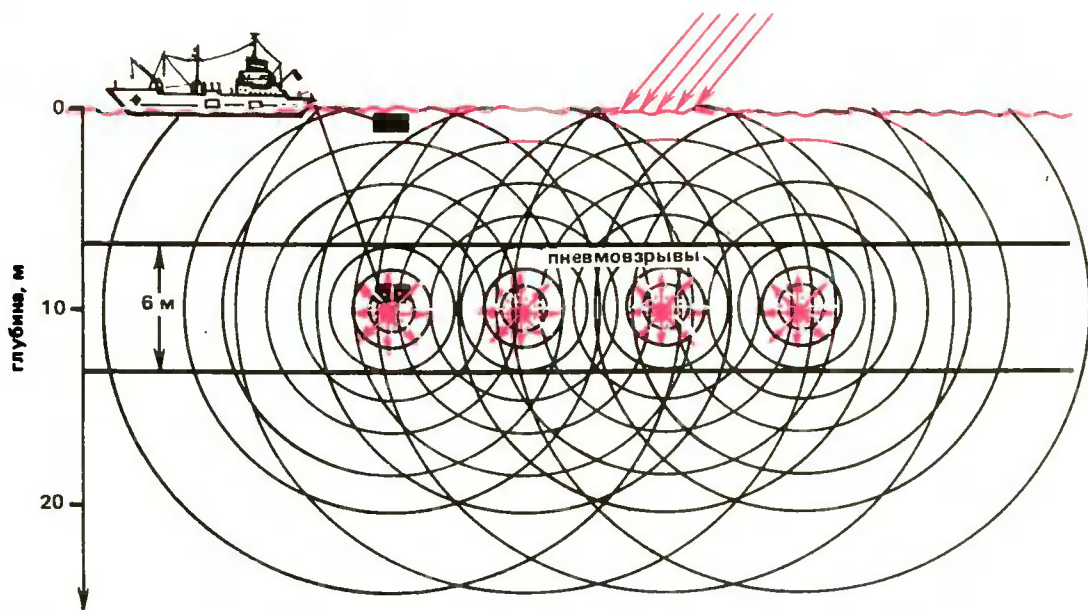
и сейсморазведку широко ведут все северные страны.

Особый размах получила сейсморазведка. В 50—60-х годах в ее арсенале был динамит и другие взрывчатые вещества, в последнее время — пневмопушки. Эти генераторы звуковых волн с частотами от 6 до 60 Гц обычно используются не по одной, а в виде батарей из нескольких пушек. Промышленные суда, ведущие разведку нефти, часто буксируют батарею из 30 (и более) пушек, каждая создает избыточное давление до 150 атмосфер. В радиусе до 2 м гидроудар небольшой пушки убивает до 90 % личинок и мальков рыб⁶. Пневмовзрывами уничтожается не только иктиопланктон, но и молодь других планктонных животных — моллюсков, ракообразных.

Галсами сейсмозондирования в Баренцевом море уже пройдена не одна сотня тысяч километров. Надо ли говорить, сколько при этом уничтожено разнообразной молодежи, которая, проживи она еще 5—8 лет, пополнила бы промысловые запасы, а короткоживущие виды успели бы продолжить свой род. Экологическая ситуация в Баренцевом море требует безотлагательных наблюдений за характером влияния стандартных методов непрерывного геофизиче-

⁵ Вакуловский С. М., Никитин А. Н., Чумичев В. Б. // Атом. энергия. 1988. Т. 65. № 1. С. 66—67.

⁶ Hill S. H. // Pacif. Mar. Sci. Rept. inst. Ocean Sec. 1978. № 26; Dalen J., Knutsen G. Searing Effects in Fish and Harmful Effects on Eggs, Larvae and Fry by Offshore Seismic Explorations // Proc. Int. Congr. Acoust. Assoc. Symp. Underwater Acoust. Halifax, July 16—18, 1986. N. Y.; L., 1987. P. 93—102.



Зоны различного действия пневмовзрывов при сейсмозондировании морского дна. На глубине 7—13 м погибает весь планктон, а над этой 6-метровой зоной и под ней наблюдается частичная гибель икры, личинок и мальков рыб.

ского зондирования (не только сейсмического, но и других) на среду обитания морских организмов, их поведение, физиологическое состояние.

Одни из приведенных здесь антропогенных факторов уже отразились (не лучшим образом) на состоянии биоты Баренцева моря, влияние других пока не совсем ясно. Причина этого, как упоминалось, в отсутствии наблюдений за действием таких факторов в акватории. А, впрочем, если бы мы знали обо всех последствиях своей деятельности, сумели бы умерить стремление обеспечить себе благополучие сегодня ценой больших потерь природных ресурсов, которыми могли бы пользоваться наши потомки? Учит нас накопленный печальный опыт? Скорее всего — нет, и это особенно прискорбно. Вот лишь один пример.

Добыча нефти в Северном море, как теперь ясно, экологически не безопасна, поскольку часты аварийные разливы нефти. Но это не все. При добыче наверх поступают не только нефть и газ, но и много воды, насыщенной той же нефтью. Существующая технология сепарации не обеспечивает полной ее очистки, и нефтяным компаниям официально разрешено сбрасывать в море воду, каждая тонна которой содержит до 40 г нефти.

Добывают ее и на о. Колгуева, в

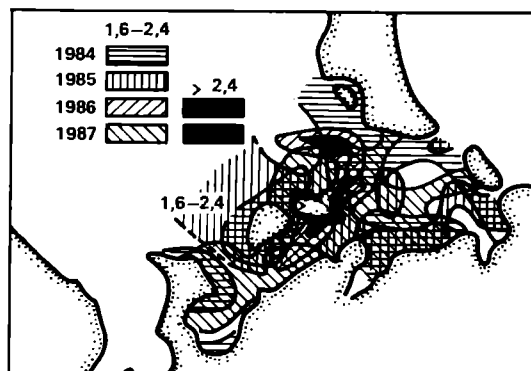
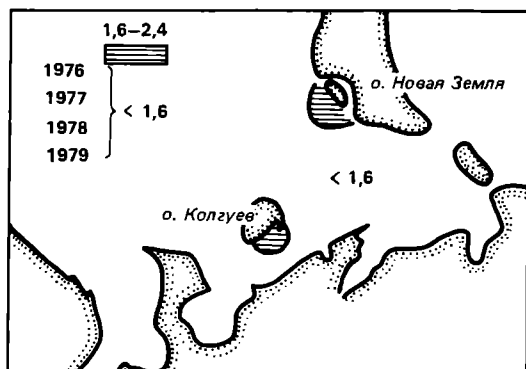
юго-восточной части Баренцева моря, о загрязнении близлежащих акваторий тоже имеется информация. Судя по проводимым с 1976 г. Госкомгидрометом ежегодным аэрофотосъемкам, нефтяная пленка активно распространяется: если в 1976 г. она отмечалась только у берегов Колгуева, то летом 1987 г. покрывала поверхность всей Печорской губы. Заметим, что в Арктике все отходы человеческой деятельности разлагаются несравнимо медленнее, чем в более южных районах⁷. Так же и нефть: по наблюдениям канадских исследователей, в Арктике есть районы, в которых нефть, попавшая на берега в результате аварийных выбросов, сохраняется в неизменном состоянии больше десятка лет.

И что же — послужили эти знания предостережением для развертывания работ по добыче нефти в Баренцевом море? Отнюдь. В 1979 г. у берегов Северной Норвегии были пробурены первые разведочные скважины, а сегодня в Баренцевом море возвышаются более десятка буровых платформ Норвегии и СССР; с середины 90-х годов, по плану, начнется промышленная добыча и переработка нефти.

СУДЬБА МОРСКИХ ПТИЦ И МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Экологические деформации, связанные с переловом рыбы и загрязнениями, особенно сильно отразились на птицах и

⁷ Yisaf S. // Oil and Petrochem. Pollut. 1985. Vol. 2. No 4. P. 235—264.



Загрязнение нефтью (в баллах) акватории вокруг Колгуева и одного из о-вов Новой Земли.

млекопитающих. Успех зимовки и весеннего выкармливания птенцов наиболее массовых морских птиц — чаек-моевок и кайр — всегда зависел от обилия пелагических рыб (сельди, мойвы, песчанки и других). Многомиллионным колониям птиц, образующих птичьи базары в восточной части Баренцева моря, основным кормом служила сайка.

Заметим, что акватории вокруг скал с птичьими базарами наиболее богаты органическим веществом. Им кормятся мелкие планктонные и бентосные животные, те, в свою очередь, поглощают организмы покрупнее, в том числе рыба. Выловив ее, мы разомкнули устойчивую трофическую цепь, и базары, существовавшие на рыбных запасах, стали редеть — количество крупных чаек снизилось в 10 раз. Сейчас популяции тонкоклювой (*Uria lomvia*) и толстоклювой (*U. aalge*) кайр фактически оказались под угрозой исчезновения.

Сайкой и мойвой питались также различные тюлени и китообразные. Чрезмерный промысел лишил их привычного корма, и они изменили миграционные пути и районы нагула. Так, беломорская популяция грен-

ландского тюленя приходила к северным берегам Кольского п-ова лишь покормиться мойвой в период ее нереста, а с падением численности рыбы в 1986—1987 гг. оставалась там уже все лето. Зимой 1987 г. около полумиллиона тюленей ушли к фьордам Норвегии, где примерно 60 тыс. животных погибло от истощения. По невыясненным причинам в Белом море, жизнь в котором тесно связана с жизнью в Баренцевом, в стадах тюленей началось резкое сокращение общего числа самок, и особенно размножающихся.

Из-за нарушения трофических связей в Баренцевом море появились признаки нового загрязнения — биологического. С 70-х годов стала постепенно нарастать численность планктонного рачка *Thysanoessa raschii*, которым питались и рыбы (ежегодное потребление треской обычно колебалось в пределах 20—45 млн т⁸). Во второй половине 80-х годов, когда рыбные запасы начали иссякать, численность рачка увеличилась почти в 4 раза. Есть основания полагать, что утилизация энергии вторичной продукции устойчиво снижается, поскольку сельди, мойвы, сайки, креветок — основных потребителей зоопланктона — становится все меньше. Биологическая продукция низших энергетических уровней остается неиспользованной, в результате падает продуктивность моря в целом.

Колонии птиц, а также тюлени и другие млекопитающие терпят громадный урон (больше всего зимой) от загрязнения морских вод нефтяными продуктами и хлорированными углеводородами. От загрязнений нефтью погибли гнездовая тысяча морских птиц — чистиков, уток, чаек — на побережьях Кольского п-ова и Норвегии. В органах и тканях животных, особенно рыбацких, накапливаются тяжелые металлы и пестициды. Все это ведет к нарушению структуры популяций и уменьшению их численности.

Другого и не может быть, так как в водах Кольского залива концентрация ядохимикатов, поступивших с хозяйственными и бытовыми стоками в 1980—1983 гг., достигала величин, превышающих ПДК более чем в 100 раз. В 1982 г., по данным Мурманской областной санитарно-эпидемиологиче-

⁸ Дробышева С. С. Эфауэиды, значение в планктонном сообществе, зоогеография, популяционная структура, жизненные циклы и динамика массовых видов // Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря. Апатиты, 1985. С. 162—173.

⁹ Матишов Г. Г. Экологическая ситуация и проблемы охраны биоресурсов в морях Северной Европы (на примере Баренцева моря). Препринт. Апатиты, 1989.

ской станции, для дезинсекции в Мурманске, Коле, Североморске, Полярном было израсходовано около 50 кг гексахлорана, 365 кг ДДТ (его применение запрещено в нашей стране с 1970 г.) и почти 20 т хлорофоса. И все это попало в море. Туда же сливается вода после дезобработки разных судов. Эти ядовитые вещества накапливаются в донных отложениях, отравляя среду обитания бентоса. Из-за высоких концентраций тяжелых металлов, пестицидов и других токсических соединений употреблять в пищу рыбу, пойманную в Кольском заливе, стало опасно.

Если изучить стратификацию донных отложений залива и хотя бы химический состав бентоса, можно многое узнать о последствиях подобного рода загрязнений, понять, например, почему морские птицы переселились на городские помойки, почему от былого промысла сельди (вспомним «кольский залом»), трески, пикши, семги остались одни воспоминания.

КАК СТАБИЛИЗИРОВАТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ?

Рассказывая об экологической ситуации в Баренцевом море, мы приводили в основном качественные оценки. Безусловно, без строгих количественных данных не получить отчетливого представления о процессах, вызванных антропогенными факторами. Ясно, что без тщательных гидрологических и гидрохимических исследований нельзя оценить вклад Гольфстрима, берегового стока, сливных корабельных вод в химическое загрязнение этого водоема, а стало быть, чрезвычайно затруднится разработка и выполнение мер по борьбе с загрязнителями. Не удастся доказать вред сплошного геофизического зондирования морского дна, если не представить таблицы, в которых отражалось бы количество уничтоженных этой деятельностью существ. Только количественные данные позволили бы проследить за изменениями морской среды и биоты за последние 40—30 лет, в которые море бесконтрольно вычерпывалось и загрязнялось.

Освоение Мирового океана, в том числе приарктических морей, набирает силу год от года. Морские воды, как ветер, не знают государственных границ — антропогенные изменения, возникшие в одном месте, распространяются и на другие. Чтобы стала, наконец, ясна динамика различных процессов, появились доказательства того, сколь пагубно для будущих поколений сегодняшнее стремление добыть из моря как

можно больше, необходима международная кооперация в разносторонних исследованиях морей и их обитателей. Этому могла бы служить международная сеть морских биосферных заповедников, но их прежде нужно организовать.

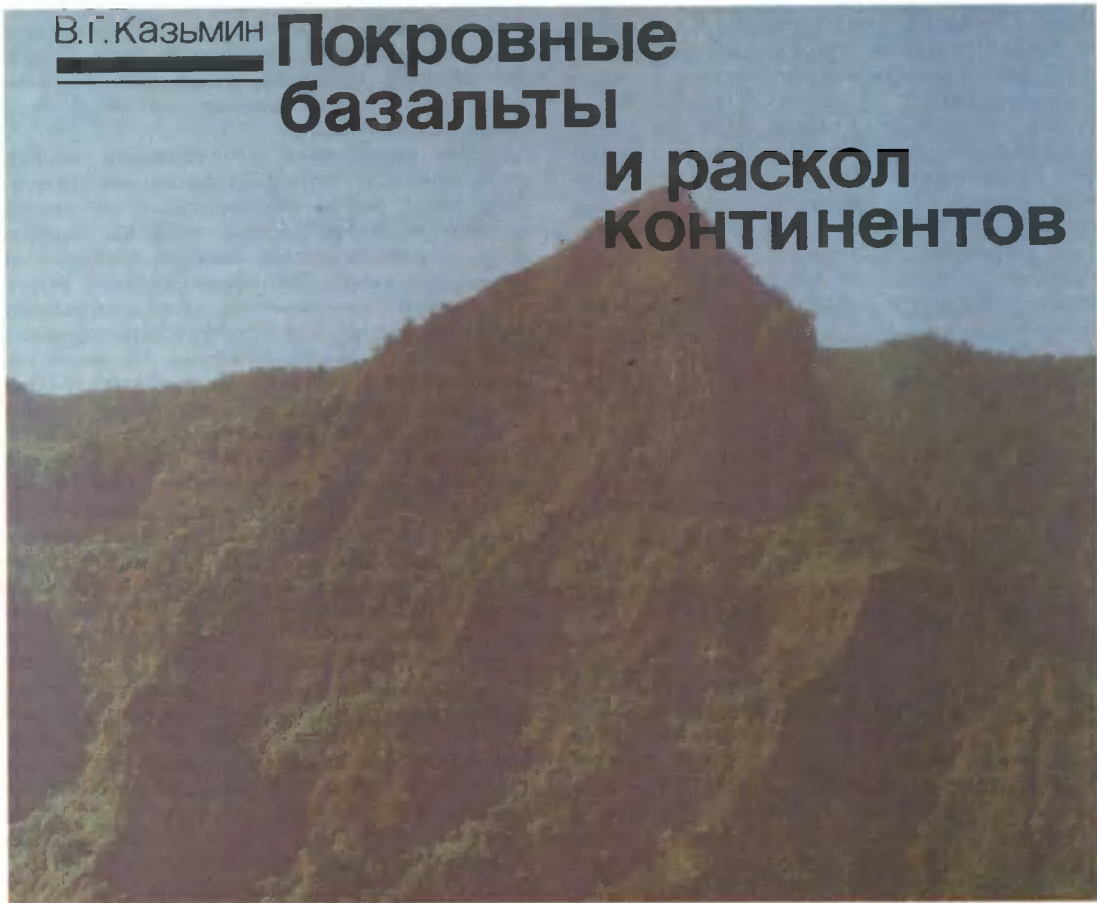
А пока такие исследования начнутся и принесут столь необходимые результаты, есть масса дел, которые не терпят отлагательства. В первую очередь, необходимо ослабить промышленное давление на Баренцево море. Экономика рыбной отрасли столько «сэкономила» на исследованиях морской биоты, что остается единственный радикальный рецепт — лет на 10 запретить рыболовство в Баренцевом море всем странам, без промедлений вывести из акватории громадные рыболовные траулеры и плавбазы (как исключение можно сохранить строго ограниченный промысел маломерными, до 150 т, сейнерами в прибрежной 12-мильной зоне). Должны быть запрещены: сброс сливных вод судами, а также бытовых и прочих отходов жизнедеятельности человека в 200-мильной экономической зоне; все методы морской электро- и сейсморазведки в районах полярного гидрофронта в период биологической весны и во время летнего нагула мальков морских животных на промысловых банках. Кроме того, промышленная морская геофизическая разведка должна находиться под контролем Госкомприроды, а любая геофизическая аппаратура — проходить экологическую экспертизу, прежде чем будет применена в арктических условиях. Необходима и экологическая паспортизация каждого судна и предприятия на Севере, вневедомственная служба оценки и контроля за состоянием популяций экономических ценных рыб и содержанием в них токсических веществ.

Всякая экосистема после снятия антропогенных нагрузок постепенно восстанавливается, на это все надежды. 10 лет покоя позволят морю подлечить свои раны, а человек, заинтересованный и впредь черпать (но не вычерпывать) его богатства, должен помочь восстановлению запасов ценных промысловых рыб. В океанариуме нашего института научились выращивать треску и камбалу, и метод можно перенести на опытно-промышленную базу.

Любая из природоохранных мер нуждается в крупных капитальных вложениях, нужна финансовая помощь и существующему экологическому проекту «Баренцево море». В рамках этого проекта можно было бы координировать усилия всех, кто видит в море не только кормушку, место для сброса отходов, а живой и ранимый организм.

В.Г. Казьмин

Покровные базальты и раскол континентов



Владимир Григорьевич Казьмин, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией геоморфологии и тектоники дна океана Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР. Специалист в области тектоники, общей и региональной геологии. Неоднократно публиковался в «Природе».

КРОМЕ знакомых каждому вулканов известны и другие грандиозные проявления вулканизма, во многом сформировавшие лик Земли: излияния лав на дне океанов, а также так называемых покровных базальтов на континентах. Эти наслаивающиеся друг на друга лавовые толщи встречаются в Африке, Америке, Азии (в частности, сибирские траппы в нашей стране). Провинции покровных базальтов занимают огромные территории площадью до 1 млн км², объем заключенных в них лав доходит до 2 млн км³.

Если связь базальтовых излияний в срединно-океанических хребтах и на островных дугах с процессами спрединга и субдукции на границах литосферных плит установлена, то тектонические условия образования покровных базальтов только начинают проясняться. В последнее время появились



Наслоение базальтов на склоне каньона Эфиопского плато.

Покровы базальтов на Сомалийском плато.

Здесь и далее фото автора.

данные о том, что некоторые гигантские лавовые провинции на континентах сформировались за необычайно короткие в геологическом масштабе времена — несколько миллионов лет. Другими словами, они могли изменить не только геосферу, но и биосферу планеты.

Что же послужило причиной образования провинций покровных базальтов? Ответить на этот вопрос автор попытался в одной из них, расположенной на востоке Африки, в Эфиопии. Большая часть этой страны — около 500 тыс. км² — покрыта лавой, мощность которой в отдельных местах достигает 2—3 км, а общий объем со-

ставляет приблизительно 500 тыс. км³. Излияния лав начались здесь 40—50 млн лет назад и продолжают, постепенно затухая, по сей день.

Казалось бы, просто понять, почему вулканическая активность проявилась в этом регионе.

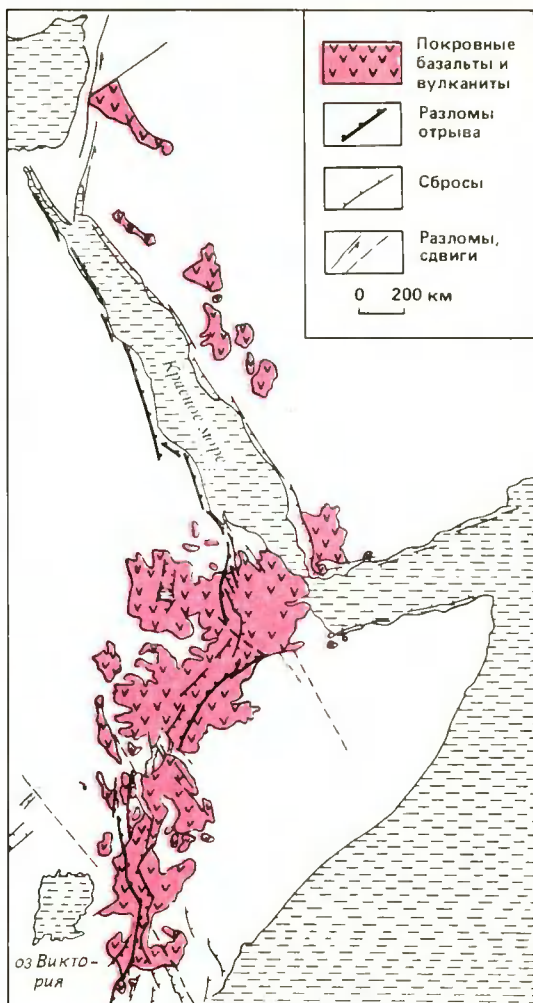
Именно на востоке Африки — в Эфиопии, Кении, Танзании — расположена система Восточно-Африканских рифтов, представляющая собой, по сути, гигантскую зону трещин, расколовших Африканский континент. Еще в прошлом веке было ясно, что многочисленные сбросы (разломы), по которым блоки земной коры опускаются) и образующиеся при этом глубокие узкие впадины (грабены) возникают в условиях растяжения коры. Цепочки грабенов, протянувшиеся на сотни и тысячи километров, составляют рифтовую систему. Позднее, в 60—70-х годах нашего столетия, удалось доказать, что в условиях продолжающегося растяжения континентальная кора в рифто-

вой зоне сначала сильно утоняется, затем разрывается и между расходящимися континентальными массами начинает формироваться океаническая кора. Именно в Восточной Африке, где известны рифтовые структуры, находящиеся на разном уровне развития, можно постепенно, шаг за шагом, проследить весь процесс эволюции рифтов — от зарождения в континентальной коре до превращения в молодой океан. Об этом мне уже приходилось писать в «Природе»¹.

Мощный вулканизм в Восточной Африке пространственно приурочен к рифтам, и вряд ли можно сомневаться, что оба явления — рифтогенез и вулканизм — связаны между собой. Даже на поверхности хорошо видно, например, что лавы поднимаются вдоль разломов, заполняли их, образуя при застывании интрузии — дайки. В сущности, это подводные каналы для наземных трещинных излияний. Другая форма излияний базальтов — огромные щитовые вулканы. Они также располагаются вдоль рифтовых разломов.

Можно считать, что при растяжении и раскалывании континентальной литосферы в недрах образуется базальтовый расплав, а затем по разломам и трещинам он изливается на земную поверхность. Известно, что хрупкая оболочка Земли (литосфера), достигающая под континентами внушительной мощности в 150—200 км, покоится на менее вязкой пластичной астеносфере. Когда литосфера растягивается, горячая астеносфера поднимается, образуя под рифтовой зоной обширный выступ. По мере подъема давление в этом выступе падает, а температура, если подъем происходит быстро, сохраняется почти неизменной. Температура плавления поднимающихся мантийных пород (перидотитов) зависит от давления. Чем больше растяжение, тем выше поднимается выступ астеносферы, тем ниже становится давление и, соответственно, температура плавления. В конце концов температура плавления сравнивается с температурой поднимающегося перидотита и начинается его частичное плавление с образованием базальтовой магмы. А далее отделившийся расплав по рифтовым разломам мигрирует к поверхности.

Однако на самом деле все не так просто. В то время как для некоторых рифтовых зон характерен мощный вулканизм, в других — вулканические проявления очень слабы, а то и вовсе отсутствуют.

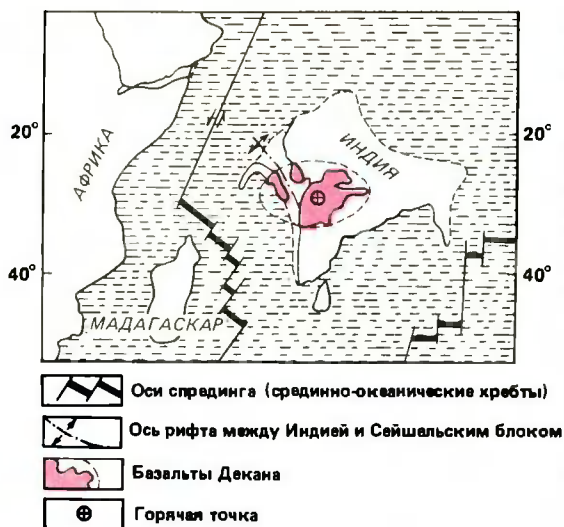


Распространение вулканических пород (в основном покровных базальтов) в Восточно-Африканской рифтовой системе.

Например, в Байкальском рифте вообще нет вулканических пород, да и в пределах всей Байкальской рифтовой зоны, включающей кроме Байкальского и другие грабен-рифты, их несравненно меньше, чем в Восточной Африке. Более того, в самой рифтовой системе Восточной Африки отдельные звенья резко различаются по интенсивности вулканизма. В Эфиопском и Кенийском рифтах базальтов много, в Танганьикском — очень мало, а в рифте оз. Малави они вообще отсутствуют.

Такая же картина вырисовывается и для рифтов геологического прошлого. Если на

¹ Казьмин В. Г. «Горячие точки» Земли // Природа. 1977. № 7. С. 104—110.



Положение Индостана 65 млн лет назад над «горячей точкой» Реюньона в эпоху излияний базальтов Декана.

реконструкцию Гондваны нанести поля мезозойских покровных базальтов, станет ясно, что они были пространственно связаны с рифтовыми зонами, расколовшими суперконтинент, и что распределение базальтов вдоль этих зон крайне неравномерное. Излияния концентрировались в отдельных овальной формы участках размерами 500—1000 км, а вне этих участков покровные базальты не изливались. Но если бы все зависело только от растяжения и подъема горячего мантийного вещества, подобной неравномерности не было бы. Очевидно, существует какой-то дополнительный фактор, определяющий локализацию покровных базальтов.

Вероятнее всего, им являются так называемые «горячие точки». В соответствии с гипотезой американского геофизика Дж. Моргана, в мантии Земли существуют струи горячего легкого материала, восходящие к подошве литосферы с большой глубиной, возможно от границы ядра и мантии. На поверхности над такими струями (в зарубежной литературе их называют плюмами) располагаются вулканические острова — Исландия, Гавайские, Пасхи и т. д. По мере того как литосферная плита движется над плюмом, на ее поверхности остается след в виде цепи вулканов (например Гавайско-Императорский хребет в Тихом океане). Ряд зарубежных исследователей и автор этих строк еще в 70-х го-

дах предположили, что пояс вулканических пород, протянувшийся в Восточной Африке вдоль Эфиопского и Кенийского рифтов, также представляет собой след горячей точки. Поскольку вулканизм на севере пояса, в Эфиопии, проявился раньше, чем в Кении, этот процесс можно считать результатом движения Африканской плиты в северо-восточном направлении над фиксированной горячей точкой. Можно предположить, что мощный вулканизм наблюдается лишь в тех рифтах, которые раскрылись над горячей точкой, а вдали от них вулканизм слабый.

В ряде случаев удается связать образование полей покровных базальтов с конкретной активной и ныне горячей точкой. Например, базальты (траппы) Деканского плато в Индии изливались в основном около 65 млн лет назад. По палеотектоническим реконструкциям Индия находилась в то время намного южнее своего нынешнего положения — примерно там, где сейчас расположен вулканический о. Реюньон. В то же время от Индии отделился континентальный блок Сейшельских о-вов. Таким образом, горячая точка Реюньона находилась под рифтовой зоной, что и привело к колоссальному излиянию базальтов. Глубоководное бурение с судна «ДЖОЙДЕС Резолюшн», выполненное в 1987 г., показало, что от Индии до о. Реюньон на ложе океана тянутся вулканические поднятия, тем моложе, чем ближе к острову. Это и есть след горячей точки Реюньона на дне Индийского океана.

Другой яркий пример — Северная Атлантика. В рифтовой зоне, разделившей в эоцене Гренландию и Скандинавию, накопились многокилометровые толщи покровных базальтов. Их можно наблюдать на восточном побережье Гренландии, а также проследить геофизическими методами на противоположных окраинах океанического бассейна. Реконструкции показывают, что тот сегмент континентального рифта, где происходили мощные излияния, находился в «зоне действия» Исландской горячей точки с ее активным современным вулканизмом. Вдали от нее формирование рифта не сопровождалось вулканизмом.

Эти и другие данные позволяют говорить о связи покровных базальтов с горячими точками. Однако до последнего времени подобные суждения оставались в достаточной степени умозрительными. Многие геофизики доказывают физическую невозможность существования мантийных струй, считая, что движение вещества в мантии подчинено совсем другим закономерностям. По их мнению, локализация вулканизма в

отдельных пятнах связана не с плюмами и термальными аномалиями в мантии, а с чисто структурными факторами: например, с повышенной проницаемостью отдельных участков рифтовых зон. На одном участке, где много разломов и открытых трещин, идет вулканизм, а на другом подводящие каналы отсутствуют, и расплав не изливается на поверхность. Однако обнаружить структурные различия между «вулканическими» и «невулканическими» рифтами не удается. Зато за последние 3—4 года накоплен экспериментальный материал о плавлении ультраосновных пород при высоких давлениях. В работах американских исследователей Д. Маккензи, М. Бикля, Р. Уайта и других было доказано, что в поднимающейся под рифтовой зоной астеносфере количество расплава зависит в основном от температуры вещества. Если поднимается астеносфера с «нормальной» (около 1350 °C) температурой, расплава образуется мало и он может вообще не выйти на поверхность (так и происходит во многих континентальных рифтах). Но при температуре поднимающегося вещества на 100—200° выше, объем расплава резко возрастает, достигая наблюдаемых для покровных базальтов значений. Одновременно в океане в районах вулканических островов, таких как Исландия или о-ва Зеленого Мыса, были выявлены области аномально разогретой мантии с диаметром 1000—1500 км и температурами на 100—150° выше средних. А это означает, что горячие точки — реальность, и именно с ними связаны мощные проявления базальтового вулканизма.

Но исчерпывается ли этим круг проблем, связанных с образованием покровных базальтов? Составляя геологическую карту Эфиопии в начале 70-х годов, я обратил внимание на одну особенность распространения покровных базальтов — они сосредоточены главным образом к западу от Эфиопского рифта, на Эфиопском плато, тогда как на Сомалийском плато, т. е. на восточном борту рифта, их немного.

Базальты же, связанные с образованием Красноморского рифта, расположены в основном на его восточной, Аравийской, стороне. Раннемеловые лавы, изливавшиеся в эпоху раскрытия рифта Южной Атлантики, почти целиком сосредоточены на южноамериканской стороне рифта, в бассейне р. Параны. Такая же асимметрия относительно оси рифта характерна для базальтов Карру в Южной Африке и уже упоминавшихся базальтов Декана.

В чем же причина такой асимметрии? Если иметь в виду традиционную схему



Дайка базальтов — подводящий канал излияний, который пронизывает толщу более древних вулканических пород.

образования континентального рифта, то мы вряд ли найдем удовлетворительное объяснение этому явлению. Действительно, ведь обычно считается, что континентальная литосфера в условиях растяжения деформируется симметрично по отношению к оси рифта. При этом для верхней части коры характерна так называемая хрупкая деформация — здесь образуются сбросы с выполаживающейся на глубине плоскостью смещения. В нижней же части коры и в мантии преобладает пластическая деформация, в результате которой литосфера в рифтовой зоне становится тонкой, а выступ астеносферы (источник базальтового расплава) поднимается непосредственно под рифтом. Но почему тогда образовавшийся расплав не изливается по обеим сторонам рифтовой долины? Очевидно, в существующие модели рифтогенеза необходимо внести коррективы.

Геологи давно заметили, что рифтам присуща асимметрия, которая проявляется и в структурных особенностях рифтовой долины, и в строении рельефа. Например,



Водопады Тиссисат близ истока Нила, низвергающиеся с базальтовых толщ Эфиопского плато.

наиболее крупный и древний сброс обычно расположен на одном из бортов долины. Погружения дна грабена начинаются с опусканий по этому сбросу, у его подножия накапливаются самые древние в рифтовой впадине осадки и вулканические породы. Противоположный борт грабена образован системой наклонных ступеней.

В то время как дно грабена погружается, борта рифта поднимаются, и тоже асимметрично. С одной стороны образуется широкое высокое плато, с другой — сравнительно узкий хребет, непосредственно примыкающий к древнейшему сбросу. Так, к Эфиопскому рифту с запада прилегает плато шириной до 600 км и высотой до 3 км и более, с востока поднят лишь борт рифта, быстро переходящий в равнины Сомали. Сходную картину можно наблюдать в рифтовых зонах Красного моря, Байкала и ряде других.

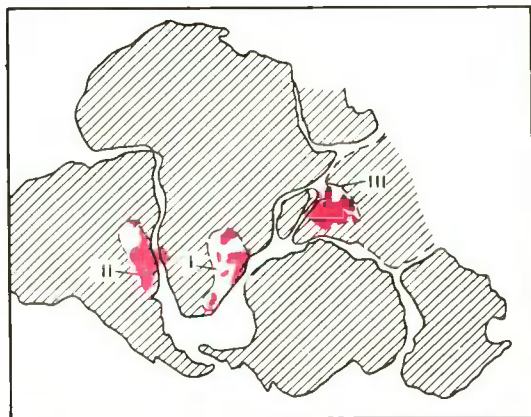
Эти и некоторые дополнительные данные послужили основой для создания канадским геологом Б. Вернике новой модели рифтогенеза. По его мнению, разделение плит происходит по пологому разлому, рассекающему всю литосферу. Верхняя плита та, что над разломом как бы соскальзывает с нижней. Разлом круто выходит на поверхность по главному сбросу в рифтовой долине, о котором шла речь выше. Этот разлом — его называют разломом отрыва — образуется раньше других, и у его подножия накапливаются самые древние рифтовые осадки. Верхняя плита, отодвигаясь, раскалывается сбросами на отдель-

ные вращающиеся и наклоняющиеся блоки, которые остаются в тылу отодвигающейся плиты. Местами на дне рифта на поверхности выступают глубинные породы, слагающие нижнюю плиту.

Противоположный борт рифта образуют несколько наклоненных блоков. При смещении по пологому разлому одна плита не может «оторваться» от другой, так как этому препятствует огромное давление горных масс. Скольжение сопровождается изгибом нижней плиты. При этом образуется выступ астеносферы, но не под самим рифтом, а в стороне, под верхней плитой. Ясно, что и поднятие в рельефе будет смещено к верхней плите, что и наблюдается в естественных условиях. Таким образом, модель хорошо объясняет структурную асимметрию рифтов.

Двигаясь вдоль Восточно-Африканских рифтов, можно заметить, как меняется характер асимметрии в разных сегментах рифтовой системы. В Красноморском рифте главные сбросы находятся на западном борту, в Эфиопском — на восточном, а в Кенийском — снова на западном. Смена знака асимметрии происходит, когда рифтовая система пересекается крупными поперечными разломами. Это значит, что в разных сегментах рифта пологие разломы наклонены в разные стороны, и, соответственно, ориентация других образований (поднятий рельефа, распределений вулканитов) также меняется.

Асимметрии вулканизма Вернике в своей модели не касается. Однако, учитывая его построение и опираясь на знание геологии рифтовых зон, можно предположить, что и она связана с положением



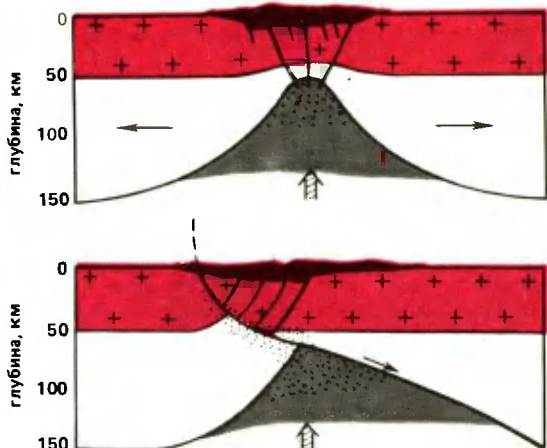
Крупнейшие провинции покровных базальтов на южных континентах: Карру (I), бассейн р. Параны (II), плато Декан (III). Основная масса излияний сосредоточена по одну сторону рифтов.

выступа астеносферы. Образовавшийся в выступе расплав, мигрируя к поверхности, может, вероятно, продвигаться вдоль зоны пологого нарушения.

Достигнув подошвы коры, расплав накапливается на глубине около 30 км, образуя магматический резервуар, о чем свидетельствуют многие геологические данные. Во-первых, химический и минеральный состав базальтов говорит о том, что возникший на глубине расплав претерпел определенные изменения (в частности, стал менее магнезиальным) в условиях умеренных (8—10 кбар) давлений. Такие давления характерны как раз для глубин около 30 км, т. е. у основания коры.

Во-вторых, существование резервуара подтверждают скорость излияний и их огромные «порции». Так, на плато Декан большая часть базальтов поступила на поверхность всего за 1 млн лет (или даже менее), а в Бразилии за то же время накопилась 600-метровая толща лав. При этом базальты изливаются из нескольких подводных каналов или зон трещин. А поскольку крупные трещины не могут проникать глубоко в недра (температура и давление там слишком велики), резервуар базальтовой магмы находился на сравнительно небольшой глубине в земной коре.

Если расплав мигрировал вдоль пологого разлома, а магматический резервуар располагался под верхней плитой, то на поверхность магма поднималась по разломам в верхней плите и в самом рифте. Асимметрия распределения покровных ба-



Схемы образования рифта. Вверху — традиционная: излияния покровных базальтов симметричны по отношению к рифтовой долине. Внизу — по модели Б. Вериника с дополнениями автора. Разделение плит происходит по пологому разлому, рассекающему всю литосферу. Плита над разломом сдвигается с нижней. Выступ астеносферы находится не под самим рифтом, а в стороне — под верхней плитой. Разлом круто выходит на поверхность по главному сбросу в рифтовой долине. Расплав поднимается вдоль пологого разлома и изливается асимметрично по отношению к рифту.

зальтов получает при этом убедительное объяснение.

Как и большинство проблем современной геологии, проблема покровных базальтов потребовала для своего решения комплексного подхода. Обобщение данных полевых наблюдений о структуре рифтовых долин и распространении базальтов, геофизических данных о глубинном строении рифтовых зон и пассивных окраин континентов, наконец, экспериментальных исследований параметров плавления мантийных пород

привело к созданию современной научной гипотезы.

И все-таки проблему покровных базальтов нельзя считать полностью решенной. Очевидно, реально существуют термальные аномалии в мантии, и именно над ними в рифтовых зонах проявляется интенсивный базальтовый вулканизм. Но как образуются сами аномалии? Возникают ли они над мантийными струями, существование которых пока под вопросом, или имеют другое происхождение? Недавно группа американских ученых из Университета штата Монтана предложила интересную гипотезу, по которой области развития покровных базальтов можно уподобить лунным морям. По мнению этих авторов, в результате столкновения Земли с крупными небесными телами возникали огромные ударные кратеры, при этом нарушалось термодинамическое равновесие в системе «литосфера — астеносфера», и в последней возникал очаг плавления. Кратер заполнялся базальтами, а образовавшийся очаг еще долго сохранял активность, создавая вулканические постройки на движущейся над ним литосферной плите. Свою точку зрения авторы подкрепляют ссылками на широко распространенное мнение о катастрофических столкновениях в истории Земли. Так, массовое вымирание различных представителей земной фауны (в том числе динозавров) на границе мела и палеогена (65 млн лет назад) ряд исследователей связывает с подобной космической катастрофой. Породы этого

возраста обогащены иридием, и в этом усматривают привнос внеземного вещества. Но именно на границе мела и палеогена изливались базальты Декана. Могут ли все эти явления иметь общую космическую причину?

Внешне эффектная эта гипотеза, к сожалению, плохо согласуется с геологическими фактами. Области излияния покровных базальтов представляют собой обширные, часто возвышенные плато, вовсе не похожие на депрессии лунных морей. По геохронологическим данным, кратковременные интенсивные излияния базальтов предварялись более слабыми проявлениями вулканизма, растянутыми на 15—20 млн лет. Это значит, что мощным и быстрым излиянием предшествовала длительная история образования и развития магматического очага, т. е. явления не носили мгновенного (как при ударе) характера. Наконец, во многих базальтовых провинциях мира лавы подстилаются ненарушенными древними осадочными слоями. Вряд ли эти слои сохранились бы при столкновениях такого масштаба.

Так что земные причины излияний покровных базальтов остаются куда более вероятными. А вот возможная связь массовых вымираний, сыгравших огромную роль в биологической эволюции, с катастрофическими извержениями (а именно такими были события во время «пиков» вулканической активности) кажется весьма правдоподобной и представляет интерес для дальнейших исследований.

К ЧИТАТЕЛЯМ «ПРИРОДЫ»

В связи с острым дефицитом бумаги в стране поступление журнала в розничную продажу ограничено. Если вы хотите читать «Природу» — подпишитесь на журнал. Оформить подписку можно в любом отделении связи. Наш индекс 70707.

Подписная цена:

на полугодие — 4 р. 80 к.

на квартал — 2 р. 40 к.

АКВАМАРИН

Т. Б. Здорик,
Л. Г. Фельдман,
кандидаты
геолого-минералогических
наук
Москва

Г ОЛУБОЙ берилл (аквамарин) — самоцвет, вообразивший голубизну весеннего неба, признан ныне камнем марта¹. Известен аквамарин издавна. Плиний Старший писал в 37-м томе «Естественной истории», что больше всего ценятся бериллы, напоминающие своим цветом чистую зелень морских вод. Само название аквамарин (от лат. aqua — вода и mare — море) окончательно закрепилось с 1609 г. после выхода в свет труда медика, астролога и предтечи современных геммологов Бонция де Боодта «Historia Lapidarium et Gemmarum».

С античных времен аквамарин — излюбленный материал для камей и инталей. На вырезанной на аквамарине гемме I в. до н. э. квадрига гиппокампов — полуконей-полудраконов — взмыла на гребень волны, вынося колесницу с Нептуном. И волны, и мифические звери, и сам повелитель морей — все светится голубизной. В образе морского божества представлен римский император Октавиан Август, «победитель на суше и на море».

Есть среди исторических аквамаринов свидетели других эпох и событий. «Британия — владычица морей» — миф Нового времени, воплощенный в аквамарине, прекрасном голубом камне массой 920 карат — украшении короны королевы Великобритании. Неоспоримое

© Здорик Т. Б., Фельдман Л. Г.
Аквамарин.

¹ По другой традиции, им считается яшма. Подробнее см.: Здорик Т. Б. Камни и календарь // Природа. 1990. № 1. С. 36—39.

Кристалл аквамарина массой 3,7 кг с дефектами в виде спирали (Бразилия).



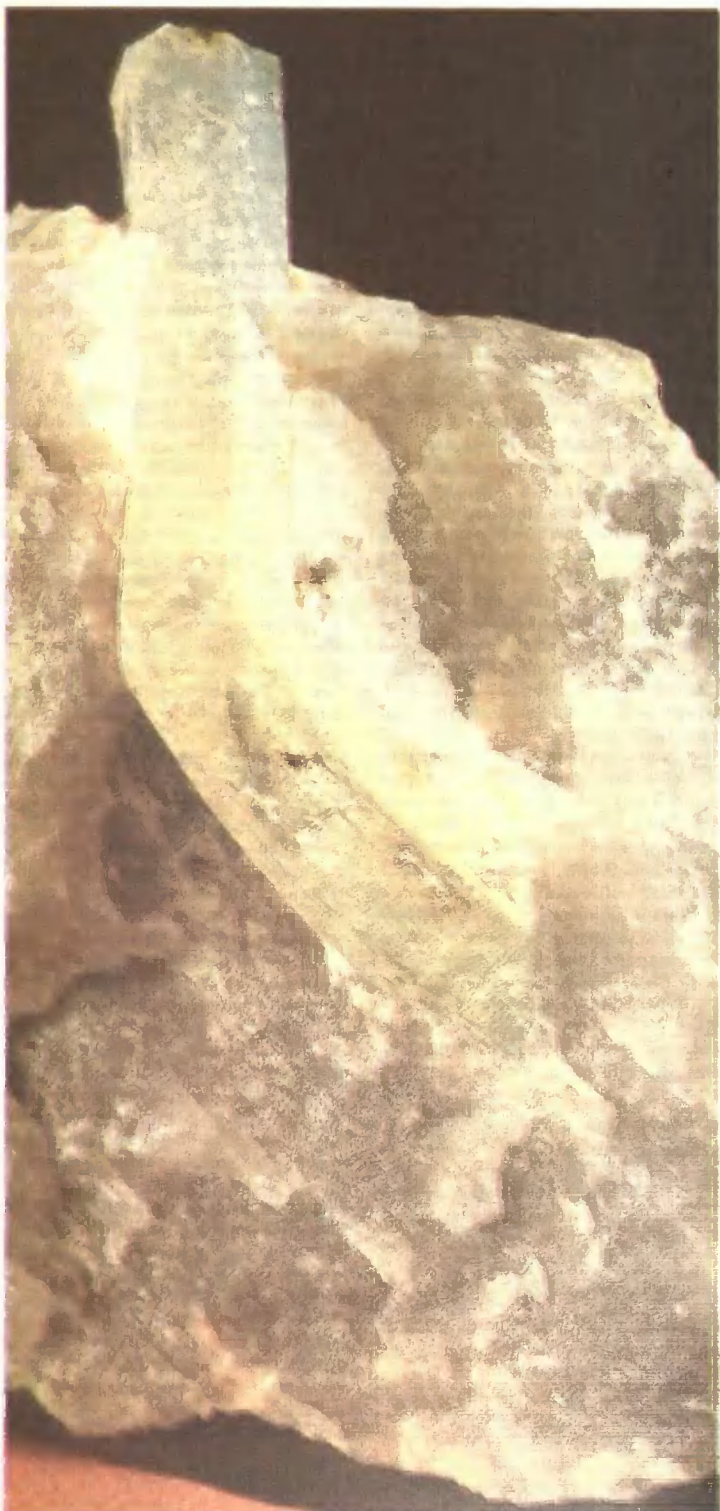
значение выхода к морям для Польского королевства запечатлел аквамарин в золотой оправе скипетр длиной около 30 см и весом 1 фунт 56 золотников, сделанный из трех цельных кусков аквамарина.

С аквамарином связано множество поверий. Давняя традиция наделяет его свойством хранить любовь и в разлуке. Согласно старинной французской легенде, кольцами с аквамарином обменялись разлученные навеки любовники — философ Абеляр и его ученица Элоиза, жившие в Париже в XII в. Аквамарин блестяще выполнил свою миссию: любовные письма Абеляра и Элоизы относятся к лучшим образцам эпистолярного жанра.

Помимо привлекательной окраски и других замечательных свойств аквамарина отличаются еще и величиной кристаллов. Прозрачные призм длиной 10—15 см — не столь уж большая редкость. Встречаются и гигантские аквамарины. Кристаллы почти полуметровой длины можно видеть в Ленинграде в музеях Всесоюзного научно-исследовательского геологического института и Горного института. К сожалению, эти гиганты непрозрачны. Но изредка в природе встречаются огромные бериллы ювелирного качества. Например, на Украине, близ Володарска-Волынского, был найден полупрозрачный кристалл размером с небольшое полено. У основания он имел яблочно-зеленый цвет, а у вершины — ярко-голубой.

Зональным был и знаменитый гигантский аквамарин, найденный в 1910 г. в Бразилии, на руднике Марамбайя, славившемся прекрасными бериллами. Масса гиганта достигала 110,5 кг, высота — полуметра, диаметр — 42 см. Кристалл выглядел голубым, но, когда его разрезали, голубой оказалась лишь сердцевина — ее окаймляли прозрачные оболочки: желто-зеленая и бледно-зеленая.

Итак, берилл трех разных цветов соединился в едином кристалле. Но ведь начал-то он расти как аквамарин. Это навело



Зональный кристалл берилла, имеющий ближе к головке аквамаринную окраску [Бразилия].

на мысль попробовать перед огранкой превратить менее ценные зеленые участки кристалла в голубые, что и было проделано немецкой ювелирной фирмой, которая приобрела кристалл за 85 тыс. марок. Оказалось, что для такой удивительной метаморфозы достаточен постепенный и равномерный нагрев до 400 °С (впрочем, детали технологии фирма долго хранила в секрете). После термической обработки берилл, не теряя прозрачности, поглубел. Одного этого гигантского кристалла хватило, чтобы на несколько лет насытить бразильскими аквамаринами рынок Европы.

При радиоактивном облучении тоже меняется окраска бериллов. В музее Всесоюзного научно-исследовательского института синтеза минерального сырья в Александрове имеется уникальный экспонат: фрагмент распиленного вдоль длинной оси крупного призматического кристалла берилла с Украины. Одна его половина (облученная) превращена в аквамарин, а другая сохранила природный яблочно-зеленый цвет.

В Бразилии, в штате Минас-Жерайс, найдено несколько крупных кристаллов весом свыше 20 кг. Один удивительной красоты ярко-голубой кристалл, весивший 34 кг, назвали в честь Мисс Бразилия-1954. Самый крупный аквамарин из Калифорнии после огранки имеет массу 2594 карата (свыше 0,5 кг). Цена подобных кристаллов — не менее миллиона долларов.

Как же возникли эти редкие по красоте голубые разновидности берилла?

Еще на рубеже XIX—XX вв. минералоги установили, что цвет аквамарина обусловлен небольшой примесью железа — этого «главного живописца» минерального царства. Позднее выяснилось, что окраска большинства бериллов — и желтых, и зеленых — также связана с этой примесью. (Все окрашенные разновидности берилла содержат обычно от 0,5 до 2,5 % железа.) Однако прямого соответствия между количеством железа в кристалле и яркостью его окраски установить не удалось. Непонятным оставалось также, почему одна и та же примесь в одном и том же ми-

нерале приводит к столь разным окраскам. И уж совсем странным казалось, что примесь железа обнаруживается в бесцветных бериллах.

Более-менее удовлетворительное объяснение этой сложной картины дано 10 лет назад, т. е. спустя почти семь десятилетий после знаменитого опыта М. фон Лауэ (1912 г.), обнаружившего дифракцию рентгеновских лучей на кристаллической решетке, и более полувека после расшифровки структуры берилла (У. Л. Брэгг и И. Вест, 1926 г.). Потребовались усилия большого числа зарубежных и отечественных специалистов: минералогов, кристаллохимиков, физиков, а также сочетание столь изощренных методов исследования, как оптическая и массбауэровская спектроскопия, электронный парамагнитный и ядерный гамма-резонанс, чтобы понять довольно сложные физические механизмы, обуславливающие окраску бериллов.

Основной вывод можно сформулировать кратко: окраска берилла зависит не только от общего содержания железа в минерале, но и от его валентности и соотношения разновалентных форм, а также позиций, занимаемой примесными ионами железа разной валентности в кристаллической структуре¹.

Чтобы разобраться в природе окраски аквамарина, надо подробнее сказать об особенностях кристаллической структуры берилла и выводах, которые были сделаны при изучении оптических спектров поглощения бериллов, окрашенных железом.

Атомная структура кристаллов берилла — одна из самых изящных конструкций в мире минералов. Главные ее компоненты — кремний, алюминий, бериллий и кислород. Каждый атом кремния, как и в других силикатах, окружен четырьмя атомами кислорода, расположенными в вершинах тетраэдра. В берилле эти кремнекислородные тетраэдры сгруппированы в шестичленные кольца, располагающиеся одно над другим

вдоль главной оси кристалла. Такие колонки имеют сквозные внутренние каналы, полые или частично заполняемые атомами примесей.

Атомы бериллия также окружены четырьмя атомами кислорода, образующими несколько искаженные берилло-кислородные тетраэдры, а атомы алюминия — шестью атомами кислорода (алюмокислородные октаэдры). Эти многогранники играют роль своеобразных распорок между кольцами кремнекислородных тетраэдров. В целом структура берилла напоминает пчелиные соты, в которой, помимо вертикальных сквозных каналов имеются и другие полости.

Где же в решетке берилла расположены примесные ионы железа? В первую очередь они замещают алюминий в алюмокислородных октаэдрах, а кроме того, заполняют полости между соседними алюмокислородными октаэдрами или берилло-кислородными тетраэдрами. Возможны также замещения ионов бериллия в берилло-кислородных тетраэдрах, но реализуются ли они, пока неясно.

Все эти позиции могут занимать ионы как двухвалентного, так и трехвалентного железа, которые встречаются в бериллах порознь или совместно, притом в самых разных соотношениях. Разобраться в этой пестрой картине позволили спектры поглощения бериллов. А. Н. Платонов с сотрудниками показали, что окраска аквамаринов определяется главным образом широкими полосами поглощения в длинноволновой части спектра, и выделили три типа аквамаринов.

Для чисто-голубых (тип I) характерна двойная полоса поглощения с максимумами 830 и 930 нм. Появление этой полосы связано с наличием ионов Fe^{2+} в алюмокислородных октаэдрах, где они замещают ионы Al^{3+} . (При этом недостаток заряда компенсируется одновалентным ионом щелочного металла в структурном канале решетки.) Влияние двойной полосы поглощения на окраску берилла неоднозначно: в «чистом» виде она дает голубую окраску, а в сочетании с полосами поглощения в ультрафиолетовой части спектра — зеленую. Присущий

¹ Платонов А. Н., Таран М. Г., Польшин Э. В., Минько О. Е. // Известия АН СССР. Сер. геол. 1979. № 10. С. 54—58.

этой полосе дихроизм вызывает неоднородную окрасченность кристаллов аквамарина: от голубого до бесцветного (или желтоватого).

В спектрах сине-голубых аквамаринов (тип II) помимо двойной полосы поглощения имеется широкая полоса с максимумом около 690—700 нм, связанная с переносом заряда от иона Fe^{2+} , замещающего алюминий в алюмоокислородном октаэдре, к иону Fe^{3+} в смежной с октаэдром полости.

Наконец, у зеленовато-голубых аквамаринов (тип III) отмечена интенсивная полоса поглощения с максимумом 610—620 нм, связанная с парой $Fe^{2+}-Fe^{3+}$, в которой, однако, разновалентные ионы замещают алюминий в соседних октаэдрах.

Не менее интересно понять и как образуются эти удивительно крупные, прозрачные, равномерно окрашенные голубые кристаллы.

Правильные грани (гладкие или с легкой штриховкой), головки кристаллов, словно увенчанные короной из маленьких треугольников и трапеций, подсказывают, что росли они свободно внутри каких-то полостей. Включения же минералообразующих сред в аквамаринах, как и в бериллах вообще, свидетельствуют об их кристаллизации при высоких температурах и давлениях. Природные «автоклавы» — полости, где и температура, и давление достаточно высоки, могут возникать лишь в специфических породах, именуемых камерными (миароловыми) пегматитами, или в грейзенах. На стенках полостей — «занорышей», как исстари называли их горщики, рядом с полевым шпатом и слюдой, полупрозрачным темно-коричневым морионом и черным турмалином (шерлом) вырастают золотистые гелиодоры, голубые аквамарины, а случается — и розоватые или голубые топазы.

Встречаются подобные пегматиты по краям гранитных массивов или же в окружающих их гнейсах или сланцах и могут иметь вид жил, протянувшихся на сотни метров, но обычно это изометричные тела, не превышающие 50 м в поперечнике. Еще одна характерная особенность пегматитов — зональ-

ность, о которой так много писал А. Е. Ферсман. От месторождения к месторождению наблюдается одна и та же картина: мелкозернистые породы внешней зоны сменяются «графиткой», где темный кварц и светлый полевой шпат срастаются в узор, напоминающий древние письмена. Далее следуют сплошные блоки полевого шпата, и, наконец, в центре располагается кварцевое ядро или миарола — полость с желанными кристаллами.

Все самые крупные и совершенные кристаллы аквамарина найдены в таких миаролах. Их поставляют знаменитые месторождения Бразилии и Мадагаскара. В музеях можно видеть дивной красоты кристаллы из миарол уральских и забайкальских месторождений. Сила их эстетического воздействия огромна. Ею во многом объясняется пристрастие к пегматитам таких знатоков камня, как А. Е. Ферсман и Е. К. Лазаренко. Аквамарины (как и бериллы в целом) — излюбленный объект точных измерений и первоклассных чертежей в атласе кристаллов Н. И. Кошкарва из его одиннадцатитомного труда «Материалы для минералогии России», изданного в середине прошлого века.

Эта же приверженность к красоте минералов из счастливых занорышей породила особое племя горщиков — знатоков цветного камня, чьи имена вошли в русскую геммологию, минуя официальную науку: С. Х. Южаков, Д. К. Зверев, М. И. Якунин, семьи Лобачовых и Шпаньковых. И сегодня для минералога заманчиво звучат названия уральских копей: Мурзинка, Шайтанка, Алабанка. Интересно, что при совершенстве формы окраска уральских аквамаринов бледно-голубая. Куда привлекательнее по цвету камни Забайкалья: с середины прошлого века славятся яркие аквамарины из Киребеевских и Семеновских копей Борщевочного кряжа или открытого еще в 1829 г. месторождения Адун-Челон, где добывали классические ярко-голубые кристаллы длиной 10—15 см и поперечником 3—4 см.

Позже открыты и освоены камерные пегматиты у г. Воло-

дарска-Волынского. Однако в волынских пегматитах, прославленных крупными золотисто-розовыми топазами, аквамарин редок — более привычен здесь спаржево-зеленый и золотисто-зеленый берилл. И хотя природная окраска волынских бериллов не всегда выразительна, из них при нагревании или облучении получают превосходный ограниченный аквамарин.

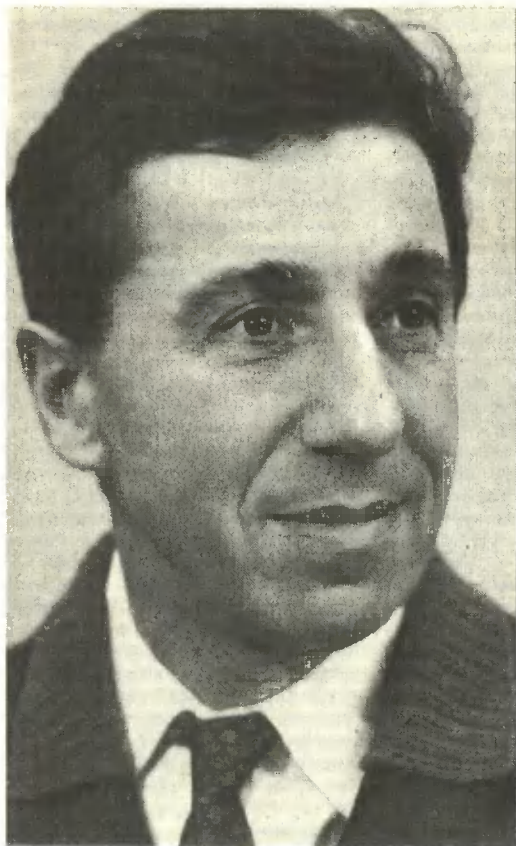
С XVIII в. известно еще одно уникальное месторождение аквамаринов и топазов — знаменитая Шерловая гора в Забайкалье. Но оно связано не с пегматитами, а с грейзенами — породами кислого состава, подвергшимися интенсивному выщелачиванию, сопровождающемуся выносом вещества и образованием пустот. В них, как и в миаролах пегматитов, кристаллизуются топаз, мусковит, флюорит, турмалин, берилл и другие самоцветы.

Открыли Шерловую гору в 1723 г. Систематическая добыча топазов, аквамаринов и дымчатого кварца велась здесь с конца XVIII в. до 20-х годов XIX в., а отдельные попытки возобновить добычу предпринимались уже в начале текущего столетия. Густо окрашенные призматические кристаллы аквамарина достигали 20 см в длину. Гнезда голубых призм поперечным сечением до 1 м² чаще всего возникали на перекрестье кварцевых жил в кварц-топазовых грейзенах. Из одного гнезда извлекали до 15 кг прозрачных ярко-голубых кристаллов. Шерловая гора не имеет аналогов в мире. И хотя сегодня запасы этого месторождения иссякли, сохранилась надежда отыскать аквамаринные гнезда на глубине.

Определенные перспективы связаны и с новыми находками, в частности с Рангульским полем миароловых пегматитов на Центральном Памире, где встречены занорыши с аквамарином, топазом, цветным турмалином и другими самоцветами⁴.

⁴ Скригитиль А. М. // Тез. докладов на II Всес. геммологическом совещании. Черноголовка, 1989. С. 47—48.

ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА МАТВЕЕВИЧА ПОЛЫНИНА



Владимир Матвеевич Полынин (Блантер).
14.X 1925—3.II 1990

Владимир Матвеевич Полынин пришел в «Природу» в 1967 г. уже зрелым человеком. Он успел стать участником Великой Отечественной, получить два диплома (юриста и переводчика), перепробовать несколько профессий и блестяще реализовать свой журналистский талант. Книга «Папа, мама и я» — самый первый в нашей стране популярный рассказ о том, что реабилитированной генетике, высококомпетентный и захватывающе интересный — сделала его имя известным и была удостоена Первой премии Союза журналистов СССР. Следующая его прекрасная книга «Пророк в своем отечестве» — о выдающемся биологе и одном из первых редакторов «Природы» Н. К. Кольцове, созданная совершенно другими художественными средствами, — показала размах творческих сил автора. Но... после этого Владимир Матвеевич не публиковал ничего, соразмерного своим возможностям. Вся его творческая энергия, а было ее много, тратилась на «Природу».

Роль личности в руководстве периодического издания не требует доказательств. Она очевидна. Есть личность — есть газета или журнал. Таковы «Огонек» Коротича, «Новый мир» Твердовского или Залыгина, «Московские новости» Яковлева. Но возможно и неочевидное, неявное для читательского глаза лидерство. Лидером «Природы» немало лет был Владимир Матвеевич Полынин. Он занимал должность ответственного секретаря и заместителя главного редактора, но фактически (такова структура руководства в академических научно-популярных журналах) был капитаном нашего корабля. Его усилиями в 70-е годы «Природа» по резонансу и тиражу вышла на самый высокий уровень за всю свою историю.

«Природа» в известном смысле занимает промежуточное место между научными и научно-популярными журналами. Естественно было предположить, что появление во главе ее блистательного журналиста повлечет за собой крен в сторону «оживляжа». Ничего подобного не случилось. Владимир Матвеевич считал, что наука интересна сама по себе; что «Природа» должна держать марку журнала ученых для ученых — и никаких заигрываний с читателем; что лучшая для нее форма — академизм; что главное в журнале — автор и тема. Эти простые правила, которые внушал своим сотрудникам Полынин, отчасти проистекали из пиетета по отношению к естественным наукам, рожденного в общении с людьми, которых он считал своими научными учителями, — известными генетиками В. В. Сахаровым и Б. Л. Астауровым, отчасти же диктовались строгостью вкуса, воспитанного любовью к классике в поэзии и прозе, музыке и живописи. Во всех этих областях он был тонким и даже изысканным ценителем. Прекрасно знал итальянский, хорошо — английский и немецкий. Переводил и писал стихи.

Все, кто в работе и жизни соприкасался с Полыниным, ощущал его творческую «ауру», одухотворенность и магнетизм обаяния. Человек своего времени, он не был воспитан в духе плюрализма. Категоричность его суждений граничила с откровенной, а иногда и демонстративной пристрастностью. Но таков он был — порой замкнутый, порой излишне многословный. Громогласный. Яркий. Нравнодушный.

Неявные трения с частью редакционной коллегии журнала привели к тому, что Владимир Матвеевич в конце 70-х годов был отодвинут по административной шкале на вторые роли и уже не имел возможности направлять курс «Природы». Потом пришла тяжелая болезнь. Но до последних дней он оставался для нас судьей и незаменимым советчиком в наших общих редакционных делах, которые озарял светом своей необыденности.

Для «Природы» смерть Владимира Матвеевича — невосполнимая утрата.

© Редакция

Фауна подводных гор

Н. Б. Келлер,
кандидат

геолого-минералогических наук
Институт океанологии
им. П. П. Ширшова АН СССР
Москва

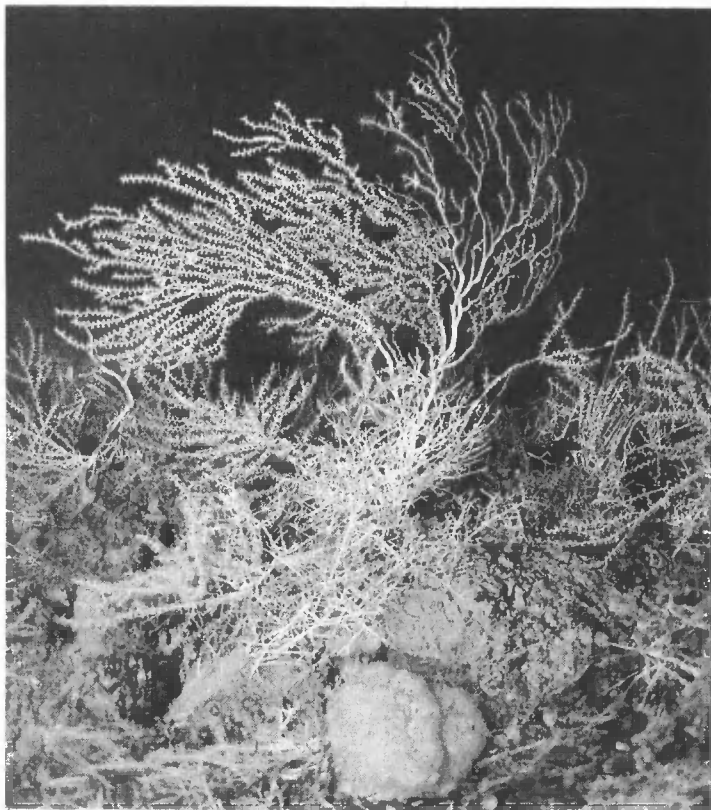
В ИЮНЕ — АВГУСТЕ 1988 г. мне и сотруднику Зоологического музея МГУ Б. В. Межову (специалистам по донной фауне) посчастливилось участвовать в 16-м рейсе научно-исследовательского судна АН СССР «Академик Мстислав Келдыш». Основные задачи экспедиции были геологическими, районами работ — тектонически активные зоны восточной части Атлантического океана (подводный хребет Горриндж, возвышенность Мадейра-Торе) и Тирренское море (потухшие вулканы — горы Вавилова, Марсили, Маньяги). Техническое оснащение рейса было необычным. Комплексное изучение подводных гор велось с глубоководных обитаемых аппаратов «Мир-1» и «Мир-2» (глубина погружения до 6000 м)¹. Кроме того, на борту находились подводные буксируемые аппараты «Звук» трех модификаций. С этих аппаратов осуществлялась непрерывная телевизионная съемка, давшая богатейший материал специалистам. «Звук — Абиссаль» снабжен и двумя пробоотборниками-дночерпателями с гидравлическим упором в грунт и дистанционным управ-

© Келлер Н. Б. Фауна подводных гор.

¹ Михальцев И. Е. Глубоководные обитаемые аппараты «Мир» // Природа. 1988. № 6. С. 38—39.

Боковая поверхность скалы с мертвыми коралловыми и крупной актинией. Глубина 2000 м. Этот и последующие снимки сделаны с помощью аппарата «Мир» на склоне горы Ормонд (хребет Горриндж).





Скопление горгонарий, на переднем плане крупная губка и скелеты погибших горгонарий. Глубина 3000 м.

лением. Это позволяет в процессе телевизионного обзора донной поверхности целенаправленно отбирать ненарушенную колонку мягкого грунта высотой 30–40 см и площадью 10 см². Обеспечиваемая высокой герметичностью прибора целостность пробы крайне важна для ее изучения.

Видеофильмы, снятые наблюдателями, телевизионные обзоры, а также образцы, взятые с «Миров» и «Звуков», позволили нам представить цельную картину вертикального распределения животных на склонах подводных гор, трофической структуры сообществ и зависимости плотности фаунистических группировок от геологических фаций, а также сделать ряд экологических и этологических выводов.

Оказалось, что на подводных горах восточной Атлантики (глубина от 500 до 3200 м) особенно густые поселения бентосных животных приурочены к скалистым выступам твердых пород. При этом петрографический состав пород не имеет существенного значения — это могут быть и базальты, и кремневые известняки — важно наличие жесткого субстрата и уступов, слегка припорошенных известковым налетом, который свидетельствует о подводных течениях умеренной интенсивности, оптимальных для жизни прикрепленного бентоса. Такие участки склонов от подножия до вершины покрыты густыми «зарослями» сестонофагов — организмов, питающихся взвешенными в воде частицами детрита с содержащимися в них микроорганизмами и мелким планктоном (сестон). Это в основном губки, разнообразные кораллы, мшанки, сидячие полихеты, морские звезды, лилии, офиуры. Там, где скалы гус-

то присыпаны осадком, дно становится малонаселенным, местами безжизненным. Наблюдения с «Миров» показали, что самые густые поселения сестонофагов сосредоточены в широких расщелинах с крутыми стенками, куда, как в ловушку, вместе с нисходящими потоками, собирается сестон. Организмы других трофических групп (хищники, всеядные, полупаразиты) на скальных субстратах встречаются значительно реже.

Обнаруженные в рейсе богатейшие биоценозы на склонах хребтов Горриндж и Мадейра-Торе на больших глубинах — по меньшей мере до 3200 м — новый факт, не описанный в литературе.

Фауна рыхлых осадков представлена главным образом немногочисленными, но таксономически разнообразными детритофагами (простейшими, морскими ежами, голотуриями, червями, моллюсками, ракообразными и др.), норами и следами которых испещрена во многих местах поверхность осадка. С глубиной фауна такого типа оскудевает. Свидетельства обеднения фауны подводных гор с глубиной в литературе нередки, но наши наблюдения показывают, что этот процесс не имеет отношения к скалистым субстратам.

Благодаря съемкам с «Миров» и телевизионным обзорам с аппаратов «Звук» выявились некоторые элементы поведения ряда обитателей подводных гор. В частности, на склонах хребтов Горриндж и Мадейра-Торе наблюдались варианты ловчих позиций многих иглокожих. Так, морские звезды брызгиниды на выступах скал всегда направляют лучи против течения, ловя сестон. Аналогичны ловчие позы некоторых офиур и морских лилий. «Ветви» горгониевых кораллов ориентированы в одной плоскости, оптимальной для захвата сестона, оседающего и приносимого подводными течениями. Мелкие яркие актинии и красные фильтрующие офиуры на ветвях кораллов принимают позу «охоты». Очевидно, эти животные находят среди кораллов защиту и пищу (непрерывно пригоняемую активно фильтрующими кишечнополостными). Кроме того,

«высокое» положение над грунтом предохраняет их от заноса осадками. Постоянно из трещин в скалах появляются охотящиеся хищные офиуры и ракообразные. Видеолента запечатлела активное перемещение морской лилии при смене охотничьего участка и одну из стадий брачного поведения голотурии из отряда *Elasipoda*.

Эти этологические наблюдения представляют интерес, так как в литературе немного описаний поведения беспозвоночных на больших глубинах.

В Тирренском море наибольший интерес для нас представили ископаемые сообщества подводных гор Вавилова и Маньяги (глубина до 2000 м), состоящие из сидячих полихет, губок и мадрепоровых кораллов (последним мы уделяли основное внимание). Удалось наблюдать их на склонах гор на видеолентах и снимках; манипулятором с «Мира» были взяты образцы из обнажений с разных глубин. Первые немногочисленные сведения о существовании подобных ископаемых поселений в Средиземном море появились лишь недавно, в связи с развитием техники подводных исследований. Французские и немецкие исследователи определили абсолютный возраст вымерших кораллов и губок из разных секторов Средиземного моря, составивший от 5 тыс. до 30 тыс. лет. Находки палеофауны в Тирренском море ограничены глубиной 300 м, причем пробы взяты с одной глубины.

В нашем распоряжении оказались вымершие кораллы, принадлежащие 3 видам: *Madrepora oculata*, *Desmophyllum cristagalli*, *Trochocyathus mediterraneus*, поднятые с 4 станций. Возраст кораллов с горы Вавилова на глубине 760 м, определенный радиоуглеродным методом, оказался равным 7360—240 лет; на глубине 1570 м — $13\,610 \pm 1020$ лет; с горы Маньяги на глубине 1880 м — $27\,040 \pm 1100$ лет; на глубине 1934 м — более 28,1 тыс. лет.

Выходит, что чем ниже по склону встречены ископаемые коралловые сообщества, тем



Биоценозы сестонофагов на скальных грунтах: колонии горгонарий, морские лилии, звезды бризингиды, офиуры. Глубина 3000 м.

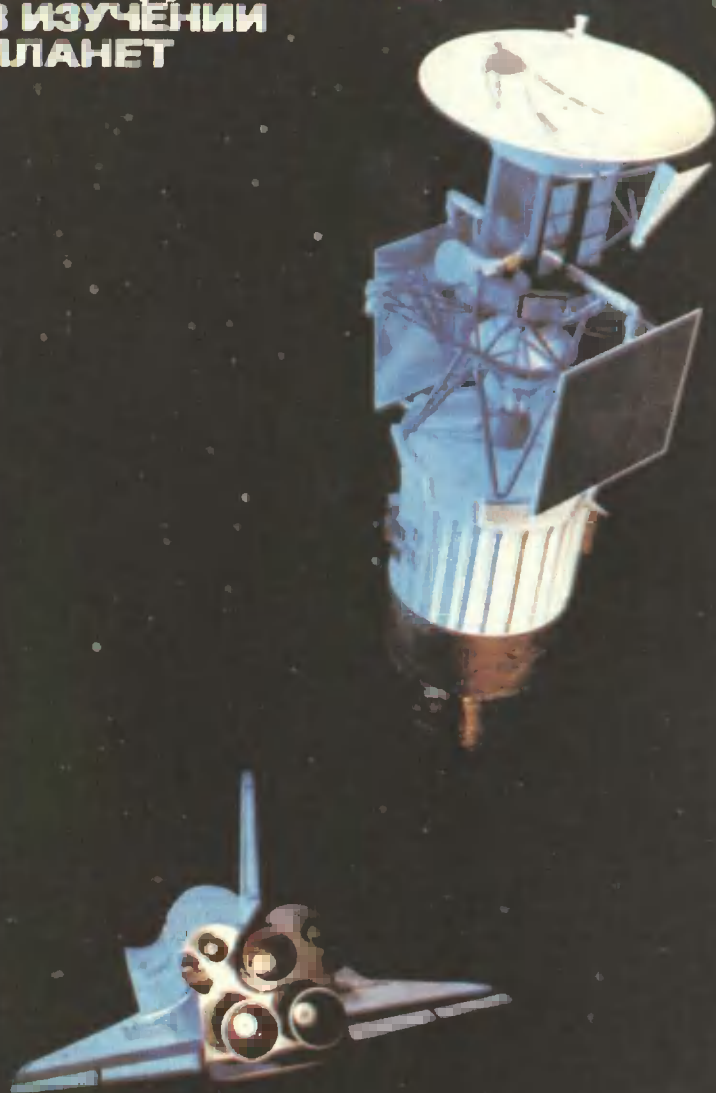
они древнее. Этот вывод подтверждает гипотезу французского исследователя Х. Зибровиуса о постепенном поднятии Гибралтарского порога с конца миоцена¹. В результате этого подъема обмен вод Тирренского моря с водами Атлантического океана ограничивается верхним 600-метровым слоем, на глубинах же циркуляция водных масс

ослаблена. Вследствие этого количество пищи (органики, фито- и зоопланктона) для глубоководного бентоса уменьшилось. А повышенная придонная температура (до 13 °C) не позволяет современным кораллам жить глубже 600—700 м, что ведет к прогрессирующему вымиранию донной фауны. В древности, когда Гибралтарский порог был ниже, а обмен вод между Атлантическим океаном и Средиземным морем более интенсивным, кораллы образовывали богатые поселения на больших глубинах, о чем и свидетельствуют исследования в 16-м рейсе «Академика Мстислава Келдыша».

² Alloué J. // Géobios. 1987. № 20. Fasc. 2. P. 241—263.

¹ Zibrovius H. Les Scléractiniaires de la Méditerranée et de l'Atlantique nord-oriental // Mém. de l'Inst. océanogr. Monaco, 1980.

СОТРУДНИЧЕСТВО В ИЗУЧЕНИИ ПЛАНЕТ



Что „Магеллан“ увидит на Венере

7—11 августа 1989 г. в Институте геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР (ГЕОХИ) состоялась очередная встреча советских планетологов и их американских коллег из Университета Брауна, больше известная как микросимпозиум «Браун — Вернадский». Тема этого, десятого по счету, симпозиума была достаточно широкой и включала, помимо Венеры, Марс и малые тела Солнечной системы. И все же основное внимание, как и в предыдущие годы, сосредоточилось на Венере.

Основная особенность настоящей встречи состоит в том, что к ее моменту в значительной мере завершилась обработка информации, полученной советскими космическими аппаратами «Венера-15, -16», и теперь ближайшие надежды как американских, так и советских планетологов связаны с проектом «Магеллан», который даст возможность продолжить изучение Венеры на новом материале. Научный руководитель проекта Р. С. Саундерс в беседе с корреспондентом «Природы» рассказывает об особенностях проекта «Магеллан», его техническом решении и геологических задачах, стоящих перед «Магелланом», который находится сейчас на пути к Венере и приблизится к ней в августе 1990 г.

Эти симпозиумы интересны не только масштабностью обсуждаемых проблем, но и многолетним тесным сотрудничеством советских и американских исследователей. Тема сотрудничества в изучении планет — центральная в интервью корреспондента «Природы» с Дж. У. Хэдом и В. Л. Барсуковым, отвечающими за соглашение «Браун — Вернадский» с американской и советской сторон.

В рамках соглашения регулярно, дважды в год (в марте, сразу после Хьюстонской конференции в Университете Брауна, а в августе — в ГЕОХИ), проходят симпозиумы. Но это только кульминационные моменты сотрудничества, а кроме того, ведется постоянный рабочий диалог: встречи, обмен материалами и т. д. Со временем отношения стали настолько тесными, что возникли своеобразные тандемы советских и американских исследователей, занимающихся какой-то конкретной проблемой, появились совместные статьи. Важно, что активное общение идет не только на уровне маститых специалистов, но и совсем молодых ученых, а с американской стороны — даже студентов старших курсов и аспирантов (ведь Университет Брауна — учебное заведение).

Ныне все активнее развивается официальное сотрудничество наших стран в области изучения космоса. Но не надо забывать, что в более сложные времена сотрудничество «Браун — Вернадский» было одной из немногих нитей, соединяющих американских и советских планетологов, и сыграло немалую роль в том, что отношения между ними так стремительно восстанавливаются.

А. Т. Базилевский,

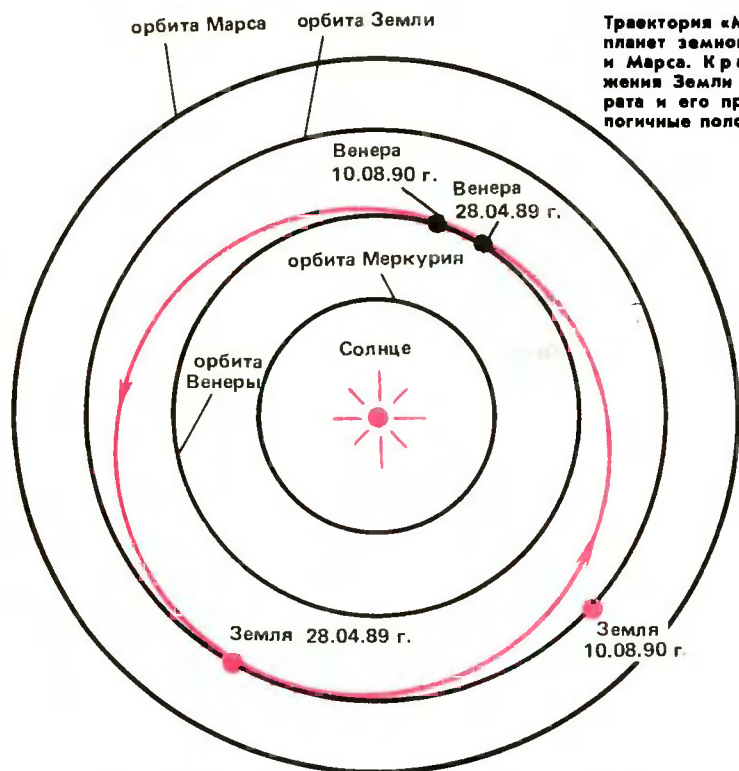
доктор геолого-минералогических наук,
заведующий лабораторией сравнительной планетологии и метеоритики
ГЕОХИ АН СССР



Рональд Стефан Саундерс, доктор наук (геология), сотрудник Лаборатории реактивного движения Калифорнийского технологического института (Пасадина, США). Научный руководитель проекта «Магеллан». С 1971 г. — научный руководитель программы НАСА по геологическим исследованиям планет земной группы и участник проекта радарного картирования Земли с кораблей системы «Шаттл».

— Интерес к Венере — предполагаемому космическому близнецу Земли — очень велик. За последние десятилетия 5 американских и 15 советских космических аппаратов исследовали атмосферу этой планеты, с разной детальностью засняли ее поверхность, исследовали отдельные участки с помощью спускаемых космических модулей. Какие задачи стоят перед «Магелланом»? В чем особенность его программы?

— Полет американского космического аппарата «Пионер-Венера» в 1979 г. дал информацию об атмосфере Венеры и более чем о 90 % ее поверхности. Но на этой карте видны лишь самые крупные объекты: возвышенности, напоминающие земные континенты, холмистые равнины, большие вулканоподобные горы и плоские низменности. Объекты поменьше при том невысоком разрешении (от 50 до 140 км), которое давал этот космический аппарат, оставались неразличимы. Их удалось заснять в 1983 г. во время полетов советских автоматических станций «Венера-15, -16», по результатам



Траектория «Магеллана» (красный цвет) и орбиты планет земной группы — Меркурия, Венеры, Земли и Марса. Красными кружками показаны положения Земли в моменты запуска космического аппарата и его прибытия на Венеру, черными — аналогичные положения Венеры.

которых была сделана карта Венеры с разрешением от 1 до 2 км. Однако из-за особенностей орбит эти станции смогли получить изображение лишь 25 % поверхности планеты вблизи ее Северного полюса.

«Магеллану» предстоит заснять 70—90 % поверхности с разрешением от 250 до 750 м. Кроме того, он должен провести радиометрическую съемку, которая позволит оценить распределение температур у поверхности планеты. В течение 243 дней (т. е. за время одного оборота Венеры вокруг своей оси) будут вестись измерения гравитационного поля Венеры, что существенно прояснит наши представления о внутреннем строении этой планеты.

— Не могли бы вы как геолог по образованию выделить самые интересные геологические задачи, которые предстоит решить «Магеллану»?

— Одна из важнейших — картирование вулканических кратеров и других вулканических структур Венеры, что позволит реконструировать историю развития планеты, ее глубинное строение. Не менее информативны и другие объекты, хорошо известные по радарным изображениям поверхности Венеры, — ударные кратеры. Их гло-

бальное изучение пополнит наши сведения об эволюции планеты и возрасте различных геологических провинций. «Магеллану» предстоит также выявить детали в строении разломов, хребтов и других геологических структур, которые несут информацию о глубинных процессах и тектонике этой планеты.

— Как вы расцениваете высказывавшиеся в последние годы идеи о возможном спрединге на Венере? Приложима ли теория тектоники плит к этой планете?

— Хотя вполне можно ожидать проявления на поверхности Венеры тектонических процессов, сходных с земными, ограниченные сведения об этом «близнеце» Земли пока не дали доказательств проявления тектоники плит в масштабе всей планеты. В частности, на снимках «Пионер-Венеры» не обнаружено ни глобальных структур, подобных Срединно-Атлантическому хребту, ни характерных границ плит. Но надо оговориться: даже на Земле элементы тектоники плит были бы неразличимы с космического аппарата, обладающего разрешением «Пионер-Венеры».

Советским космическим аппаратам «Венера-15,16» удалось заснять локальные

структуры, напоминающие земные зоны спрединга. Кстати, я знаком с работами А. Л. Суханова и А. А. Пронина, развивающих идею спрединга на Венере,— в целом идея очень хорошая¹. Но в деталях рассмотреть зоны спрединга и правильно оценить их вклад в формирование венерианской коры можно будет, только получив карту всей поверхности Венеры с достаточно большим разрешением.

— Обычно при изучении планет земной группы большое внимание уделяется ударным кратерам. Чем интересны эти структуры и какова специфика их распределения на Венере?

— Ударные кратеры интересны прежде всего тем, что они позволяют оценить возраст поверхности той или иной планеты (если не учитывать эрозию, то чем больше кратеров, тем древнее поверхность). На имеющихся сейчас радарных изображениях Венеры таких кратеров больше, чем на Земле, но намного меньше, чем на Меркурии, Луне и Марсе. Глобальное изучение ударных кратеров по программе «Магеллан» даст новую информацию о возрасте поверхности Венеры. Кроме того, размеры кратеров помогут оценить плотность венерианской атмосферы в прошлом. Если, например, атмосфера была такой же мощной, как и сейчас, ее не могли бы преодолеть тела меньше определенного размера. Если же атмосфера была менее плотной, то температура на поверхности планеты была бы ниже и могла бы существовать жидкая вода.

Сложной задачей для планетологов является также выяснение природы не явно выраженных кольцевых структур: даже на лучших из полученных в предыдущие годы снимков поверхности Венеры не всегда удается отличить древние ударные кратеры от остатков вулканических кратеров или куполовидных магматических структур. Мы надеемся, что радарные изображения «Магеллана» помогут решить эту задачу.

— На изображениях, полученных с помощью посадочных модулей и радаров орбитальных аппаратов серии «Венера», четко различимы вулканические кратеры. Еще раньше станция «Пионер-Венера» выявила вариации содержания SO_2 в атмосфере, что

позволяет предположить современную вулканическую активность на Венере. Какую новую информацию о вулканизме этой планеты принесет «Магеллан»?

— Подсчитав количество вулканов, выяснив места их нахождения и типы, «Магеллан» должен существенно расширить наши представления о процессах, протекающих в недрах планеты. Радарные изображения «Магеллана» с высоким разрешением позволяют различить отдельные перекрывающиеся потоки лавы и, соответственно, определить последовательность вулканических событий, расшифровать облик поверхности. Изучив наклон и форму вулканических потоков, можно будет оценить вязкость лавы и ее состав, а следовательно, и мощность коры, приблизиться к расшифровке строения планеты.

— Сможет ли «Магеллан» сообщить что-то новое о характере эрозионных процессов на Венере?

— Пока мы не знаем, какие виды эрозии там преобладают. Скорее всего, это химическая эрозия, но возможно, облик поверхности Венеры определяет сочетание нескольких видов эрозии, включая ветровую. Предполагается также, что высокая температура на поверхности Венеры сыграла большую роль в формировании стиля деформаций венерианской коры,— проект «Магеллан» даст новые факты для проверки этой гипотезы.

Другой принципиальный вопрос: была ли на Венере вода? Соотношение дейтерия и водорода в ее атмосфере позволило предположить, что в прошлом содержание воды в атмосфере планеты могло быть выше и, следовательно, на Венере могли существовать реки, моря и океаны. Правда, на изображениях, полученных советскими космическими аппаратами, никаких подтверждений этому не обнаружено. Но если жидкая вода действительно была на Венере, то радарная съемка «Магеллана» должна выявить древние морские террасы, речные русла и дельты. Все эти наблюдения крайне важны для понимания эволюции атмосферы и поверхности планеты.

И еще: хотя измеренные скорости ветра у поверхности Венеры меньше, чем на Земле, все-таки на этой планете не исключены дюны ветрового происхождения. Если они действительно существуют, их можно будет увидеть с «Магеллана», а размер и форма дюн позволят реконструировать характер ветров, преобладающие их направления.

¹ Подробнее см.: Суханов А. Л., Пронин А. А. Спрединг на Венере // Природа. 1989. № 5. С. 27—37; Суханов А. Л. Мобильные материи Венеры // Там же. № 11. С. 17—23.

Два положения «Магеллана» на орбите вокруг Венеры (низшая точка — 250 км над поверхностью, высшая — 8029 км). Облетая ее за 3 ч и 9 мин, «Магеллан» из-за эллиптичности орбиты будет находиться достаточно близко к поверхности планеты лишь в течение 37 мин. В это время большая антенна повернется к Венере, радар будет снимать детали поверхности, вести альтиметрические и радиометрические наблюдения. Как только аппарат достигнет высшей точки орбиты, антенна повернется к Земле и в течение 115 мин сведения будут передаваться наземным станциям.

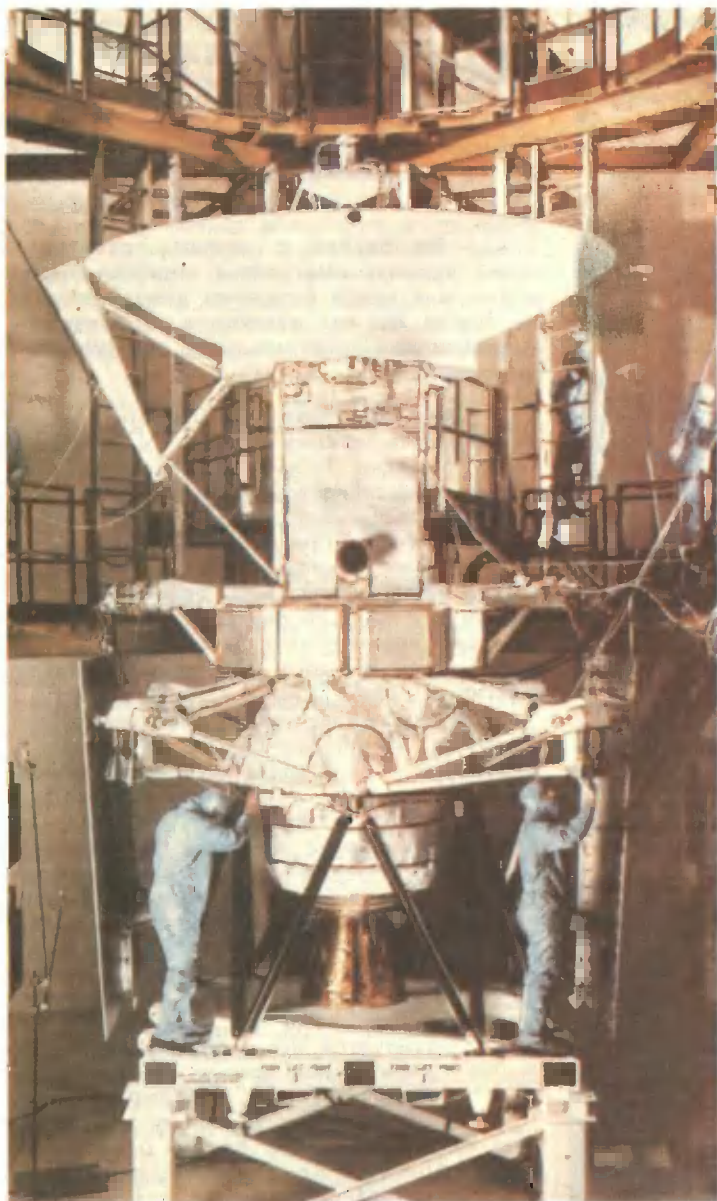


— Одна из центральных задач проекта «Магеллан» — изучение гравитационного поля Венеры. Как эта задача будет решаться?

— Вращаясь вокруг Венеры, «Магеллан» будет четко реагировать на все флуктуации гравитационного поля планеты. И пока он будет на радиосвязи с Землей, малейшие изменения в его орбитальном движении могут быть измерены точнейшим образом по эффекту доплеровского смещения частоты передатчика. В результате мы наде-

мся получить довольно полную информацию о гравитационном поле Венеры, что может стать ключом к познанию ее внутреннего строения.

Предыдущие полеты к Венере показали, что существуют крупномасштабные особенности ее рельефа, которые обусловлены прежде всего структурой недр. Например, были отмечены положительные гравитационные аномалии над приподнятыми участками поверхности. Используемая в проекте «Магеллан» аппаратура с высокой



Проверка космического аппарата «Магеллан» перед стартом. Вверху — напоминающая блюдо антенна диаметром 3,65 м, предназначенная для получения изображений поверхности, радиометрии и связи с земными станциями. Прикрепленная к «блюдю» рогообразная антенна будет измерять высоту аппарата над поверхностью. Две солнечные панели обеспечат мощность около 1,2 кВт. Примечательно, что для уменьшения затрат на проект «Магеллан» использовались готовые узлы космических аппаратов «Вояджер», «Галилей», «Викинг» и «Улисс».

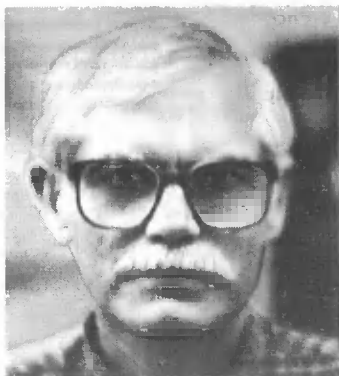
разрешающей способностью даст возможность изучить детали этой важной связи между гравитационной силой и рельефом.

— В столь короткой беседе, конечно, не объять всех сторон проекта «Магеллан». Какие еще надежды вы с ним связываете!

— Я долго и с нетерпением ждал полета «Магеллана», надеясь что этот проект разъяснит геологию не только Венеры, но и Земли. Возможно, изучение Венеры с ее

активным тепловым полем поможет нам предотвратить парниковый эффект на Земле, который угрожает нам все больше и больше. То, что Земля становится более теплой, заставляет нас задуматься. Ведь основную часть атмосферы Венеры составляет тот самый CO_2 , который мы производим во все возрастающих количествах. Мне кажется, Венера позволяет нам проследить путь, по которому Земля идет сейчас.

„Крепкие опоры официального моста“



Джеймс Уильям Хэд III, профессор, декан геологического факультета Университета Брауна (Провиденс, штат Род-Айленд, США). Член научной группы и группы радарных исследований проекта «Магеллан». Работая в НАСА, принимал участие в выборе мест посадки космических аппаратов и подготовке астронавтов по программе «Аполлон». Был приглашенным исследователем при выполнении программ «Венера-15, -16».



Валерий Леонидович Барсуков, академик, директор Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР, вице-президент Международного союза геологических наук, сопредседатель советско-американской рабочей группы по изучению Солнечной системы. Специалист в области космохимии, геохимии океана, геологии и геохимии рудных месторождений. Лауреат Государственной премии СССР.

— Из беседы с научным руководителем проекта «Магеллан» читатели «Природы» уже знают о задачах этого проекта. Не могли бы вы рассказать о советско-американском сотрудничестве при его подготовке?

Дж. Хэд. Первоначально этот проект предполагал съемку Венеры с разрешением порядка 1 км, а когда советские космические аппараты «Венера-15,-16» дали такое разрешение, пришлось добиваться более высокого. При модернизации проекта его научные руководители, в частности С. Саундерс, использовали советские достижения для прямого давления на инженеров (демонстрировали им снимки «Венеры-15,-16» и т. д.), и в итоге разрешение должно достигать 120—150 м.

Можно добавить, что информация, полученная «Венерами-15,-16», а также в результате более ранних посадок на поверхность, позволила определить, что же мы хотим увидеть при помощи «Магеллана». Кроме того, когда данные с «Магеллана» будут уже получены, мы планируем объединить их с данными, собранными американскими и советскими «Венерами», чтобы иметь единое, синтетическое видение объекта. Ведь все наши полеты дополняют друг друга и ведут к научному синтезу.

Планируется, что в обработке информации с «Магеллана» примут участие советские исследователи: геолог-планетолог А. Т. Базилевский, специалист по радарным измерениям Э. Л. Аким и радиофизик Н. А. Арманд. Одно из направлений их работ — детальное изучение тех областей Венеры, куда сели советские космические аппараты и для которых уже получены сведения о составе пород. Это позволит распространить имеющиеся данные на более обширные районы.

— А что будет после «Магеллана»? Как предполагается исследовать Венеру в дальнейшем, какие задачи предстоит решить?

В. Л. Барсуков. После «Магеллана», когда у нас будет более полное пред-

ставление о геологических структурах поверхности, вероятно, в центре внимания окажется привязка определенных типов структур к составу. Здесь возможны разные пути: либо продолжение посадок станций на поверхность, либо использование подготавливаемых сейчас по совместному проекту «Марс» пенетраторов, сбрасываемых на поверхность анализаторов, которые позволяют получить не только видео-, но и геохимическую информацию для большого числа точек поверхности. Это, по-видимому, следующий шаг в изучении Венеры. Ну, а в дальнейшем мы мечтаем о том моменте, когда образцы с Венеры появятся на Земле, так как вся получаемая нами информация неполна без определений возраста вещества, а пока это можно сделать только на Земле.

— Какие самые интересные проблемы в будущем изучении планет земной группы вы могли бы выделить?

Дж. Хэд. Я думаю, одним из главных вопросов останется изучение ранней, догеологической истории этих планет, запечатленной, в частности, в их атмосферах. Например, на Марсе в настоящее время существует реденькая атмосфера из CO_2 , но вместе с тем на поверхности этой планеты видны признаки бывших потоков воды. Что же привело к такому значительному изменению атмосферы? Почему раньше она была столь плотной, что могла существовать вода, а теперь вода либо испаряется, либо становится льдом? Или другой вопрос: почему на Венере столь ярко выражен парниковый эффект? Это всего лишь два примера, два аспекта одной проблемы.

Прослеживая изменения в земной атмосфере, очень важно иметь общепланетарную точку зрения. Когда мы рассматриваем эволюцию атмосферы Земли, мы можем обсуждать, в принципе, массу вариантов. Но, глядя на Венеру и Марс, мы видим результаты эволюции, которая была на самом деле. Это возвращает нас от многообразия вариантов к нескольким реальным. Один лишь этот пример доказывает, как важно продолжать изучение Марса и Венеры. Это же обосновывает наши занятия такой, казалось бы, далекой от земных нужд наукой, как сравнительная планетология.

В. Л. Барсуков. Я хотел бы кое-что добавить. Во-первых, не думаю, что о тех планетах, которые мы в той или иной степени изучили, можно забыть. Мы неизбежно будем к ним возвращаться: и к Луне, и к Венере, и особенно к Марсу. За последнее время интерес всех исследователей

к этой планете резко возрос. Произошло это потому, что благодаря аппаратам «Викинг-1,-2» мы наконец увидели, как выглядит эта планета. Кроме того, с Марсом связана интереснейшая проблема эволюции климата: и история воды как таковой, и история атмосферы, и температурная эволюция... И еще: по сложности геологического строения Марс занимает как бы промежуточное положение между примитивной Луной и сложными, с точки зрения геолога, Венерой и Землей. Чтобы понять, как сформировались структуры Земли, важно изучить это промежуточное звено.

Среди планет земной группы интересен также Меркурий, о котором мы знаем чрезвычайно мало. История этого планетного тела с тонкой корой и мантией и непропорционально большим ядром весьма загадочна: было ли ядро столь большим изначально, или Меркурий утратил значительную часть коры и мантии в ходе эволюции планеты? Все это принципиальные вопросы сравнительной планетологии, и ответить на них можно будет только после полета к этой планете и, если это удастся, посадки спускаемого модуля на поверхность.

— Итак, если не считать Меркурия, изученность всех планет земной группы находится на достаточно хорошем уровне. А как обстоит дело с дальними планетами? Какова здесь ситуация и участвуют ли советские ученые в их исследовании?

Дж. Хэд. Мы сейчас завершаем разведывательную стадию изучения внешних планет с помощью космических аппаратов «Вояджер». В ближайшее время «Вояджер-2» пролетит через систему Нептуна. Мы узнаем, как выглядят его спутники, сама планета, увидим общую картину атмосферной циркуляции. Советские специалисты как соисследователи будут участвовать в изучении этой информации, поступающей с «Вояджера-2». Впрочем, советские ученые уже принимают участие и в анализе других данных, полученных «Вояджерами».

Впереди еще несколько миссий, направленных на изучение внешних планет и их спутников. В октябре 1989 г. к Юпитеру будет запущен космический аппарат «Галилео», который станет искусственным спутником этой планеты¹. Зонд, отделившийся

¹ «Вояджер-2» прошел через систему Нептуна в конце августа 1989 г. В ближайшее время «Природа» даст подробную информацию об этом событии.

² В настоящее время «Галилео» уже в полете. Используя гравитационные маневры около Венеры и Земли, он долетит до Юпитера в 1995 г.

от аппарата, войдет в атмосферу Юпитера, в то время как с основной части аппарата будут вестись наблюдения за атмосферой Юпитера и поверхностью его спутников. Кроме того, сейчас конгресс США рассматривает возможность финансирования миссии «Кассини» — полет к Сатурну. По общей концепции она будет похожа на «Галилео».

В. Л. Барсуков. По проекту «Кассини», насколько мне известно, предполагается посадка спускаемого аппарата на поверхность Титана. Сейчас с американскими коллегами обсуждается возможность участия советских специалистов в создании научного комплекса приборов, которые будут изучать Титан.

— Геологию других планет, как известно, изучают не только с помощью космических аппаратов, но и непосредственно с Земли с помощью радиотелескопов, причем их разрешающая способность постоянно растет. Нет ли тут дублирования?

Дж. Хэд. Наземные и космические исследования, по сути, дополняют друг друга. Детальность, с которой мы видим поверхность другой планеты, например Венеры, сильно зависит от геометрии и условий съемки. И чтобы понять по-настоящему природу поверхности, на нее надо взглянуть под разными углами. Поэтому ни о каком дублировании не может быть и речи. Кроме того, радиотелескопы, изучающие Венеру, видят только часть ее поверхности, и, даже если удается достичь хорошего разрешения, съемкой покрывается сравнительно небольшая площадь. Это одна из причин запуска космических аппаратов, изучающих планеты с орбиты.

— Почему все-таки в планетологические исследования разные страны вкладывают столько энергии и средств? Обычно, отвечая на этот вопрос, специалисты говорят о возможности через изучение других планет понять, как развивалась Земля. Но только ли эта идея движет вами?

Дж. Хэд. Фундаментальная причина — это, конечно же, перспектива. Если бы мы изучали геологию только в окрестностях Москвы, у нас было бы очень ограниченное представление о Земле в целом. Подобным образом, изучая одну только Землю, мы получаем ограниченное представление о видах геологической деятельности, о возможных геологических процессах. Поэтому при изучении Земли мы должны помнить, что она всего лишь один из членов планетной системы Солнца. И еще мы

знаем, что Земля — очень динамичная планета, поверхность которой постоянно обновляется: все, что мы видим на поверхности сейчас, слишком молодо по сравнению с возрастом самой планеты (самых древних образований нам не увидеть). Так что, ограничиваясь изучением одной Земли, мы будем подобны лошади в шорах.

В. Л. Барсуков. Кроме того, все актуальнее становится вопрос о колонизации ближайших планет, прежде всего — Луны. Сейчас очень много разговоров (и у нас, и в США) о необходимости создания лунной базы для астрофизических наблюдений и получения из лунных пород водорода, кислорода, титана, гелия и т. д.³ Это еще одно направление.

— Какие цели преследуются при создании базы на Луне?

Дж. Хэд. Мне представляется, что в изучении Луны есть две главные цели. Во время празднования двадцатой годовщины посадки на Луну президент Буш сказал, что в долговременной перспективе он видит возобновление полетов людей на Луну, а также посылку обитаемого космического корабля на Марс. И первая цель лунных баз — понять, как жить на другой планете длительное время (это подготовка к тому, чтобы лететь на Марс). Вторая цель — это, конечно же, изучение ресурсов Луны, стремление понять возможности их использования.

Предполагается, что следующим шагом в изучении Луны станет полет аппарата «Лунар-Орбитер» — полярного спутника для сбора глобальной информации об этой планете. Он заснимет всю ее поверхность, даст сведения о ее геохимии. Все это позволит решить, где строить лунную базу.

— Не кажется ли вам, что грунт, который будут доставлять с других планет, должен стать общеземным достоянием, а не принадлежать только той стране, которая сумела его добыть? Может быть, нужны какие-то общие приемные пункты, распределяющие затем вещество между всеми заинтересованными исследователями?

Дж. Хэд. Я думаю, здесь два отдельных вопроса. Мне тоже кажется, что образцы, привозимые с других планет,

³ Об одном из таких проектов см.: Кульчински Дж., Шмитт Х. Термоядерное топливо... с Луны // Природа. 1990. № 1. С. 62—68.

должны принадлежать всем, и такое положение, в общем-то, уже существует. Например, образцы, доставленные по программе «Аполлон», были распределены между сотнями исследователей всего мира. То же произошло с образцами, доставленными с Луны советскими аппаратами. Мне представляется, что такой подход должен сохраняться. Что же касается приемных лабораторий, то лучше всего, на мой взгляд, делать так, как удобно ученым. Впрочем, я геолог, и, может быть, Валерий Леонидович — специалист по геохимии — лучше объяснит это.

В. Л. Барсуков. Что касается привозимых с других планет образцов, то здесь Джим абсолютно прав: все образцы внеземного вещества, включая метеориты, являются общим достоянием и этим веществом мы постоянно обмениваемся с зарубежными специалистами, в том числе с американскими. Думаю, что эта тенденция сохранится.

Но, когда мы говорим о доставке образцов с Марса, то это несколько иной случай. Дело в том, что пока нет четкой уверенности в отсутствии биологической активности на этой планете. Ее, может быть, нет на поверхности — «Викинги», например, ее не отметили. Но они анализировали только тончайшую корочку планеты, подвергающуюся жесткому ультрафиолетовому облучению. Вовсе не исключено, что биологическая активность существует на глубине. Поэтому, думая о доставке образцов с Марса, мы уже сейчас обсуждаем возможность создания международных приемных лабораторий, которые прежде всего обеспечили бы изучение биологической активности этих образцов в полной их изоляции от атмосферы Земли, а уже затем — геохимическое их исследование.

— Я хотела бы вернуться к микросимпозиуму, который вы здесь собрали. Какие вопросы в центре внимания сегодня? Как эти встречи советских и американских планетологов эволюционировали за прошедшие годы?

Дж. Хэд. Наши регулярные встречи с планетологами из ГЕОХИ, или, как мы его называем, Института Вернадского, начались несколько лет назад, когда стало ясно, что интересующие нас проблемы надо обсуждать вместе — небольшой группой советских и американских ученых. Мне кажется, что благоприятная сторона взаимодействия таких небольших групп должна быть распространена и на других ученых из СССР и США. Если двусторонние

отношения между нашими странами — это официальный мост, что наш микросимпозиум и взаимодействие между учеными — одна из его крепких опор.

Кстати, когда это взаимодействие началось, официального соглашения о сотрудничестве между нашими странами в этой области еще не было. Наш полуофициальный альянс обеспечил возможность обмениваться данными, получаемыми той и другой стороной, а также научными идеями.

В. Л. Барсуков. Я бы добавил, что со временем наши связи с коллегами из Университета Брауна становились все теснее и многограннее. Наши микросимпозиумы эволюционировали от немногочисленных встреч по вполне конкретным вопросам до довольно широких форумов, собирающих ученых из разных стран (в США, я помню, приезжали французские ученые, а на этой встрече присутствуют также специалисты из Франции, ФРГ, Финляндии, Японии). Можно сказать, что опоры моста становятся все крепче.

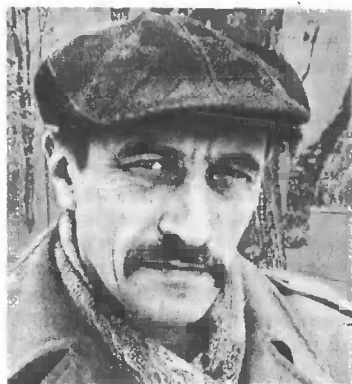
— Обратил на себя внимание необычно молодой состав американских участников симпозиума. Как участие студентов и аспирантов Университета Брауна в столь ответственных международных встречах сказывается на их профессиональной подготовке, дальнейшей научной карьере?

Дж. Хэд. Мне кажется, что это влияет на них двояко. Многие из них изучают Венеру, готовясь к анализу данных «Магеллана». Приезд в Советский Союз дает им возможность встретиться с экспертами по Венере, которые стали таковыми, изучая результаты полетов советских «Венер». Так что для них эти встречи важны прежде всего как элемент подготовки к предстоящей самостоятельной работе. Но не менее важны они и в культурном отношении: многие из них приехали в Советский Союз, прикоснулись к русской культуре раньше, чем побывали в Европе. По моему личному мнению, их поездки сюда — очень значительная часть их образования.

В. Л. Барсуков. Остается добавить, что все это чрезвычайно важно не только для американской молодежи, но и для наших молодых сотрудников, которые в последние годы непременно участвуют в микросимпозиумах, проходящих на американской территории, в Университете Брауна.

В.А. Лойша
Л.Н. Попов

МИНИМУМ МАУНДЕРА—СОМНИТЕЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ



Виктор Андреевич Лойша, научный сотрудник лаборатории геофизики Томского государственного университета. Сфера научных интересов — крупномасштабные геофизические процессы в их историческом аспекте.



Лев Николаевич Попов, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник той же лаборатории. Основные работы — в области оптики и космической геофизики.

ДОЛГОСРОЧНЫЕ геофизические прогнозы обещали нынешнему максимуму солнечной активности особенную интенсивность, возможно самую большую на протяжении всего XX в. Пока еще рано судить о точности прогнозов, однако пик подъема активности был и в самом деле чрезвычайно крутым. На фоне этого события, в полной мере понятного только специалистам, прекрасной общедоступной иллюстрацией выделяется картина низкоширотного полярного сияния, зафиксированного в ночь с 13 на 14 марта 1989 г. в Крыму, в Абстумани Грузинской ССР и даже на о. Куба. С абсолютной уверенностью можно сказать: большинство жителей этих регионов никогда не наблюдали ничего подобного, тем не менее это вовсе не значит, что полярные сияния здесь не фиксировались никогда раньше. За подтверждением далеко ходить не надо: недавно «Природа» опубликовала статью о солнечной активности¹, призывающую астрономов и геофизиков «в поисках новых данных... обращаться и к глубинным пластам народной памяти». Всецело разделяя общий пафос статьи, мы хотели бы поделиться с читателями «Природы» некоторыми соображениями, возникшими в ходе многолетней работы над нашей темой.

В общих чертах она определяется двумя словами: поиск археоаврор полярных сияний более или менее далекого прошлого. Сведения о них можно найти только в исторических источниках — летописях, хрониках, записках путешественников и дневниках. Цель такой работы — реконструкция динамики солнечной активности для эпохи доинструментальных наблюдений. Итогом этой нашей деятельности должен стать фундаментальный Каталог археоаврор СССР, первая часть которого только что издана Межведомственным геофизиче-

© Лойша В. А., Попов Л. Н. Минимум Маундера — сомнительная реальность.

¹ Барсегян А. Ж. Армянские хроники XI—XII вв. о солнечной активности // Природа. 1988. № 10. С. 32—34.

ским комитетом при Президиуме Академии наук².

...С 305 Г. ОТ РОЖДЕСТВА ХРИСТОВА

Вообще, сбор текстов, относящихся к древним полярным сияниям, имеет немалую историю. Первый научный каталог археоаврор был издан Ж.-Ж. д'Орту де Мераном еще в 30-х годах XVIII в. Столетие спустя эту работу продолжили Э. Био, а затем Ф. Араго. В 1873 г. вышел дониме не превзойденный по полноте каталог Г. Фрица, включающий 6687 наблюдений полярных сияний, зафиксированных к югу от 66° северной географической широты. И, наконец, вторая половина XX в. необычайно оживила интерес к теме, свидетельством чему — появление целого ряда региональных и национальных сводок, среди которых необходимо выделить работы М. Кеймацу (Япония), В. Шредера (ФРГ), Р. Ньютона и С. Силвермана (США), А. Ретля и З. Беркеша (Венгрия), Ф. Линка, О. Сейдла и Л. Крживски (Чехословакия).

Мы же, в сущности, продолжаем дело, начатое еще в 10-х годах нашего столетия Д. О. Святским — разносторонним и весьма неординарным ученым, чей вклад в науку еще предстоит в должной мере оценить. Изучая старые тексты для целей геофизики и астрономии, Святский осуществлял программу, предложенную академиком А. А. Шахматовым — крупнейшим исследователем русского языка, древнерусской литературы, русского летописания.

Недобрые обстоятельства 30-х годов помешали Д. О. Святскому завершить работу. Сегодня, многократно расширив его сводку, мы видим, сколь велик еще объем предстоящего поиска. Но и уже имеющийся в нашем распоряжении материал позволяет сделать главный вывод: летописи и хроники народов нашей страны исключительно богаты информацией о полярных сияниях. Это относится к белорусским, грузинским, литовским, молдавским, польским, русским, украинским источникам, создающим в сумме удивительную по красоте и яркости мозаичную картину.

Армянские хроники, о которых поведал А. Ж. Барсегян, достойны в этом ряду занять первое место не только по алфавитному принципу: они несут нам знания о тех временах, когда другие из перечисленных народов еще только осваивали письменность. А ценность всей мозаики тем

выше, чем древнее составляющие ее кусочки, чем дальше они отстоят от начала инструментальной науки. Да и открывается наш Каталог событием 305 г.: основание национальной армянской святыхи — Эчмиадзинского храма, раннее название которого — Шогакат («Истечение света») указывает на сюжет, согласно которому просветитель армян Григор Лусаворич воплотил в архитектуре форму божественного пламени, явившегося с небес³.

Но как бы привлекательны ни были эмоциональные и мировоззренческие аспекты давних наблюдений, их широкий исторический фон, нас интересует прежде всего геофизический аспект происшедшего.

КОЕ-ЧТО О СТАТИСТИКЕ

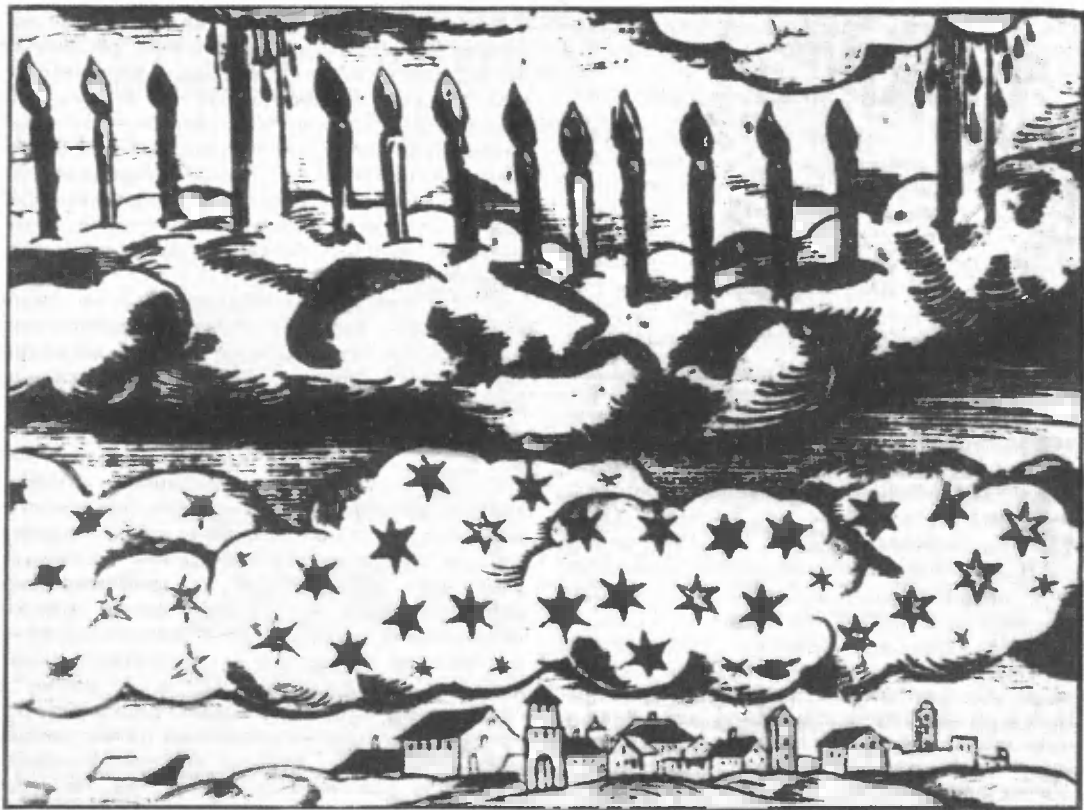
Тем, кто так или иначе интересуется динамикой солнечной активности, известно, что непрерывные ряды индекса Вольфа⁴ вычислены по средним месячным значениям с 1749 г., а по **приближенным** среднегодовым — с 1700 г. Меньше трехсот лет — всего двадцать два 11-летних цикла — не так уже представительна статистическая выборка... Следуя в XVII в. и далее в глубь истории, мы встречаем только разрозненные наблюдения солнечных пятен: например, весь корпус русских летописей содержит лишь два таких свидетельства. На этом фоне полярные сияния становятся порою единственным показателем активности Солнца. И два десятка археоаврор, извлеченных из армянских документов IV—XVII вв., — важное подспорье в реконструкции геогелиофизической обстановки прошедших времен.

Уже самое первое приближение к теме археоаврор способно вызвать у естествоиспытателя своеобразный культуршок: древние темные письмена оказываются удивительно информативны! Это открытие испытал, пожалуй, каждый из наших коллег, но свидетельствует оно прежде всего о трудностях, с которыми приходится сталкиваться представителям естественных наук, пытаю-

³ В своей работе мы неизменно рассчитываем на помощь историков и филологов национальных школ — и всегда встречаем живейшую встречную заинтересованность. Вряд ли нам удалось бы разобраться с армянскими текстами, если бы не Л. А. Ханларян из Института древних рукописей им. Месропа Маштоца при Совете Министров АрмССР. Институт этот известен миру под именем Матенадаран, а Л. А. Ханларян обладает редчайшей квалификацией: она переводит с древнеармянского на русский.

⁴ Индекс Вольфа — показатель активности светила в данный отрезок времени. Характеризуется соотношением общего числа солнечных пятен и количества групп этих пятен.

² Лойша В. А., Краковецкий Ю. К., Попов Л. Н. Полярные сияния. Каталог IV—XVIII вв. М., 1989.



Старинная гравюра с изображением полярного сияния над Куттенбергом (Богемия) 12 января 1570 г. (из кн.: Eather R. *Magestic Lights*. Washington, 1980. P. 45).

щимся самостоятельно осваивать древние источники.

Для начальных этапов такой работы характерна закономерность: уже единичные и разрозненные самостоятельно выявленные факты замечательно легко укладываются в какую-то известную схему, тем самым подтверждая, казалось бы, и правильность схемы, и ценность фактов.

Пример из собственного опыта. В самой первой нашей статье по археоавторам⁵ мы вполне убежденно отметили 80-летний цикл, проявляющийся в активности ионосферы. Сегодня, когда собранная нами статистика объемлет несколько тысяч фактов за последние шестнадцать веков, мы столь же убежденно отказываемся выделять любые долгопериодные циклы — ибо нет недостатка в разнообразных моделях, рису-

ющих ход прошлой солнечной активности, и всегда найдутся данные в пользу любой модели. Ведь получается же как будто, что тексты средневекового армянского хрониста Маттеоса Урхайеци прекрасно подтверждают сегодняшние построения американского астрофизика Дж. Эдди⁶. Вместе с сообщениями других хронистов — Эккехарда из Ауры, Козьмы Пражского, Анонима Галла, Матфея Парижского, Михаила Сирийца и т. д., вместе с известиями китайских и русских летописей, повествующих о многочисленных «знамениях» конца XI — первой четверти XII вв., армянские записи дали основание предположить, что в эти годы был пик авроральной активности. Эдди сделал всего лишь решительный шаг, превратив предположение в «средневековый максимум».

ПРИЧИНЫ И СЛЕДСТВИЯ

Суть работы Дж. Эдди — в чрезвычайно детализированной ретроспекции солнеч-

⁵ Лойша В. А., Надубович Ю. А., Попов Л. Н. // Иссл. по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца. М., 1983. Вып. 66. С. 111—125.

⁶ Eddy J. A. // *Scient. Amer.* 1977. Vol. 236. N 5. P. 80—95.

ной активности начиная с 3000 г. до н. э. Построенная им модель представляет собой чередование положительных и отрицательных экстремумов продолжительностью в несколько десятков лет каждый.

Ключ к этим построениям дает сопоставление двух кривых, одна из которых отражает изменчивость изотопного состава углерода в годовичных кольцах деревьев, а другая есть не что иное, как огибающая числа солнечных пятен. Не требуется даже рассчитывать коэффициент корреляции, чтобы увидеть полную идентичность хода двух кривых.

Более тщательное рассмотрение, однако, показывает, что кривые имеют совсем не количественный и даже лишь отчасти качественный характер. Огибающая числа солнечных пятен, претендующая на непосредственную оценку динамики солнечной активности, базируется на неинструментальных наблюдениях, первое из которых отмечено в китайских летописях 28 г. до н. э. Если даже принять данные дальневосточных источников за бесспорную истину⁷, то и тогда остается вопрос: каким образом получен отрезок кривой, характеризующий образование пятен на Солнце за три тысячелетия до Рождества Христова?

Ответ: по аналогии с графиком колебаний ¹⁴C. А как получен этот график? Дж. Эдди использовал радиоуглеродную статистику Х. де Вриза, Х. Зюсса, а также Дж. Лермана, У. Нука и Дж. Фогеля и воспроизвел ее в масштабе первой кривой, а точнее, того ее участка, который соответствует «минимуму Маундера», т. е. 1645—1715 гг., когда «полное количество солнечных пятен... было меньше количества солнечных пятен, наблюдаемых за один "средний" год в наше время, тогда как «сообщений о наблюдениях полярных сияний в Европе, кажется, не было»⁸ вовсе.

Иначе говоря, объективная реальность, заключающаяся в 10 %-ном превышении относительных содержаний ¹⁴C для второй

половины XVII в., оказалась спрятана за умозрительными построениями, сомнительными с точки зрения естествоиспытателя. В поддержку этих построений Эдди привел факты или предположения о резких изменениях экваториальной скорости вращения Солнца, о колебаниях суровости зим, об экспансиях альпийских ледников и т. д. Каждое по отдельности из перечисленных явлений имеет широкий спектр толкований — настолько широкий, что не составляет труда подобрать подходящий вариант в пользу любой концепции.

«ВЕК МУШКЕТЕРОВ»

Определение, вынесенное в подзаголовок, принадлежит Дж. Эдди и применяется им как синоним понятия «минимум Маундера». Речь идет о наиболее близком к нам по времени отрицательном экстремуме солнечной активности, который является также и более освещенным источниками. Памятуя о принципе актуализма, есть, видимо, резон поговорить о «минимуме Маундера» подробнее.

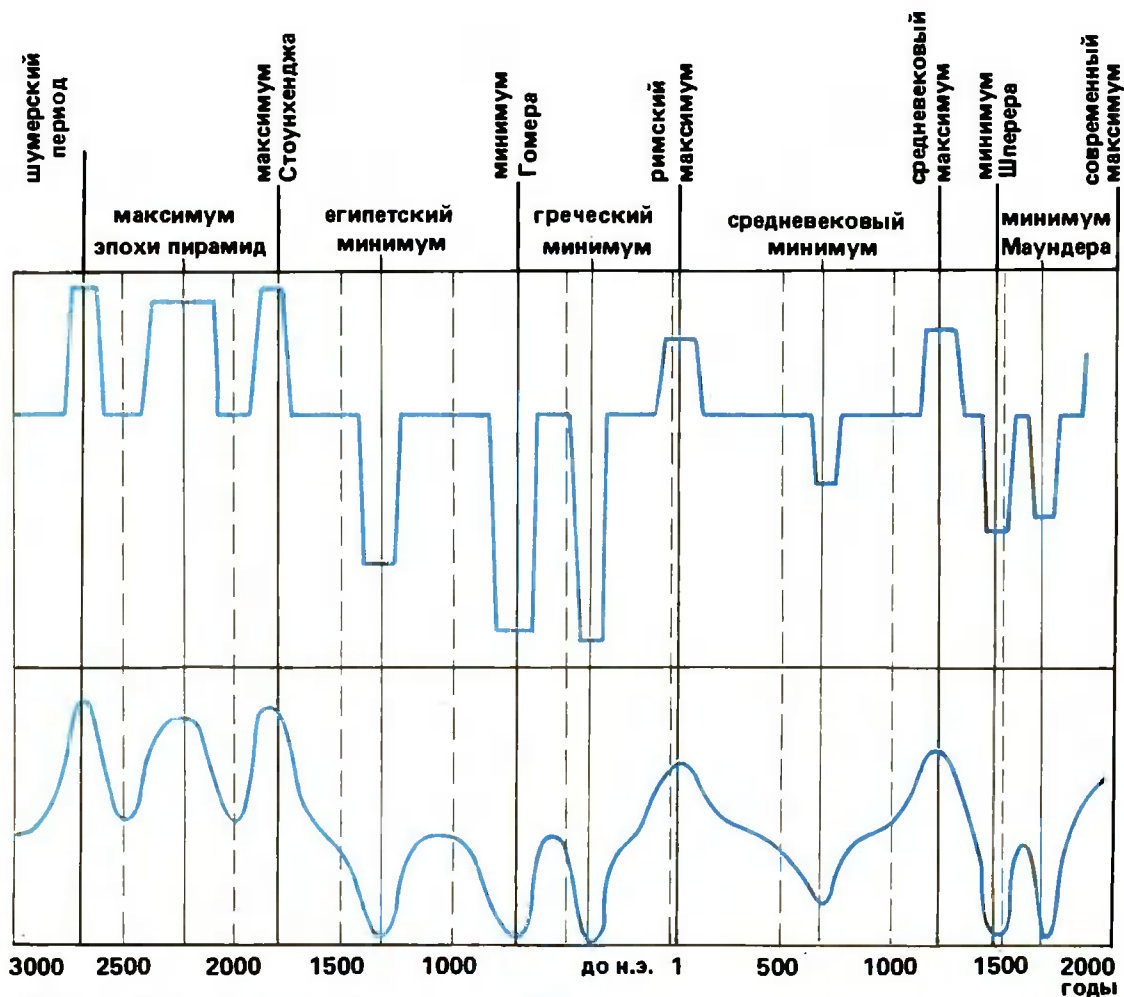
Достоинство удивления, что научное сообщество, обычно весьма скептически настроенное по отношению к новациям обобщающего характера, приняло схему, предложенную Эдди, в целом без критики. Возможно, это случилось потому, что ко времени публикации статьи намечался некий кризис в проблеме прошлой солнечной активности, и затяжные дискуссии по этой теме увязли в совсем уже частных деталях. Шокирующее воздействие оказалось также предположение Эдди о одновременных флуктуациях, когда 11-летний солнечный цикл или исчезал совсем, или же проявлялся в какой-то неявной форме. Так или иначе, но понятие «минимум Маундера» очень быстро вошло в обиход специалистов.

Разумеется, этот период стал объектом пристального изучения. Новые количественные методики, основанные на определении относительных содержаний космогенного изотопа ¹⁰Be в полярных ледниковых шапках, подтвердили некоторый спад солнечной активности во второй половине XVII в. — правда, спад не настолько глубокий и не столь длительный, как можно было бы ожидать, отталкиваясь от построений Эдди. Выяснилось также, что нормальный солнечный цикл в «век мушкетеров» никоим образом не прерывался⁹.

Что не так просто сделать, поскольку их интерпретация вызывает у специалистов существенные разночтения: С. Канду в 1933 г. сообщил о 143, а М. Кеймацу в 1976 г. — лишь о 125 наблюдениях солнечных пятен за один и тот же период с 28 г. до н. э. по 1743 г. Есть и другие расхождения, показывающие, что огромный корпус дальневосточных текстов нуждается в строгом научно-критическом анализе. См.: Keimatsu M. // Ann. Sci. Kanazawa Univ. 1970—76. Vol. 7—13. Собранные М. Кеймацу материалы доведены публикацией до 1600 г.; смерть историка прервала дальнейшую работу. Сведения о событиях XVII—XVIII вв. предоставил нам из архива Кеймацу его друг и соавтор проф. Н. Фукусима, которого мы, пользуясь случаем, сердечно благодарим.

⁸ Eddy J. A. // Op. cit. P. 82, 86.

⁹ Крживяки Л., Ружичкова-Тополова Б. // Известия АН СССР. Сер. физ. 1987. Т. 51. № 10. С. 1854—1856.



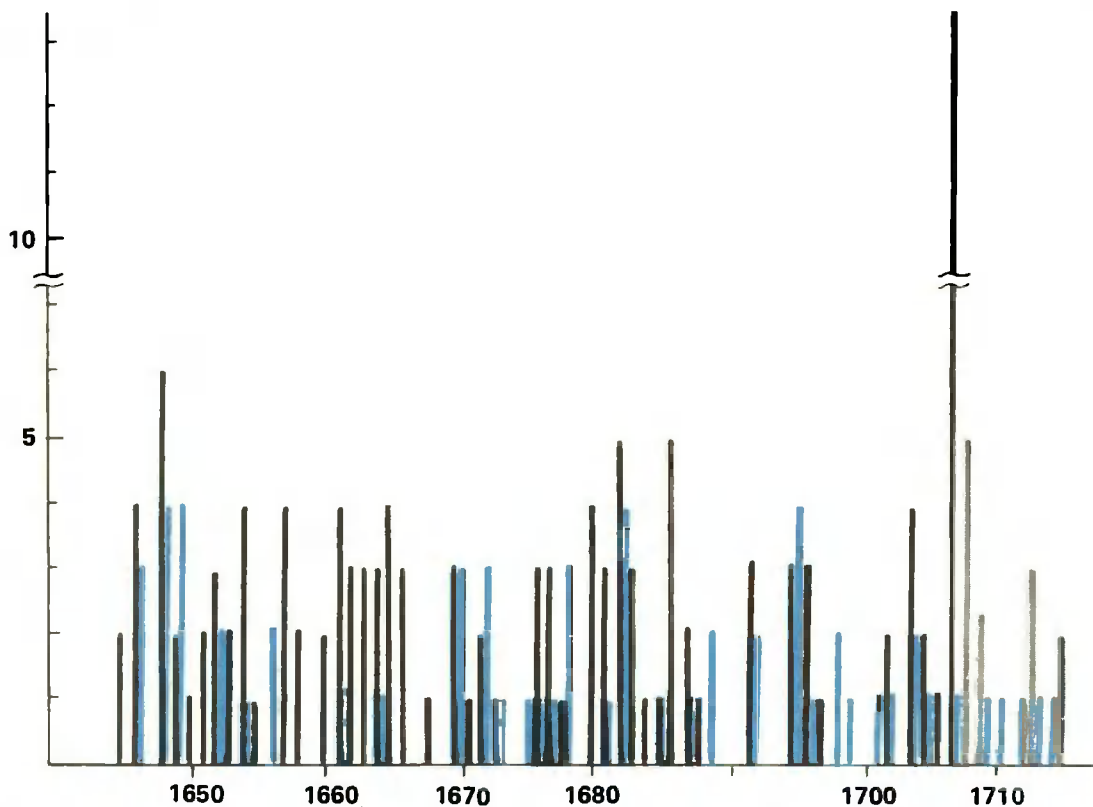
Изменение солнечной активности, определенное по изотопному составу углерода в годовых кольцах деревьев (вверху), и огибающая числа солнечных пятен (внизу) в различные исторические эпохи (по Дж. Эдди). Обозначены выделенные Эдди 12 экстремумов солнечной активности.

Последний вывод убедительно подтвердил австралийский геолог Дж. Уильямс, изучавший цикличность накопления осадков (седиментогенеза) и получивший уникальную статистику «слоев земных» за 19 тыс. лет, в непрерывном ряду которой «нет перерыва цикличности, сопоставимого с подозреваемым маундеровским минимумом. Это может означать, что маундеровский минимум представляет собой артефакт, обусловленный недостатком или неточностью данных»¹⁰.

Неверно утверждение Эдди об отсутствии солнечных пятен в дальневосточных документах 1584—1770 гг. По крайней мере, для первой четверти этого периода картина выглядит совсем иначе. Согласно М. Кеймацу, пятна на Солнце фиксировались китайскими астрономами трижды в 1624 г., дважды в 1587 и 1639 гг., по одному в 1616, 1618, 1631, 1638 гг. После 1639 г. сведений о пятнах нет, но что это означает? В 1644 г. в результате кровавых войн власть в Поднебесной империи захватили маньчжуры, что вызвало резкий упадок культурных традиций, в том числе и наблюдательных наук.

Следует, наверное, прислушаться и к выводам В. Шредера, занимающегося историей геофизики, который считает, что некоторый «дефицит» наблюдательных материалов в Европе XVII в. сравнительно с предыдущим, а особенно с последующими столетиями объясняется факторами скорее

¹⁰ Уильямс Дж. Э. // В мире науки. 1986. № 10. С. 71.



Число дней в году с полярными сияниями в период с 1645 по 1715 г. («минимум Маундера»). Цветные отрезки — данные, извлеченные авторами из исторических хроник и летописей народов СССР, серые — соответствуют сведениям Л. Крживьски и К. Пежмла [Křivský L., Pejml K. // *Travaux Geophysiques*. 1985. Vol. XXXIII. P. 77—151], черные — данным В. Шредера [Schröder W. // *Nature*. 1988. Vol. 335. P. 676]. Максимум приходится на период 1705—1710 гг. и равен 15 дням.

социального характера¹¹. В числе этих факторов не только войны, смуты и мятежи, но и мощные культурные сдвиги: упадок летописания, становление науки как государственного института (такие времена чаще бывают бурными, нежели педантичными).

А что же с полярными сияниями?

Тобольск, Чернигов, Массачусетс...

22 декабря 1692 г. королевский судья Сэмюэл Сьюэлл отметил в дневнике: «Генерал-майор рассказал мне, что прошлой ночью около 7 часов он видел на небе 5 или 7 огненных шаров, которые двигались, вращаясь друг вокруг друга, так что он не мог порою различить их; затем сделался большой свет...»¹²

Есть некая ситуативная ирония в том, что наблюдения первых известных нам аврор в Новом Свете пришлось на будущий штат Массачусетс, где сейчас живет и работает Дж. Эдди. Эти события приурочены к самому пику «минимума Маундера».

Впрочем, Северная Америка XVII в. не настолько богата авроральной статистикой, чтобы можно было делать какие-то выводы. Но посмотрим на евразийскую часть Северного полушария.

Имеющиеся в нашем распоряжении материалы М. Кеймацу свидетельствуют о 26 наблюдениях сияний в Китае и Японии. В. Шредер провел тщательный отбор текстов и установил: с 1645 по 1706 г. в Центральной Европе на широтах 50—55° зафиксировано ровно 100 аврор¹³. Еще 19 событий дает для 1707—1715 гг. классический каталог Ж.-Ж. Мерана. В венгерской сводке А. Ретля и З. Беркеша — 8 сияний; 3 — в чешской сводке О. Сейдла, еще 4 — у Л. Крживьски и К. Пежмла. Наконец, наша

¹¹ Schröder W. // *J. Atmos. and Terr. Phys.* 1979. Vol. 41. N 5. P. 445—446.

¹² Green S. A. // *Proc. of the Massachusetts Hist. Soc. Cambridge*, 1885. P. 105.

¹³ Schröder W. // *Meteor. Atmos. Phys.* 1988. Vol. 38. P. 246—251.

картотека включает 52 факта, приходящихся на 1645—1715 гг.¹⁴.

Мы объединяли в нашем каталоге только наблюдения, локализованные к югу от 60° с. ш., т. е. отражающие разовые ионосферные события наибольшего размаха. Самые южные пункты обсерваций в этот период приходятся на Крым и Армению — соответственно около 45° и около 40° с. ш. Крайняя восточная точка — Тобольск, крайняя западная — Лондон. Наибольшая концентрация событий — на территории Украины и отчасти Польши: свидетельство расцвета украинского летописания, обусловленного общим национальным подъемом¹⁵.

Несколько западноевропейских событий, не известных по другим каталогам, обнаружены нами в «Вестях-Курантах», первой русской газете, издававшейся в одном экземпляре для московского царского двора; в свою очередь, корреспонденты «Вестей-Курантов» черпали информацию из немецких, швейцарских, датских и т. д. «летучих листов», или *Zeitungsen* — неперIODических изданий, предшествовавших газетам и в обилии выходивших в Европе XVII в. Работали мы и непосредственно с «летучими листками» — и выявили сияния, сверкавшие триста лет назад над Варшавой, Кошице, Брандисом-над-Лабем...

Общий итог: сегодня исследователям известно не менее 212 среднеширотных авроральных наблюдений в Евразии в период «минимума Маундера». Из них 8 совпадают по датам: одно и то же сияние наблюдали, скажем, и в Чернигове, и в Киото. Остается 204 события на 70 лет, в среднем 2,9 в год — величина, почти идеально соответствующая изохазме Москвы и Берлина. (Изохазма — линия одинаковой частоты повторяемости полярных сияний.)

Вывод: никакого уменьшения числа аврор в период 1645—1715 гг. Северное полушарие не знало¹⁶. Закономерен вопрос: а был ли сам минимум?

ПОИСКИ ПРОДОЛЖАЮТСЯ

Наивно предполагать, что может быть разом найден некий универсальный алго-

ритм, определяющий динамику прошлых геогелиофизических взаимодействий. Ведь даже 11-летний солнечный цикл, признанный наукой как безусловная природная реальность, в строгом понимании вовсе не является таковою, действительная же пульсация Солнца определяется скорее термином «флуктуация» — периоды колебаний лежат в пределах от 7 до 17 лет. Конечно же, не исключены возможности и более долгопериодных флуктуаций, что вовсе не означает, будто сообщение о любой из них не должно быть безукоризненно аргументировано.

Чтобы решить проблему «минимума Маундера» — да и других экстремумов, выделенных Дж. Эдди, — нужен большой и кропотливый труд. Мы видим несколько направлений работы.

Во-первых, тщательная ревизия сохранившихся астрономических документов XVII в. — надо же, в конце концов, разбраться с «исчезновением» солнечных пятен. Кое-что в этом направлении предпринял ныне покойный Г. Ландсберг (США)¹⁷ — его изыскания необходимо продолжить. Одновременно следует предпринять широкий поиск старых текстов, повествующих о затмениях Солнца: описания короны могут высветить многие неясные моменты.

Во-вторых, настала пора уточнить метеорологическую обстановку XVII в. как один из главных наблюдательных факторов. Наш анализ опубликованных «Дневальных записок Приказа Тайных дел» показывает, что среднее многолетнее число пасмурных дней в Москве для периода 1657—1675 гг. летом заметно выше, а зимой ниже, чем для периода 1928—1960 гг.: в обоих случаях расхождение достигает 30 %. Если наши расчеты верны, то характер барических процессов над Евразией в период «минимума Маундера» существенно отличался от наблюдаемого сегодня, и это тоже многое объясняет.

В-третьих, необходимо набрать статистику вариаций ¹⁴C и ¹⁰Be для разных регионов земного шара: сопоставление таких материалов с данными о миграции геомагнитного полюса — дело весьма насущное. И, наконец, необходимы дальнейшие поиски и включение в научный обиход старых авроральных текстов, их систематизация и увязка с другими материалами.

Исторические источники народов нашей страны ждут углубленного внимания естествоиспытателей.

¹⁴ Краковецкий Ю. К., Лойша В. А., Попов Л. Н. // Иссл. по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца. М., 1985. Вып. 72. С. 57—64; Они же // Там же. 1987. Вып. 77. С. 182—187; Они же // Геомагнетизм и аэрономия. 1987. № 2. С. 331—332.

¹⁵ Неоценимую помощь в поиске этих материалов нам оказал Ю. А. Мыцник, историк из Днепропетровска, замечательный знаток украинских источников.

¹⁶ Krakovetsky Yu. K., Loisha V. A., Popov L. N. // Newsletter AGU Committee on the history of geophysics. 1988. Vol. 3. N 4. P. 79—80.

¹⁷ Landsberg H. E. Some previously unrecorded observations of sunspots during the «Maunder Minimum» and aurorae not listed in standard catalogues. Techn. Note BN-912 Univ. Maryland, 1980.

ВОЗРОЖДЕННОЕ ОБЩЕСТВО

17—18 ноября 1989 г. в Москве проходил учредительный съезд Физического общества СССР. В его работе приняло участие 800 делегатов от 93 городов, 200 институтов и различных научных организаций страны. На съезде был принят устав Общества, утверждена структура, избрано правление в составе 50 человек. Президентом Физического общества СССР стал профессор С. П. Капица, вице-президентом — профессор Ю. В. Новожиллов.

Полагая, что читателям «Природы» может быть интересно узнать о характере и задачах Общества, мы попросили С. П. Капицу ответить на ряд вопросов.



Сергей Петрович Капица, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией Института физических проблем АН СССР и кафедрой физики Московского физико-технического института. Основные научные результаты относятся к гидро- и электродинамике, магнетизму, ядерной физике, физике ускорителей. Заместитель председателя Комиссии по синхротронному излучению при Президиуме АН СССР. Член Римского клуба, Пагуошского движения ученых, Комитета советских ученых по глобальной безопасности. Член редколлегий «Природы», главный редактор журнала «В мире науки». Ведущий передачи «Очевидное — невероятное» на Центральном телевидении. Лауреат премии Калинга за популяризацию науки (учреждена ЮНЕСКО).

— Прежде всего, разрешите поздравить вас, Сергей Петрович, от имени редколлегии, редакции и, думаю, многих читателей «Природы», с которой вас связывает многолетнее тесное сотрудничество не только в качестве члена редколлегии, но и как ее активного автора. Нам особенно приятно это сделать, ибо выборы проводились на альтернативной основе и у вас были достойные соперники. А теперь позвольте задать первый вопрос: в связи с чем возникла идея создания Физического общества?

— Образование такого Общества — естественный шаг в развитии и демократизации нашей науки. В управлении страной мы сейчас переходим от линейной, иерархической, полностью детерминированной структуры к гораздо более усложненной модели. То же происходит и в управлении наукой, в частности физикой. Физическое общество тем более необходимо, что идут поиски новых, альтернативных форм организации науки. Главная наша задача — объединить физиков, работающих в науке и промышленности, университетах, вузах и школах. Сейчас, по данным ЦСУ, их насчитывается 400 тыс., из них около 80 тыс. кандидатов наук и 10 тыс. докторов. Это тот актив, который должен объединиться во круг Общества.

Кроме ведомственной разобщенности есть и размежевание по специальностям, по тем узким разделам знаний, в которых каждый из нас работает профессионально. Нужно искать

более эффективные пути вхождения в мировую науку — много десятилетия наша физика развивалась если и не в отрыве от нее, то в известной изоляции. Наконец, мы все в большей степени осознаем необходимость защиты профессиональных прав физиков и интересов физики как науки. А сегодня это особенно важно из-за оживления, даже наступления антинаучных и антиинтеллектуальных тенденций и настроений. В еще большей степени это важно из-за того места и значения, которые могут и должны принадлежать самой науке, и в первую очередь физике, в возрождении нашей страны, в перестройке общества.

— Но ведь в России уже существовало подобное общество?

— Вы правы, такое общество действительно было, и у нас есть все основания говорить не столько об образовании Физического общества, сколько о восстановлении или, если хотите, продолжении деятельности физической части Русского физико-химического общества, которое вынужденно прекратило свою деятельность в 1930 г., когда было разогнано большинство общественных профессиональных организаций.

Русское физико-химическое общество было образовано в 1878 г. путем слияния Русского химического общества, основанного в 1868 г., и Русского физического общества, созданного в 1872 г. Решающая роль в этом принадлежала Д. И. Менделееву. Прекращение деятель-

ности Общества было частичным, поскольку в 1937 г., как ни парадоксально, удалось организовать Всесоюзное химическое общество им. Д. И. Менделеева. В 1946 г. была предпринята попытка восстановить и Физическое общество, однако на соответствующем обращении появилась резолюция Сталина: «Пусть физики занимаются своим делом». «Делом» же физиков была бомба.

Позднее вопрос о восстановлении Общества поднимался Отделением общей физики и астрономии АН СССР; помню, неоднократно говорили об этом с Л. А. Арцимовичем. Вроде бы, все сходилось на том, что это было бы очень хорошо, но... вопрос оставался открытым. В январе 1989 г. собралась инициативная группа, поставившая цель возобновить деятельность Физического общества; в феврале прошли учредительные собрания физических обществ МГУ и ФИАНа. На заседании инициативной группы выработывался проект Устава, а в мае было принято решение о подготовке и проведении Учредительного съезда. С марта по октябрь шло образование физических обществ и отделений ФО в Москве, Харькове, Ленинграде, Иркутске и других городах. И вот, наконец, в середине ноября — Учредительный съезд; он проходил в Актовом зале МГУ, и все его участники благодарны Университету, в особенности физическому факультету, которые столько сделали для его успешного проведения.

— Какие задачи, на ваш взгляд, должно решать Физическое общество и какое место ему отводится в существующей структуре управления наукой?

— Чтобы стало яснее, какое место оно могло бы занять, напомним, как «устроена» наша физика. Наиболее influential орган — Отделение общей физики и астрономии АН СССР. В нем и в Отделении ядерной физики объединены около 150 членов Академии, т. е. 1/6 ее состава. Здесь планируются и направляются важнейшие исследования, определяются приоритеты, решаются многие кадровые и организа-

ционные вопросы, скажем создание новых институтов и лабораторий, научных журналов. Важное место в «физическом мире» принадлежит разветвленной сети научных советов — их более 50. Как правило, они организованы на широкой основе, чтобы преодолеть ведомственную разобщенность, и следят за развитием отдельных областей физики, координируют и проводят конференции, семинары и школы; многие из них имеют свои журналы и поддерживают международные связи. Я бы сказал, что это своего рода общественная организация, которая хорошо действует внутри достаточно формализованной системы Академии. В научных и проблемных советах ведется именно та работа, которую во многих странах выполняют секции национальных физических обществ. Нашему Обществу необходимо установить разумные рабочие контакты с научными советами, ни в коем случае не дублируя их деятельности, а скорее дополняя ее. Пожалуй, это сейчас одна из основных трудностей, поскольку если бы Физическое общество не прерывало своей деятельности, то эволюционным путем заняло бы свою экологическую нишу. Сейчас это тем более сложно, что последние 40 лет были годами стремительного роста нашей науки, а Физическому обществу надо начинать с нуля.

И тем не менее уже сейчас виден круг задач, которыми та же Академия не занимается, да, видимо, и не должна заниматься, и решать которые должна организация, подобная нашему Обществу.

Прежде всего это вопросы образования. Комитет по народному образованию выступил с важными инициативами в этой области. Но физики должны посмотреть на проблему образования со своей профессиональной точки зрения единым образом. Проблема же эта имеет несколько аспектов.

Начну с того, что наиболее эффективный способ «усвоения» общественным результатом фундаментальных научных исследований — через систему высшего образования. Считается, что интервал между фун-

даментальными и прикладными исследованиями составляет 25 лет. Это как раз тот срок, за который можно обучить новое поколение новым идеям. Так, сначала в сознание ученых, занятых физикой твердого тела, входила квантовая механика (при создании теории полупроводников и изобретении транзисторов), а уже затем эти представления внедрялись в сознание инженеров на предприятиях, осваивавших выпуск полупроводниковых приборов. К сожалению, в нашей стране разрыв, который образовался между высшей школой и наукой, привел к большим потерям. Многие физики старались этому противостоять, но дальше создания МФТИ и МИФИ, еще ряда институтов и факультетов университетов в Новосибирске и Харькове дело не пошло. В целом университеты оторваны от научных центров, а технические вузы на десятилетия отстали от современной научной культуры, уровня физики, что, несомненно, способствовало упадку инженерного образования.

Далее, необходимо укреплять преподавание физики в школе; это особенно актуально в связи с предполагающимся преобразованием обучения по всему школьному комплексу естественных наук. Значительную роль в этом должна сыграть недавно образованная Ассоциация учителей физики, которая вошла в наше Общество.

С преподаванием физики тесно связано создание системы учебников. До сих пор здесь нет ни должного прогресса, ни порядка, так что помощь Физического общества крайне необходима. Создание учебников физики и стремление повысить общий уровень преподавания усложняется в ряде республик проблемами национального языка. При всей самоценности языковой культуры надо помнить, что нет советской, русской или украинской, физики — есть только мировая наука, и язык для нее — только носитель информации, который должен быть по возможности универсальным. Например, в Скандинавских странах физику преподают на английском языке. Физическое общество должно отстаивать высокий уровень и

универсальность знаний во всех уголках нашей страны.

Резко возрастает значение систематической пропаганды физических и математических знаний. Возможен и нужен поиск новых форм пропаганды, мы должны противостоять той мутной волне мистики, оккультизма и псевдонауки, которая сейчас поднимается. К сожалению, гласностью больше пользуются астрологи, чем астрономы. Это обстоятельство внушает большую тревогу, поскольку в такой обстановке легко не только породить нового Распутина или Лысенко, но и самой науке утратить авторитет и позиции в обществе, в котором дремавшие ранее антинаучные и антиинтеллектуальные настроения, иррационализм резко активизировались в связи с общим кризисом, охватившим страну. Авторитет Академии наук здесь очень важен, но чаще, на мой взгляд, удобнее и действеннее могут быть выступления Физического общества (не лучше ли прицелиться из более легкого и точного орудия нашего калибра, чем палить из «академических» пушек).

Так мы выходим на сложный комплекс морально-этической проблематики, связанной с современной наукой, и физикой в частности. К сожалению, мы плохо подготовлены к дискуссии в этой области и не имеем достаточных традиций. Но в формировании общественного сознания физики должны непременно участвовать. Здесь мы сталкиваемся с проблемой «физика и общество» в одном из наиболее острых ее проявлений.

Далее, одной из основных задач нашего Общества я считаю решение вопросов предпринимательской деятельности в физике — развития, внедрения, кооперации всякого рода производства. Этим ведь тоже никто не занимается: Государственный комитет по науке и технике считает вопросы подобного рода ниже своего достоинства, Академия наук в штыки встречает всякую идею о создании научных кооперативов. Возможно, дело в не совсем удачном названии, речь идет о временных формах объединения по научным интересам и задачам. Они требуют поддерж-

ки и развития как способ внедрения научных разработок. Однако пути решения здесь не столь очевидны. Как наилучшим образом использовать признанный, действительно пока высокий потенциал наших ученых, энергию и знания целого поколения физиков? Видимо, с гораздо большей ответственностью и смелостью необходимо искать новые, действительно эффективные пути реализации достижений физики в практике, и Физическое общество должно обратить на это внимание.

— Один из самых больших для современной науки вопросов — финансирование фундаментальных исследований. Как вы относитесь к прозвучавшему на съезде призыву, чтобы Физическое общество осуществляло контроль за распределением средств на фундаментальные физические исследования?

— Я бы не отнес это к первоочередным задачам Общества. Ведь нужно обладать не столько желанием, сколько необходимым моральным авторитетом. А оттого что мы будем громко кричать, деньги не появятся. Наоборот, так скорее можно внести раскол, что в конечном счете приведет к потерям для науки.

А вот защищать ее образ, помогать выработать правильное отношение к ней — этим Физическое общество, безусловно, должно заниматься. Сегодня нас во многом не удовлетворяет уровень фундаментальных исследований. Состояние физики в известной мере предопределяет развитие многих разделов науки и техники, поэтому физике принадлежит особое место. Сегодня, когда так распространен прагматический, хозрасчетный подход к науке, особенно важно выделить и защитить приоритет фундаментальных исследований. Эту деятельность ни в коем случае нельзя мерить рублем или даже долларом, но необходимо быть достаточно критичными и оценивать достижения в области фундаментальных исследований по высшим мировым меркам. Именно здесь, где нет иных критериев, кроме достаточно абстрактных

критериев высокой истины, особенно важна поддержка общественного мнения как наших коллег, так и международного сообщества ученых.

Наконец, многие современные исследования в области фундаментальной физики требуют сложных и дорогих установок. Всегда ли мы верно определяли приоритеты в этой области, оправданны ли те большие средства, которые страна выделяла на строительство ускорителей и реакторов, плазменных установок и средств исследования космоса? Ведь такие проекты стоят иногда сотни миллионов. Надо объяснить это, причем на доступном уровне, и Верховному Совету, и народным депутатам, среди которых, кстати, немало физиков. Вполне резонен вопрос, почему нужно тратить деньги на ускорители, а не, например, на одноразовые шприцы. Настоятельно нужна независимая экспертиза таких проектов, чтобы убедить всех в их необходимости, подготовить общественное мнение.

Подобные слушания проходят и в конгрессе США. Я сам в качестве эксперта выступал там, рассказывая о «ядерной зиме» вместе с нашими и американскими специалистами, чтобы объяснить сенаторам суть проблемы. И это не единственный случай. Мне рассказывал профессор В. Пановски, один из крупнейших американских физиков, как ему пришлось выступать в сенате и объяснять, зачем нужно строить гигантские ускорители. Речь шла о финансировании Лаборатории им. Э. Ферми. Это был самый крупный ускорительный проект в мире. Против него выступали военные, утверждая, что столь гигантские установки не нужны и лучше вкладывать деньги в авианосцы и ракеты. На это Пановски им возразил: если в США не будет настоящей науки, то не нужны авианосцы и ракеты — что с их помощью защищать? Думаю, нам тоже следует иметь в виду это соображение.

— Сергей Петрович, а знаете ли вы, как сейчас реально распределяются деньги на крупные проекты в науке?

— По-моему, это никому

толком не известно. Я, например, состою в Научном совете по проблемам ускорения заряженных частиц АН СССР; мы обсуждаем проекты в целом, рассматриваем планы, которые корректируются и утверждаются, но надо сказать, что система финансирования крайне неупорядоченная, а главное, скрытая от глаз научной общественности, и практически все сроки сооружения крупных ускорителей оказались нарушены на многие годы.

— Сможет ли Физическое общество внести хоть какую-то ясность в этот вопрос!

— Я бы сказал, что у него есть такой шанс, а получится это или нет, я не знаю, потому что, если оно будет разбито на враждебные группировки, превратится в арену для склок, сведения счетов, защиты интересов отдельных групп, ничего не выйдет. Но если наше Общество окажется достаточно сознательным, созревшим, тогда есть надежда на успех. И гарантией его может быть только социальный опыт, который мы приобретем в процессе деятельности, а также в широком публичном обсуждении всех вопросов.

— Вы не боитесь, что Физическое общество со временем может стать очередной централизованной бюрократической организацией, аппарат которой в итоге будет работать сам на себя, убеждая при этом общественность в своей необходимости!

— Задачи, которые ставит перед собой Общество, нельзя решать старым директивным способом. Поэтому принцип организации Общества должен быть федеративным. В нем мы хотим видеть союз независимых и автономных региональных обществ и отделений в крупных научных центрах и институтах, который объединяет физиков для решения общих задач. Бюрократия же есть инструмент централизма. Поэтому, если мы не будем бюрократическими методами ограничивать деятельность организаций, входящих в состав Обще-

ства, нам все это не грозит. Всесоюзное общество должно делать то, что интересно всем, а локальные вопросы — в области образования, кадров, предпринимательской деятельности — должны решаться на местах, где также необходим переход и на прямые международные связи.

— На съезде, кажется, уже делались попытки предотвратить опасность «обюрокрачивания», когда на предложение выбрать правление Общества, состоящее не более чем из 20 членов, было выдвинуто контрпредложение, призывающее голосовать за максимально возможный состав правления при обязательной ротации его членов!

— Я не согласен с тем, что правление — бюрократический орган; на мой взгляд, это совещательный орган, представляющий съезд для принятия тех или иных решений. Вся жизнь в Обществе, с моей точки зрения, должна проходить в его комиссиях и секциях. А так называемое руководство должно предоставить им соответствующие условия — моральные, финансовые и другие. Единственное, что, может быть, существенно, это возможность влиять на выдвижение тех людей, которым будет поручено то или иное направление в деятельности Общества. Думать же о том, что правление есть инструмент власти, рассматривать его с такой точки зрения, мне кажется крайним упрощением.

— Использовался ли при подготовке Устава и структуры Общества опыт аналогичных организаций за рубежом!

— Безусловно, и в первую очередь Европейского физического общества. Я хорошо его знаю, поскольку ряд лет был в нем представителем от нашей страны и одно время — вице-президентом. Его модель более-менее адекватна нашему Обществу. К сожалению, каналы связи и обмена с ним мы до сих пор использовали не очень эффективно. Так, ЕФО каждые три года уст-

раивает Европейскую физическую ассамблею, на которой даются современные обзоры по всем главным направлениям, мы же посылаем туда в лучшем случае несколько человек. Сколько раз они предлагали провести подобное мероприятие у нас в стране, но за это никому было влезть. Более того, у нас вообще не проходили съезды физиков, Учредительный — первый. К сожалению, на нем не обсуждались научные проблемы, а дискуссия велась в основном вокруг Устава. Физическое общество, несомненно, должно выступать с инициативой проведения конференций, особенно по крупным, междисциплинарным вопросам.

Весьма интересен опыт Американского физического общества — могучей организации, издающей несколько десятков журналов, имеющей свои издательства, экспертные советы, чьи финансы формируются за счет членских взносов и издательской деятельности; она выступает с серьезными общественными инициативами, касающимися, например, популяризации науки. Именно Американское физическое общество выступило с глубокой критикой программы СОИ. Вот пример того, что может сделать независимая, вневедомственная экспертиза. Но для этого нужен неоспоримый авторитет, который можно только завоевывать, а не декларировать.

Американское физическое общество субсидирует и организует крупные конференции и конгрессы, собирающие по несколько тысяч человек. Такие мероприятия очень важны для молодых ученых, которые, во-первых, смогут увидеть своих старших коллег, а во-вторых, имеют шансы выступить и быть замеченными. Вообще, должен подчеркнуть, что необходимо поднимать подвижность наших научных кадров. У нас до последнего времени почти отсутствовали длительные командирование ведущих ученых и преподавателей в крупные научные центры и университеты мира; недостаточен, главным образом из-за финансовых и бюрократических препон, обмен, как внутри страны, так и

с заграницей. Сейчас открываются новые возможности и для стажировки молодых физиков за рубежом, надо думать об организации и координации этой деятельности.

— Конечно, это действенный способ преодоления оторванности и некоторого провинциализма. Однако одновременно возникает ряд проблем, которые мы только начинаем осознать, и среди них — так называемая утечка мозгов. Что вы об этом думаете?

— Это очень серьезный вопрос, он требует особого разговора. То, что у нас в стране пошли на столь важные шаги — исключили практически все препятствия для международного обмена — это великое и благое дело. Несомненно, оно приведет к значительному оздоровлению нашей науки. При этом неизбежны и некоторые издержки, и я бы не стал этого бояться. Но не надо, чтобы возникали излишние эмоции, от которых мы столько уже пострадали в прошлом. С другой стороны, возможно, это заставит гораздо серьезнее относиться к нашим научным кадрам, в особенности молодым, перед которыми сейчас встал выбор — либо работать в своем отечестве на нищенских условиях, либо работать на мировую науку в других странах, где, кстати, уровень нашего образования пока признается высоким (такие учебные заведения, как Московский и Ленинградский университеты, МФТИ, поставляют кадры на мировом уровне). Однако далеко не везде и не всегда условия, в которых работают молодые ученые, соответствуют мировым стандартам. Это и порождает «утечку мозгов». Отсюда вывод — необходимо гораздо бережнее относиться к отечественным научным кадрам, всячески поощрять международные контакты, не ограничивать их, а людям, которые ценятся по мировой шкале ценностей, предоставлять соответствующие условия.

— Сейчас модно говорить об условиях существования, условиях финансирования. Как

решен этот вопрос в нашем Обществе?

— Уставом предусмотрен фонд Физического общества. Он будет складываться в первую очередь из взносов организаций, поощряющих деятельность Общества, мы называем их соучредителями (мне кажется, спонсор — не совсем удачное слово), и из индивидуальных членских взносов. Напомню, что у нас три главных учредителя — Комитет по народному образованию, Академия наук СССР и Союз научных и инженерных обществ (СНИО). При организации Физического общества мы использовали инфраструктуру этого Союза. СНИО оказал нам большую помощь, предоставил определенные финансовые и кадровые возможности, чтобы мы могли начать свою деятельность. В основном же мы рассчитываем на взносы тех институтов и обществ, которые будут с нами взаимодействовать. Такие деньги уже появляются. Кроме того, у самого Общества есть много возможностей зарабатывать деньги: можно проводить научную экспертизу, заниматься издательской деятельностью, готовить учебные пособия, взаимодействовать с научными кооперативами. Но это, конечно, не способ финансирования науки, тем более фундаментальной.

— Уже определен размер индивидуального членского взноса?

— Да, он составит 10 рублей.

— А взнос организаций?

— Как говорится, кто сколько сможет.

— Итак, Физическое общество СССР приступает к работе. С чего же она начнется? За что, на ваш взгляд, нужно браться в первую очередь?

— Главное, правильно расставить приоритеты. Мне кажется, что можно начать с образования; очень важны проблемы молодых ученых; затем — установление связей с научными советами. Интересны междисциплинарные исследования, в

первую очередь связанные с экологией. Современный экологический императив требует комплексного подхода, где физики и химики, математики и системные исследователи, экономисты и социологи должны сообща искать и предлагать решения, готовить общественное мнение, проводить экспертизу проектов, формировать квалифицированные кадры в области, где нет установившихся традиций, а потребность и давление внешних факторов велики. Сюда же я бы отнес и вопросы, связанные с междисциплинарным внедрением. Например, современная физика и медицина: как помочь отечественной медицине выбраться из бедственного положения, каков здесь возможный вклад физиков-экспериментаторов? Наша страна до сих пор не обеспечена рентгеновскими, позитронными и ЯМР-томографами, ультразвуковой диагностической аппаратурой и многими другими достижениями науки и техники. Что же касается военной области, то на повестке дня уже стоят такие научные и технические вопросы, как контроль над вооружением и верификация международных соглашений. Это международная функция науки, где физике принадлежит заметное место.

Думаю, сейчас появится много социальных вопросов. В связи с конверсией оборонной промышленности и уменьшением затрат на оборону возникает проблема, что делать с научным сектором военной промышленности, ведь существует большая армия физиков, работающая в различных «ящиках». Помимо очевидного вопроса об их профессиональном трудоустройстве или перепрофилировании, возникает и более широкая проблема сохранения и эффективного использования этого очень дорогого потенциала.

Что же касается наших самых первых непосредственных действий, то они следующие. Во-первых, нам нужно получить помещение. Затем, и это очень важно, это то, чем мы уже начали заниматься, — формирование комиссий и комитетов. Многое будет зависеть от того, кто в них будет работать,

сможем ли мы найти достойных и активных людей. В начале года намечено провести пленарное заседание правления Общества, где соберутся все представители комиссий, которые, кстати, совершенно не обязательно должны быть членами правления. Через год на новом съезде мы можем расширить прежнее правление, из него выйдут те, кто не работал, а за это время мы, надеюсь, найдем заинтересованных и активных людей. Стремление же заранее все жестко предопределить (это относится и к числу членов правления) — вот это, мне кажется, и есть бюрократизм в худшем его проявлении. Необходимо, чтобы система была гибкой, а Общество смогло самоорганизоваться.

Наконец, очень важно как можно скорее наладить выпуск «Бюллетеня Физического общества СССР».

— Пожалуйста, расскажите об этом немного подробнее: какова платформа этого издания, его основные задачи?

— Нам бы очень хотелось, чтобы со временем «Бюллетень» вырос в журнал типа «Физикс тудэй» или «Бюллетеня Британского физического общества». У нас в стране такого журнала нет, и это тоже одна из главных задач, которую мы ставим перед собой в ближайшее время.

Журнал должен информировать о том, что происходит в физике по тем направлениям, о которых мы говорили в начале беседы, — это вопросы образования, социальных прав физиков, проблема «физика и общество» во всех ее проявлениях, предпринимательская деятельность в физике. Мы не стремимся освещать конкретные научные проблемы, ведь для этого существуют замечательный обзорный журнал «Успехи физических наук», высококлассная система журналов по всем отраслям физики, издаваемая Академией наук (быть может, недостает издания по физике на английском языке). Кроме того, имеются научно-популярные журналы: много пишут о физике «Природа», «Квант», «Физика в школе», даже «Юный

техник». Так пусть они живут и развиваются. Мы же попытаемся создать то, чего в стране пока нет, — научно-социальный физический журнал, в котором бы профессионально обсуждались педагогические, организационные и «человеческие» вопросы физики.

А первый номер журнала я бы открыл таким обращением: «Сегодня наконец, признано, что новые задачи можно решать только на широкой демократической и интеллектуальной основе с участием всех членов семьи физиков, занятых фундаментальными и прикладными исследованиями, подготовкой и воспитанием нашей смены в школе и науке. Но мы всегда должны помнить, что главное — это то, что происходит в лабораториях и аудиториях. Именно там делается физика, и от того, что там происходит, зависит все остальное, что может быть совершено нашим Обществом».

© Беседу вели Ю. Н. Елдышев и Н. Д. Морозова.

НОВОСТИ НАУКИ

Физика

Новый успех в исследованиях по управляемому термоядерному синтезу

На сессии Отделения физики плазмы Американского физического общества 13—17 ноября 1989 г. в г. Лос-Анджелесе объявлено о рекордных параметрах плазмы, полученных на установке JET (Joint European Torus)¹.

JET — самый крупный в мире токамак — построен в Калмзе (Великобритания) совместными усилиями стран ЕЭС и принадлежит Евратому (ос-

новные характеристики установки приведены в таблице). Плазма в ее тороидальной вакуумной камере создается вихревым безэлектродным разрядом и

Основные параметры установки JET

Большой радиус тора	2,96 м
Малый радиус плазменного тора	1,25 м
Вытянутость поперечного сечения	1,7
Магнитное поле на радиусе 2,96 м	до 3,4 Т
Ток в плазме	до 7 МА
Мощность дополнительного нагрева:	
инжекцией быстрых атомов	до 20 МВт
ионно-циклотронными волнами	до 30 МВт
нижне-гибридными волнами	до 10 МВт

¹ Bull. of the American Phys. Society. 1989. Vol. 34. No 9. P. 1912.

нагревается разнообразными способами: инжекцией потоков атомов дейтерия с энергией 80 кэВ и мощностью до 20 МВт, возбуждением и поглощением волн ВЧ- и СВЧ-диапазонов (в экспериментах использовалась только инжекция быстрых атомов).

Сильно вытянутое по вертикали поперечное сечение плазменного шнура обеспечивает конфигурацию магнитного поля, локализирующую взаимодействие плазмы со стенками камеры в определенном, защищенном графитовыми пластинами месте (диверторе), и ослабляющую ее охлаждение примесями, которые поступают со стенок. Благодаря этому на установке JET уже давно было получено хорошее удержание горячей плазмы.

Новый успех достигнут благодаря дальнейшему ослаблению взаимодействия между плазмой и стенками камеры путем напыления на всю поверхность камеры, включая графитовые пластины дивертора, тонкой пленки бериллия — металла, который меньше распадается под действием плазмы, чем углерод, меньше излучает энергию и меньше охлаждает плазму, попав в нее. Кроме того, свежий бериллий эффективно удаляет из камеры кислород (сорбируя его на стенках). За счет этого удалось получить достаточно чистую плазму, в которой плотность дейтерия составляла более 80 % от плотности электронов.

При токе в плазменном шнуре 4 МА, магнитном поле 2,8 Т и мощности дополнительного нагрева инжекцией быстрых атомов 16 МВт (основным является омический нагрев плазмы протекающим током — его мощность составляла 1 МВт) были достигнуты следующие параметры плазмы: плотность электронов на оси шнура $n = 4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$; температура

электронов на оси шнура $T_e = 8,6 \text{ кэВ}$; плотность дейтронов на оси шнура $3,7 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$; температура дейтронов на оси шнура $T_d = 22 \text{ кэВ}$; время удержания энергии в плазме $\tau = 1,1 \text{ с}$. Таким образом, производство пт, определяющее возможность получения полезной энергии при термоядерном синтезе, достигло значения $4,4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3} \text{ с}$, причем в отличие от других установок, оно получено не для относительно «холодной» плазмы, а для плазмы с температурой, достаточной для осуществления управляемого синтеза. Так как эксперимент проводился с дейтерием, в плазме наблюдались реакции синтеза D—D с генерацией протонов, нейтронов, тритонов и ядер ^3He . Поток нейтронов достиг 10^{16} с^{-1} , а мощность, выделяемая в термоядерных реакциях, приблизилась к 50 кВт (примерно 60 % генерировалось в соударениях быстрых атомов инжектируемого пучка дейтерия с термализованными дейтронами плазменного шнура).

Если бы эксперимент проводился не с дейтериевой плазмой, а со смесью дейтерия и трития (в равных количествах), мощность термоядерных реакций превысила бы 12 МВт, что вызвало бы заметную активацию установки и сильно осложнило бы дальнейшие работы. Поэтому пока эксперименты ведут с чистым дейтерием, хотя тритиевый эксперимент планируется в недалеком будущем и к нему интенсивно готовят-ся.

Важность полученного результата можно лучше понять, если рассмотреть изменение параметров плазмы во времени (в эксперименте ее состояние было нестационарным). С начала импульса 10 с росла температура, энергия плазмы и генерируемая термоядерная мощность, причем скорость увели-

чения энергосодержания плазмы (в момент максимума термоядерного энерговыделения) составляла $dW/dt = 8 \text{ МВт}$, т.е. из полной мощности нагрева плазмы $P_h = 16 + 1 = 17 \text{ МВт}$ 9 МВт тратились на компенсацию тепловых потерь, а остальные — на изменение ее параметров. Таким образом, если бы эксперимент проводился с D—T-плазмой, в стационарных условиях было бы достигнуто положительное энерговыделение — при мощности нагрева, нужной для поддержания стационарного состояния, энерговыделение (P_i) достигло бы 12 МВт, т.е. коэффициент усиления по мощности составил бы

$$Q = P_i / (P_h - dW/dt) = 1,3.$$

В экспериментах, однако, стационарного состояния достичь не удалось. Через 11 с плазма «содрала» бериллиевую пленку с дивертора и графит нагрелся настолько, что началось интенсивное поступление углерода в плазму, сопровождающееся ее быстрым охлаждением. Сейчас графитовые пластины заменили массивными бериллиевыми, которые полностью устраняют «графитовую» катастрофу. Будущие эксперименты покажут, насколько удастся продвинуться на JET к термоядерному зажиганию — саморазогреву плазмы продуктами реакции. Это требует увеличения пт примерно в 5 раз, однако уже сегодня ясно, что при переходе к D—T-плазме JET выполнит поставленную задачу — достичь $Q > 1$ и открыть путь к созданию экспериментального термоядерного реактора в следующем десятилетии.

© В. А. Чупанов,
доктор физико-математических наук
Москва

НАШ ДОБРЖАНСКИЙ



90-летие со дня рождения Феодосия Григорьевича Добржанского¹, одного из крупнейших биологов современности, генетика и эволюциониста широко отмечают наши американские коллеги, считающие Добржанского своим, американским ученым. Действительно, во всех отечественных справочниках можно прочесть, что Добржанский — американский генетик, один из создателей экспериментальной генетики популяций и синтетической теории эволюции. А между тем это не совсем так. Волею судьбы оказавшись в одной из ведущих генетических лабораторий мира, возглавляемой создателем хромосомной теории наследственности Т. Морганом, и впитав идеи своих учителей — крупнейших русских натуралистов В. И. Вернадского, Н. И. Вавилова, С. С. Четверикова, Ю. А. Филипченко, он сумел подойти к созданию синтетической теории эволюции, объединив опыт отечественной и американской биологических школ.

К сожалению, в советской науковедческой литературе до сих пор нет сколько-нибудь развернутого обзора жизни и деятельности нашего выдающегося соотечественника. В этой публикации мы попытаемся восполнить такой пробел, предложив читателям научно-биографический очерк и неизвестные ранее архивные документы (письма Добржанского и Вернадского), повествующие о неразрывной связи Добржанского с отечественной биологической школой.

¹ В литературе встречается написание Добржанский, происходящее, видимо, от обратного перевода с английского Dobzhansky.

Классик

Я. М. Галл,

доктор биологических наук

М. Б. Конашев,

кандидат биологических наук

Ленинградский отдел Института истории естествознания и техники АН СССР

О КЛАССИКАХ принято писать с пиететом, перечисляя всевозможные достоинства, удостоверяющие, что классик действительно таковым и является. А в том, что Феодосий Григорьевич Добржанский — классик генетики, сомнений нет. Уже в 12 лет он хочет стать биологом, а в 15 лет чтение «Происхождения видов» Ч. Дарвина предвещает его жизнь и судьбу. В юности он знакомится с выдающимся мыслителем XX в. В. И. Вернадским, оказавшим огромное влияние на формирование будущего ученого. Непостижимая энергия Добржанского сочеталась со строгой дисциплиной в работе, феноменальная память и широчайшие знания — с творческим воображением и интересами к самым различным областям человеческой деятельности. Он превосходно знал русскую историю и литературу, музыку Баха и Бетховена, свободно владел шестью языками, любил путешествовать и встречаться с самыми разными людьми, обладал в достатке чувством юмора и иронией, а самое главное, внес свой выдающийся вклад в науку. Правда, остается нечто, что никак не удастся втиснуть в рамки добропорядочного стиля биографического очерка о замечательном ученом.

Во-первых, сама фигура: какие определения ни примеривай, все что-то не то и как-то не так. Начать с того, что, по сути, надо бы писать «советско-американский» ученый, но всякий здравомыслящий читатель скажет, что это бессмыслица. А тем не менее это так: даже не принимая во внимание, что Добржанский работал и в советских, и в американских научных учреждениях, следует признать, что заслуги его в генетике и эволюционной теории — это результат труда ученого, соединившего в неразрывное целое идеи, традиции и методы советских и американских натуралистов.

Во-вторых, очень трудно на таком примере воспитывать подрастающее поколение. В начале 30-х годов Добржанский стал «невозвращенцем». В наше время это воспринимается как шаг, который можно понять и

простить. Но тогда все было не так: даже задержка Добржанского в США после официальной командировки уже рассматривалась как преступление. Да и сегодня некоторые вряд ли одобряют то, что о Добржанском начинают вспоминать как и о многих других наших соотечественниках, чьи имена и дела надолго были изъяты из нашей истории и как бы не существовали вовсе.

На жизнь и судьбу Добржанского можно и нужно посмотреть не только с точки зрения «ученый и общество», но и с точки зрения «общество и ученый». То, что Добржанский не смог вернуться, а если бы вернулся, окончил жизнь в лагерях или, в лучшем случае, не реализовал бы всех своих возможностей, — это трагедия не только ученого, но и всего общества. Судьба Добржанского, как и судьбы многих других ученых — повод для закономерных вопросов: каково было то общество, в которое он не смог вернуться, почему оно стало таким?

Разумеется, исчерпывающие ответы на них невозможно дать и в самой обстоятельной статье. Но одно очевидно: без стремления к этому не удастся добиться ренессанса советской науки и написать ее подлинную историю.

ЛИЧНЫЙ ЛИСТОК ПО УЧЕТУ КАДРОВ

Ни один советский трудящийся не обходится без заполнения «Личного листка по учету кадров» и написания автобиографии. Как бы ни относились к этим документам противники бюрократии, в них фиксируются определенные вехи должностного и, косвенно, научного роста ученого, некоторые другие штрихи его биографии. Факты можно интерпретировать, представить в определенном свете, связать (или не связать) с другими фактами, наконец, скрыть часть из них, иногда самую большую и самую важную, но как бы то ни было — они основа, на которой воссоздается истина или фабрикуется ложь. Так что целесообразно начать с перечисления фактов в духе «личного листка».

Ф. Г. Добржанский родился 25 (12) января 1900 г. в небольшом провинциальном



Сотрудники кафедры генетики Ленинградского университета: сидят (слева направо) — Е. П. Гогейзель (в замужестве Радтабли), Ю. А. Филиппенко, Н. П. Сиверцева (в замужестве Добржанская); стоят — Ю. Я. Керкис, Г. И. Шпет, [I] Иванов, Ф. Г. Добржанский, Т. К. Лепин, Ю. Л. Горощенко, М. М. Левит. Ленинград, 1926—1927 гг.

городке Немирове на Украине. В 1917 г. окончил 6-ую киевскую гимназию, а затем физико-математический факультет Киевского университета. В 1920—1923 гг. — ассистент кафедры зоологии сельскохозяйственного факультета Киевского политехнического института, с 1924 г. — ассистент кафедры генетики Ленинградского университета, с 1925 г. — ученый специалист отдела генетики Комиссии по изучению естественных производительных сил России (КЕПС) при АН. В 1927 г. командирован в США во всемирно известную лабораторию Т. Моргана на 1 год. Благодаря помощи Ю. А. Филиппенко и Моргана командировку удастся продлить до 1930 г. Но Добржанский не может вернуться к назначенному сроку — не закончена начатая работа. Взвесив все «за» и «против», он принимает решение: отказывается от предложения Вавилова занять должность ученого специалиста в Генетической лаборатории АН СССР и остается в США. Из переписки

тех лет с Вавиловым видно, как трудно далось такое решение. Строчки из письма от 10 августа 1931 г. говорят сами за себя: «К грусти вижу, что и на этот раз дело не вышло... Судя по Вашему письму, от меня потребовалось бы то, что я не могу дать. В самом деле, для того, чтобы жить, мне потребовалось бы подрабатывать писанием. Это еще бы ничего, в конце концов многие так живут. Но вот те требования о стиле и характере писания, о которых Вы говорите, делают для меня положение невозможным. С этим стилем я не знаком, а поскольку знаком — чувствую себя не в силах ни его принять, ни даже под него подделываться. А к тому же, ясное дело, и лабораторию надо вести в том же духе. Значит, с первых же шагов — неприятности, унижения и прочее... При всем моем уважении к Вам лично, при всем моем искреннем желании работать в Академии наук, а не здесь (знаю, что в искренности этого желания многие сомневаются, но это их дело — я говорю, что думаю), вижу, что из этого ничего не выйдет. Написать это письмо мне было не легко, но его не написать было бы еще хуже»¹.

Вторая часть биографии принадлежит

¹ ЦГАНТД. Ленинград. Ф. 218. Оп. 1—1. Д. 371. Л. 175.

уже американскому ученому. Последовав в 1928 г. за Морганом из Колумбийского университета в Калифорнийский технологический институт, Добржанский в 1929 г. становится ассистентом по курсу генетики, а в 1936 г. — профессором генетики. В 1937 г. он получил гражданство США. В 1940—1962 гг. — профессор зоологии в Колумбийском университете, в 1962—1970 гг. — профессор Рокфеллеровского университета, с 1971 г. — адъюнкт-профессор в Калифорнийском университете.

Добржанский избирался президентом шести и членом десяти научных обществ, членом многих академий, в том числе Национальной академии наук США и Лондонского королевского общества, почетным доктором 21 университета. В 1958 г. он был удостоен Кимберовской премии за выдающиеся достижения в области генетики, а в 1964 г. — высшей научной награды США Национальной медали за научные достижения.

ПЕРВЫЕ ШАГИ

Все началось еще в Немирове с коллекционирования бабочек. Позже, в Киеве, Добржанский стал серьезно заниматься энтомологией, и в 1917 г. появилась его первая научная статья с описанием нового вида божьей коровки (*Coccinella*) из окрестностей Киева. Этот объект надолго остается предметом пристального внимания молодого исследователя: с 1922 по 1927 г. им опубликовано 18 работ, посвященных изучению природных популяций божьей коровки².

Одновременно Добржанский приступает к лабораторным исследованиям по генетике дрозофилы. Изучая генетическую детерминацию половых признаков, он подтвердил плейотропный эффект генов, т. е. множественность действия каждого гена на признак.

Исследования природных популяций божьих коровок и экспериментальных популяций дрозофилы дополняли друг друга. Хотя объекты исследований и их непосредственные задачи были разными, они стали той почвой, на которой впоследствии возросли ростки теории микроэволюции. Идеи Четверикова и собственные результаты привели Добржанского к заключению, что «расы»

и местные популяции обладают изменчивостью, имеющей именно менделевскую природу, а дифференциация этих популяций и расообразование и есть начало видообразования. Эти работы убедили Добржанского в неудовлетворительности общепринятой тогда среди систематиков морфологической концепции вида, в необходимости искать решение проблемы вида в исследовании генетических механизмов, создающих репродуктивные барьеры между ними. Тем самым Добржанскому с самого начала удалось соединить два подхода — традиционные для биологов-натуралистов полевые исследования и новый, характерный для генетики, экспериментальный метод. Этот принцип взаимодополняющих исследований был им развит в последующем, особенно в 40-е годы.

В 20-е годы в СССР между сторонниками механоламаркизма и их противниками шла дискуссия о наследовании приобретенных признаков. Ряд генетиков и некоторые философы аргументированно и детально критиковали механоламаркизм. К их числу принадлежал и Добржанский, который показал научную несостоятельность механоламаркизма, определив, в частности, условия экспериментов по проверке наследования приобретенных признаков и доказав, что именно несоблюдение этих условий позволяло утверждать об «экспериментальном» доказательстве такого наследования³.

В 1926 и 1927 гг. Добржанский участвовал в научных экспедициях КЕПСа по изучению генетики домашних животных в Средней Азии. К тому времени зоотехнические исследования стали важным направлением работы кафедры генетики Ленинградского университета и предметом особой заботы ее заведующего Ю. А. Филиппенко. Пристрастия Добржанского уже были полностью связаны с дрозофилой, и отправляться в зоотехнические экспедиции его понуждал скорее «долг службы» и стесненные материальные обстоятельства, чем собственное желание. Однако приобретенный экспедиционный опыт помог позднее Добржанскому в его экспедициях по Северной и Южной Америке, а верховая езда стала любимым занятием в краткие минуты отдыха.

Таким образом, в США Добржанский уезжал уже не только сформировавшимся систематиком, натуралистом и классическим генетиком, но и биологом-эволюционистом с собственным, вполне определившимся взглядом на основные проблемы эволюции.

² Добржанский Ф. Г. Описание нового вида рода *Coccinella* из окрестностей Киева // Материалы к познанию фауны Юго-Западной России. 1917. Т. 2. С. 46—47. Библиографию почти всех работ Добржанского, опубликованных при его жизни и в первый год после его смерти, см.: *Evolutionary Biology*. Vol. 9. N. Y.; L., 1976. P. 413—448.

³ Добржанский Ф. Г. Что и как наследуется у живых существ? Л., 1925.



На кафедре зоологии Киевского университета: сидят (слева направо) — М. М. Левит, Ф. Г. Добржанский, А. Г. Лебедев, (!) Грезе, Г. И. Шпет; стоят — (!) Иванов, (!), Ю. Я. Керкис. Киев, 1923 г.

Об этом, в частности, свидетельствуют его споры с Филипченко, считавшим, что генетика не способна помочь в объяснении процессов видообразования и макроразвития.

В ЛАБОРАТОРИИ МОРГАНА

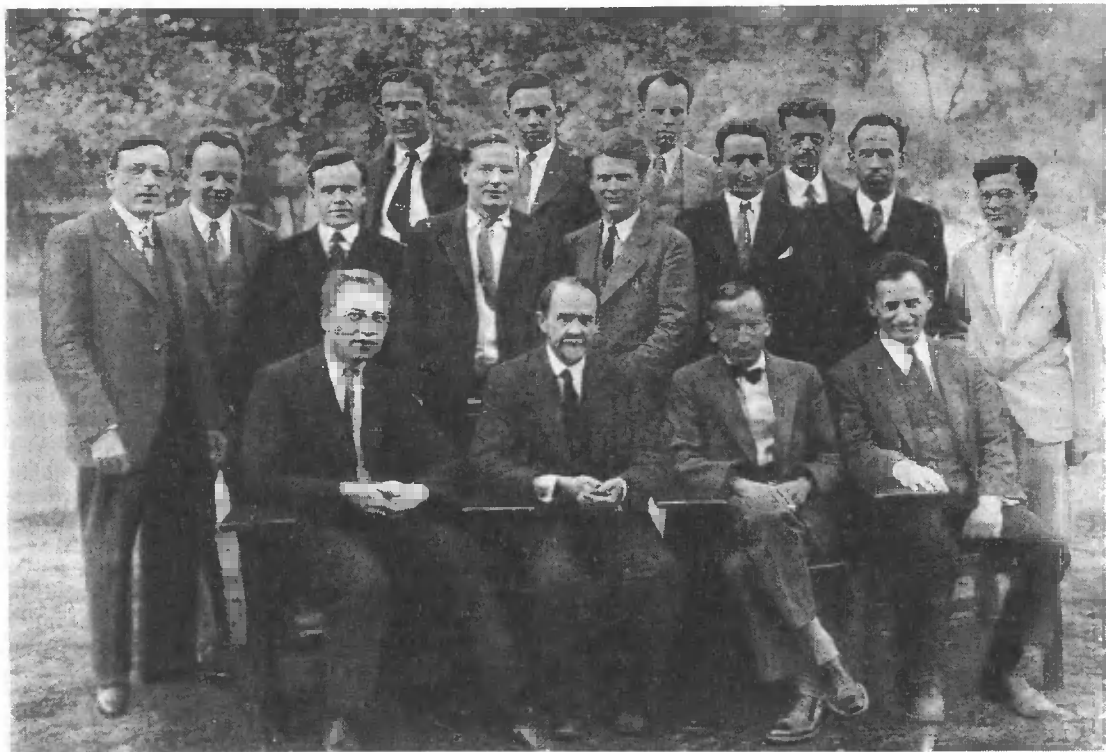
Морган был настоящим кумиром Добржанского. Каково же было его изумление и в первый момент даже разочарование, когда он обнаружил, что «бог» и его «ангелы» — К. Бриджес, А. Стертевант, А. Вейнштейн (к тому времени Г. Меллер уже отделился от морганистской школы) сидят в тесном помещении, никакого сверхъестественного оборудования не имеют, работают в знакомых, «земных» условиях. Но именно в этих условиях и были сделаны всемирно известные работы. Правда, когда Морган с сотрудниками переехали в Калифорнийский технологический институт, положение заметно улучшилось. Романтическое отношение к «боссу» сменилось у Добржанского более трезвым, но и более глубоким чувством.

Независимость в суждениях и острый язык несколько не помешали Добржанскому скоро стать полноправным членом морганистской лаборатории. Особенно дружеские отношения у него установились со Стертевантом.

Лаборатория Морганов представляла собой великолепную школу классической генетики, но отношение к эволюционным проблемам здесь было весьма прохладным. Хотя сам Морган написал несколько книг по эволюции⁴, он всегда скептически относился к эволюционной теории, а его трактовка эволюционных механизмов была крайне упрощенной и непоследовательной, характерной для многих генетиков того времени. Сотрудники Морганов в основном разделяли эволюционные взгляды своего учителя, в частности его интерпретацию отбора как сита, сохраняющего только редкие адаптивные мутации.

Однако Добржанский, работая в области классической генетики, постоянно держал в уме эволюционные проблемы и следил за литературой в этой области. Здесь его интересы совпадали с его обязанностями: в лаборатории он отвечал за просмотр

⁴ См., напр.: Экспериментальные основы эволюции. М., 1936.



В лаборатории Моргана: второй в нижнем ряду (слева направо) Т. Морган, во втором ряду второй Ф. Г. Добржанский, третий Г. Д. Карпеченко. Пасадина, 1929 г.

и отбор литературы, приходившей из СССР, и был в курсе всех последних достижений советских исследователей. Поэтому вряд ли удивительно, что уже в 1935 г., явно не занимаясь эволюционной проблематикой, он предлагает новое понимание вида, согласно которому вид формируется на такой стадии эволюционного процесса, «на которой прежние актуально или потенциально свободно скрещиваемые формы становятся разделенными на две или более отдельные группы, теперь уже не способные физиологически к скрещиванию друг с другом»⁵. Тогда же он вводит понятие изолирующих механизмов как фактора, препятствующего обмену генами между видами. Строгое терминологическое обоснование этому понятию он дает чуть позже.

Это определение вида послужило отправной точкой для новой, биологической концепции вида, активно разрабатывающей-

ся уже в 40-е годы Э. Майром, Г. Стеббинсом и другими учеными, и современного понимания всего эволюционного процесса.

ПРОГРАММА ЭВОЛЮЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основе лекций, прочитанных в октябре 1936 г. в Колумбийском университете, Добржанский пишет «Генетику и происхождение видов»⁶ — книгу, которая «может рассматриваться как двойник труда Дарвина „Происхождение видов“ в двадцатом столетии»⁷.

В ней, опираясь на данные классической генетики и генетики развития, Добржанский проанализировал такие важные с точки зрения теории микроэволюции вопросы, как характер мутаций генов, их частоту, степень фенотипического проявления. На основе экспериментальных данных, в особенности Н. В. Тимофеева-Ресовского по жизнеспособности мутантов, Добржанский доказал несостоятельность всех аргументов, выдвигавшихся против малых мутаций как исходного

⁶ Dobzhansky Th. *Genetics and the Origin of Species*. N. Y., 1937. P. 235.

⁷ Ayala F. J. // *J. Heredity*. 1977. P. 3.

⁵ Dobzhansky Th. // *Phil. Sci.* 1935. Vol. 2. P. 354.

эволюционного материала и показал, что сами эти аргументы были порождены непониманием или чрезмерно упрощенным пониманием взаимодействия наследственности и среды. Он подкреплял вывод об эволюционном значении мутаций анализом внутрипопуляционной и межпопуляционной изменчивости, основанном на огромном материале исследований Ф. Сэмнера, Г. Крэмптона, Э. Майра, Р. Гольдшмидта, Э. Бауэра и многих других.

Добржанский не только проанализировал роль отдельных факторов эволюции и их взаимодействия, но и, исходя из идей Четверикова о том, что вид, «подобно губке», впитывает в себя генетические изменения, создавая огромный запас наследственной изменчивости, впервые соединил данные, полученные в результате исследований экспериментальных и природных популяций, и данные классической генетики с теоретическими моделями и выводами математического направления в популяционной генетике, опираясь преимущественно на работы С. Райта.

Большое внимание уделил Добржанский участию изолирующих механизмов в видообразовании. Именно формирование географических, физиологических или репродуктивных изолирующих механизмов и определяет видовой статус популяции. «Лишь после того, как Добржанский ввел термин „изолирующие механизмы“ и посвятил им целую главу в своем классическом труде „Генетика и происхождение видов“ (1937), эволюционисты признали огромную важность этих механизмов»⁸.

Доказав адаптивный характер микроэволюционных преобразований популяций на основе обобщения исследований, демонстрировавших реальность и эффективность отбора, а также проанализировав генетические механизмы этих преобразований, Добржанский сформулировал новую биологическую концепцию вида и заложил основы учения об изолирующих механизмах.

Сознание необходимости принципиальных теоретических обобщений, как говорится, витало в воздухе. Причем понимали это не только генетики. Достаточно упомянуть систематика Э. Майра и палеонтолога Дж. Симпсона. Сходные теоретические положения содержали работы Дж. Хаксли и И. И. Шмальгаузена⁹. Но Добржанский ока-

зался на шаг впереди других, и его книга послужила своеобразным «катализатором» для тех ученых, эволюционные идеи которых только начинали формироваться или уже приобрели почти законченную форму. Появившиеся в 40-х годах основополагающие эволюционные труды основывались на концепции микроэволюции. Кроме того, определенная организационная перестройка эволюционных исследований на основе этой теории послужила толчком к созданию в 1946 г. «Общества по изучению эволюции» и журнала «Evolution», первым редактором которого стал Э. Майр.

Изложенная в книге теория микроэволюции стала своеобразной программой изучения изменений генетической структуры популяций под воздействием эволюционных факторов в нескольких направлениях, реализованной в 40—50-х годах. Исследовательской программой на 60—70-е годы для большинства эволюционных биологов стало 3-е издание книги Добржанского (1951), в котором отражена большая убежденность в эффективности естественного отбора и адаптивности преобладающей части эволюционных изменений.

«ЗОЛОТОЙ ВЕК» СИНТЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ЭВОЛЮЦИИ

Среди генетиков и натуралистов несколько десятилетий шла острая дискуссия о значении генетики для понимания эволюции, в особенности проблем отбора, видообразования и макроэволюционных процессов. Единство механизмов микро- и макроэволюции, доказанное Добржанским, в значительной мере определило создание синтетической теории эволюции, получившее в англоязычной литературе название «большого синтеза» или «золотого века» синтетической теории.

Уже к середине 30-х годов одним из наиболее перспективных направлений стало изучение хромосомных мутаций, в особенности инверсий. Благодаря классической генетике хромосомы ряда экспериментальных объектов и, в первую очередь дрозофилы, были хорошо исследованы. С ними было удобно работать, легче анализировать динамику изменчивости в популяциях.

Тогда же Добржанский и Стертевант открыли хромосомный полиморфизм и у дрозофилы. Они полагали, что данный тип полиморфизма адаптивно нейтрален, следовательно, поддерживается генетическим

⁸ Майр Э. Популяции, виды и эволюция. М., 1974. С. 67.

⁹ Mayr E. How I Became a Darwinian // The Evolutionary Synthesis: Perspectives on the Unification of Biology. L., 1980; Huxley J. S. Evolution, the Modern

Synthesis. N. Y., 1943; Шмальгаузен И. И. Пути и закономерности эволюционного процесса. М., 1939.

дрейфом. Однако уже в начале 40-х годов на различных природных популяциях дрозофилы было показано, что носители разных типов инверсий отличаются жизнеспособностью при изменении температуры и других факторов среды. Сравнивая экспериментальные данные с географическим распространением разных типов инверсий в природных популяциях, Добржанский пришел к выводу, что не генетический дрейф, а естественный отбор поддерживает хромосомный полиморфизм природных популяций. При чем генетическая гетерогенность популяций непосредственно связана с разнообразием их среды обитания.

При выяснении этой экологической гетерогенности Добржанский исследовал комплекс близкородственных видов *Drosophila willistoni* и установил сложные и тонкие зависимости между степенью хромосомного полиморфизма популяций и разнообразием среды. Кроме того, в конце 30-х — начале 40-х годов хромосомные инверсии были использованы Добржанским в совместных работах со Стертевантом для разработки метода, позволяющего реконструировать филогенез некоторых видов дрозофилы.

Одновременно с исследованием хромосомной изменчивости на тех же природных и лабораторных популяциях Добржанский, развивая идеи Четверикова, начал исследование генной изменчивости, стремясь выявить ее размах в природных популяциях и определить ту ее часть, которую составляют летальные и другие вредные мутации. Используя гены, имеющие жизненно важное значение для организма, Добржанский показал, что изменение приспособленности отдельного индивида и популяции в целом происходит непрерывно вследствие непрерывного обновления огромного запаса генной изменчивости в популяциях. Каждый индивид несет рецессивные или частично доминантные гены, дающие негативные эффекты в гомозиготном состоянии. Различные популяции и виды характеризуются разной степенью генной гетерозиготности, зависящей как от численности и других количественных характеристик генетической структуры популяций, так и от экологических характеристик вида.

Исследования хромосомной и генной изменчивости составили экспериментальную основу концепции «балансовой структуры» популяций, разработанной Добржанским и Уоллесом в середине 50-х годов. Классическая теория генетической структуры популяции, сформулированная Меллером, допускала, что существует один «нормальный» генотип каждого вида или популяции, несущий

«нормальные» гены, так что отклонения от него в ту или иную сторону ухудшают структуру. Концепция же Добржанского о селективном балансе, основанная на полиморфизме, рассматривает генетическую структуру популяций как множество аллелей, ни один из которых не может быть признан основным и абсолютно нормальным. Нет четких границ между генетической «элитой» и генетическим грузом. При изменении среды обитания генотипы переходят от одного противоположного класса к другому. Этот большой запас изменчивости природных популяций, обитающих на разных континентах, как правило, поддерживается различными формами сбалансированного отбора: отбора в пользу гетерозигот, отбора, действующего на несколько классов генотипов. Широкая генетическая изменчивость может служить как стабилизирующим фактором, страхующим популяцию от вымирания при разных изменениях в среде обитания, так и материалом для новых эволюционных изменений.

В 50-е годы Добржанский вернулся к изучению изолирующих механизмов. Для доказательства роли отбора в создании репродуктивной изоляции был поставлен эксперимент, в котором моделировалось образование новых видов на основе действия отбора в сторону репродуктивной изоляции между скрещивающимися в природе формами. Эта кропотливая работа свидетельствовала, что направленный отбор значительно ускоряет эволюцию. Исследования доказали также, что изолирующие механизмы представляют собой комплекс из дополняющих друг друга форм изоляции, обеспечивающих целостность генофонда вида.

Результаты, полученные в экспериментальных исследованиях, были использованы Добржанским при переработке последующих изданий «Генетики и происхождения видов». Последняя редакция была столь значительна, что Добржанский вынужден был назвать книгу «Генетика эволюционного процесса» (1970). Таким образом, главный труд жизни Добржанского — «Генетика и происхождение видов» составил своеобразную серию, отразившую изменения в эволюционной теории. Каждое издание этой серии считается образцом освещения генетических аспектов эволюционного процесса.

ФИЛОСОФИЯ ГУМАНИЗМА

Главной во многих работах Добржанского, посвященных генетике и эволюции человека, была мысль о том, что биологические, в том числе и расовые, различия



Дом, где жили Добржанские в Ленинграде в 20-е годы. Вход со Стрельнянской.

между людьми, не только не мешают действительному человеческому равенству, но, напротив, представляют собой своего рода предпосылку этого равенства, выявления и развития всего богатства человеческих способностей. Предпосылка эта, в частности, состоит в том, что уже на начальном этапе эволюции человек оказался «генетически специализирован быть неспециализированным»¹⁰, т. е. универсальным существом.

При этом Добржанский подчеркивал, что проблемы равенства, справедливости и т. п. — социальные, а не биологические и должны решаться соответствующим образом. Он критиковал концепции и взгляды ученых, пытавшихся объяснить социальные и этические явления генетической или биологической предопределенностью. Не анализируя социальные условия, при которых возникли расистские, социал-дарвинистские и тому подобные концепции, Добржанский отмечал, что такие «теории» весьма удобны для реакционной политики. Свою задачу ученого он видел в разоблачении «научности» таких «теорий», попыток дать им «добро» от имени генетики, эволюционизма и антропологии. На основе микроэволюционной теории, используя разнообразные дан-

ные о современных расах человека и его предках, он сумел доказать, что человек на протяжении всей своей эволюции был единым политипическим видом, что все рассуждения о биологической неполноценности или отставании одних и превосходстве других рас абсолютно ненаучны. Эти взгляды Добржанского на природу человека и его происхождение были прямым продолжением его эволюционно-генетических воззрений.

Сравнительно поздно, в основном в 60-е годы, Добржанский обратился к актуальным философским и гуманитарным аспектам эволюционной теории. В первую очередь его интересовало то качественно новое, что вносит эволюционная теория в методологию науки, в философию и мировоззрение. Анализируя проблемы редукционизма, случайности и необходимости в эволюции, детерминизма эволюционного процесса, его уникальности, необратимости и направленности, Добржанский пришел к заключению, что эволюционная теория не укладывается в те традиционные представления о теории и науке, которые долгое время доминировали в западной (особенно американской) философии науки. Под влиянием работ Добржанского и других эволюционистов в философии и методологии науки произошла переориентация с физики на биологию, особенно проявившаяся в последних работах К. Поппера и Д. Халла. Это свидетельствует также о том, что эволюционная теория в последней четверти XX в. оказалась на качественно новом этапе своего развития.

Добржанский заинтересованно и недогоматично относился к новым, оригинальным общебиологическим и философским идеям, органически включая их в собственную эволюционную и гуманистическую картину мира. Об этом свидетельствует его отношение к концепциям Ж. Моно и Тейяра де Шардена. Не соглашаясь с трактовкой Моно проблемы случайности и необходимости, Добржанский в то же время писал, что не встречал «более очаровательной и толкающей на размышления книги, написанной современным биологом»¹¹. Моно, в отличие от большинства ученых, попытался «сформулировать для себя и других» то, как его наука «вписывается в широкий контур культуры и общества»¹².

Стремление Добржанского высветить и развить то положительное, что заключено в иной точке зрения, еще отчетливее предстает в его отношении к идеям Тейяра де Шар-

¹⁰ Dobzhansky Th. Genetic Entitise in Hominid Evolution // Classification and Human Evolution. Chicago, 1963. P. 359.

¹¹ Dobzhansky Th. // Science. 1972. Vol. 175. P. 50.

¹² Ibid. P. 49.

дена¹³. Нельзя правильно понять и оценить эти идеи, если не учитывать того, что Тейяр де Шарден одновременно был ученым и христианским мистиком, поэтом и метафизиком, и пытаться искусственно отделить одно от другого — «неверно видеть в трудах Шардена попытку вывести свои религиозные верования из своей науки или доказать их при помощи науки. То, что он пытается сделать — это включить свою науку в свой тотальный взгляд на мир, который в основном религиозен»¹⁴.

ЛУЧШАЯ ФОРМА РАБОТЫ — КООПЕРАЦИЯ

Добржанский всегда любил научную кооперацию в широком смысле слова и всегда способствовал объединению усилий, их концентрации на главных, наиболее актуальных проблемах эволюции. Прежде всего, сама лаборатория Добржанского была своего рода «Меккой» для генетиков всего мира. «Для выдающихся американских и европейских биологов, приезжавших в страну или покидавших ее через Нью-Йорк, посещение генетических лабораторий в Колумбийском университете было чем-то само собой разумеющимся»¹⁵. Более того, Добржанский превратил свою лабораторию в генетический микроколледж, подготовивший свыше трех десятков выдающихся генетиков-эволюционистов со всех концов света, в том числе Б. Уоллеса, Дж. Мура, Р. Левонтина, Ф. Айялу, продолжив тем самым моргановскую традицию, но уже на иных, популяционных принципах. Ученики Добржанского остались и в СССР: Ю. Я. Керкис, Я. Я. Лус, Н. Н. Медведев, Ю. Л. Горощенко.

Исследовательские программы Добржанского могли быть реализованы лишь в условиях широкой кооперации с привлечением большого числа ученых из разных стран. Сам он играл в таком интернациональном ансамбле роли и дирижера, и исполнителя, поэтому большинство работ в серии «Генетика природных популяций» — работы коллективные, причем в некоторых из них Добржанский сознательно отходил на второй план. Он был одним из главных инициаторов создания и соредактором первых 8 томов «Эволюционной биологии», выходящей почти ежегодно с 1967 г., соавтором «Эволюции»

и «Исследований по философии биологии», а также целого ряда коллективных работ по вопросам генетики и эволюции человека¹⁶.

Наука неделима и в разделенном мире. Искусственные барьеры, где бы и кем бы они ни воздвигались, рано или поздно разрушаются. Естественные, т. е. необходимые, связи, даже будучи насильственно прерванными, все равно восстанавливаются. Когда это стало возможным, восстановилась переписка между Добржанским и соотечественниками, появлялись все новые и новые адресаты на родине. Добржанский всегда был рад встречам с советскими учеными на международных конгрессах или в период их пребывания в научных командировках в США. Он постоянно следил за развитием генетики в СССР, да и вообще за всем, происходящим на родине. Превосходно зная советскую литературу по генетике и эволюционной теории, он активно пропагандировал достижения советской научной мысли, в чем можно убедиться, даже взглянув на библиографии в его основных монографиях по теории эволюции.

Подлинная заинтересованность в успешном развитии генетики и биологии в СССР проявилась и в его отношении к Лысенковщине. Когда перед советскими учеными встала задача исправить ущерб, нанесенный ею советской генетике, Добржанский с радостью отмечал, что они успешно справляются с ней. Сам же Добржанский не только показал ненаучность подходов Лысенко и его теоретическую бесплодность, но и проанализировал непосредственные причины этого явления и предугадал его бесславный конец¹⁷.

Последние семь лет Добржанский жил, зная, что он неизлечимо болен. Но это никак не сказалось на его деятельном образе жизни. Умер он 18 декабря 1975 г. Для очень многих эта смерть означала потерю не только крупного ученого, но и большого человека, близкого друга. В его судьбе проявились по-своему многие противоречия XX в., судьба родины. И многое в ней должно быть еще понято, точно определено и сказано. Но не подлежит сомнению, что он был не только гражданином двух великих государств, но и гражданином мира и принадлежит всему человечеству.

¹³ Добржанский возглавлял в США Общество им. Тейяра де Шардена.

¹⁴ Dobzhansky Th. // Proc. Nat.-Acad. Sci. USA. 1965. Vol. 109. P. 214.

¹⁵ Evolutionary Biology. Vol. 9. N. Y.; L., 1976.

¹⁶ Dobzhansky Th., Ayala F. J., Stebbins G. L., Valentine J. W. Evolution. San Francisco, 1977. Idem. Studies in the Philosophy of Biology. L., 1974; Dann L. C., Dobzhansky Th. Heredity, Race and Society. N. Y.; 1946.

¹⁷ Dobzhansky Th. Quart. Rev. Biol. 1968. Vol. 3. P. 56; Idem // Amer. Natural. 1946. Vol. 80. P. 651.

Дальний путь к большому будущему

М. Ю. Сорокина
Москва

С ОХРАНИВШИЕСЯ в Архиве АН СССР письма Добржанского и Вернадского относятся к началу 20-х годов — времени, сыгравшему большую роль в становлении молодого зоолога и во многом определившему его дальнейшую судьбу. Именно тогда он знакомится с людьми, которых по праву считал своими учителями. Одним из них был Вернадский.

Знакомство начинающего биолога и уже широко известного ученого состоялось в 1919 г. на Днепровской биологической станции. И встреча эта не была случайной. Еще гимназистом Добржанский познакомился с профессором зоологии Киевского университета С. Е. Кушакевичем, оказавшим огромное влияние на юного зоолога¹. Он ввел Добржанского в круг естественников, сформировал его основные научные привязанности; в лаборатории Кушакевича Добржанский сделал свои первые шаги на научном поприще. По рекомендации Кушакевича Добржанский начал работать и в биохимической лаборатории, организованной в 1918—1919 гг. Вернадским на Украине².

Летом 1919 г. обострившаяся политическая ситуация заставила друзей Вернадского, в том числе Кушакевича, задуматься о поисках более подходящего, чем Киев, места, где Вернадский мог бы спокойно работать. Вспоминая об этом времени, он писал: «Было лютно, и я через некоторое время по совету Кушакевича... уехал с ним в Староселье, где пробыл на станции значительную часть времени. Очень хорошее это было время и чудные места»³. В Староселье находилась Днепровская биологическая станция (основанная в 1907 г.), возглавляемая Кушакевичем, неординарность личности которого особо подчеркивалась Вернадским в дневни-

ке: «Я помню с ним интересные, живые разговоры о различных, больших и мелких проблемах биологии, философии, текущей жизни. От него я впервые узнал о генах, он единственный из биологов указал мне на работы Прейера над постоянством количества жизни. <...> Жизнерадостный, полный научных планов, широкообразованный и замечательно милый человек... Это был настоящий университетский учитель — от которого надо было ждать многого и заменить которого нелегко»⁴.

На Днепровской станции Вернадский был окружен «очень интересной и милой средой... молодых биологов, зоологов и ботаников». Среди них и 19-летний студент Киевского университета Феодосий Добржанский, «страстный энтомолог, занимавшийся божьими коровками»⁵.

Встреча Добржанского с Вернадским произошла в тот переломный для обоих момент, когда каждый остро осознав необходимость определить свое положение в науке. Добржанский стоял на пороге большой науки, размышляя о своей дальнейшей судьбе в ней. Созвучные по настрою мысли находим в дневнике Вернадского 1920 г.: «Помню, как-то в Киеве... я поставил себе вопрос о моем положении как ученого. Я ясно сознаю, что я сделал меньше, чем мог, что в моей интенсивной научной работе было много дилетантизма — я настойчиво не добивался того, что, ясно знал, могло дать мне блестящие результаты, я проходил мимо ясных для меня открытий и безразлично относился к переводению моих мыслей окружающим»⁶.

Видимо, Вернадский оценил в студенте Добржанском независимость и оригинальность суждений, стремление к изучению природы как единого целого, к синтезу знаний. Добржанский, помимо занятий зоологией, отдавал много времени изучению сопряженных с ней дисциплин, например геологии, которую ему преподавал Б. Л. Лич-

© Сорокина М. Ю. Дальний путь к большому будущему.

¹ Знакомство состоялось в Киевском энтомологическом обществе, организованном В. Лучником в 1916—1917 гг.

² В мае 1918 г. Вернадский по приглашению своего друга историка Н. П. Василенко приехал в Киев, где и познакомился с Кушакевичем.

³ Архив АН СССР. Ф. 518. Оп. 2. Д. 7. Л. 39.

⁴ Там же. Д. 46. Лл. 66—66 об.

⁵ Там же. Д. 11а. Л. 9.

⁶ Цит. по: Наука и жизнь. 1988. № 3. С. 49.

ков⁷. Не мог не одобрить Вернадский и тягу молодого зоолога к философскому осмыслению природных явлений, что было так созвучно его собственным размышлениям. Не исключено, что интерес к философским проблемам естествознания возник у Добржанского под влиянием бесед с Вернадским в Староселье.

Огромная работа по изучению живого вещества, проведенная Вернадским и его сотрудниками в 1918—1919 гг. на Украине, стала одним из основных этапов на пути учения о биосфере; в дневнике Вернадский записал: «...в своей работе над живым веществом я создал новое учение, и... оно представляет другую сторону — другой аспект — эволюционного учения...»⁸

Эта запись чрезвычайно важна для понимания дальнейшего развития научного творчества Добржанского; она как бы намечает и частично объясняет прямую связь между занятиями молодого Добржанского и его исследованиями 30-х годов и последующих лет, посвященных созданию синтетической теории эволюции, — теми его работами, которые позволяют считать его вклад в эволюционную теорию наибольшим после Дарвина⁹.

Но к этому Добржанского вел долгий и очень непростой путь. После августа 1919 г. дороги Добржанского и Вернадского разошлись. Вернадский оказался в Крыму, где зимой 1920 г. тяжело заболел сыпным тифом. Во время болезни он пережил необыкновенный подъем духа, мечтая о новой мировой организации научной работы и создании международного института по изучению живого вещества. В числе сотрудников будущего института он видел и Феодосия Добржанского¹⁰.

О тех суровых жизненных испытаниях, которые выпали на долю молодого натуралиста в 20—21 гг., рассказывают публикуемые ниже письма Вернадскому¹¹.

Университетский курс Добржанского был не только последним, занимавшимся по дореволюционным учебным программам, но и вообще последним в Университете св. Владимира, который летом 1920 г. был превращен в Высший институт народного образования. Еще будучи студентом, Добржанский преподавал на ускоренных педагогических курсах при институте, деканом которых был Личков. Здесь же он познакомился с заведующим кафедрой зоологии, выдающимся дарвинистом И. И. Шмальгаузенем¹².

Основная работа 21-летнего Добржанского протекала в стенах Политехнического института, куда ему удалось устроиться ассистентом на кафедру зоологии сельскохозяйственного факультета. Это позволяло ему жить в доме преподавателей. Так он оказался в одной квартире с известным цитологом Г. А. Левитским¹³, который, узнав Добржанского поближе, отказался от своего первоначального намерения удалить непрошенного «подселенца». По признанию Добржанского, именно здесь, в квартире Левитского, он впервые решил основательно заняться генетикой, чему способствовали бесконечные «кухонные беседы» Левитского, Добржанского и поселившегося с ними биолога Н. Ю. Вагнера¹⁴.

Интерес Добржанского к генетике быстро перешел в непосредственные профессиональные занятия, в чем не последнюю роль сыграла поездка зимой 1922 г. Левитского в Петроград к Н. И. Вавилову, только что вернувшемуся из длительной командировки в США и привезшему оттуда самое драгоценное для ученых того времени — новейшую научную литературу. Возвратившись в Киев, Левитский поделился впечатлениями с Добржанским, который незадолго до того ознакомился со статьей Филипченко в журнале «Природа», посвященной работам Мор-

⁷ Личков Б. Л. (1888—1966) — геолог, первый директор Украинского геологического комитета. Близкий ученик и соратник Вернадского.

⁸ См. сноску 6.

⁹ Ayala F. Theodosius Dobzhansky: the Man and the Scientist // Annual Rev. Genetics. 1976. N 10. P. 2.

¹⁰ Архив АН СССР. Ф. 518. Оп. 2. Д. 11. Лл. 76—76 об.

¹¹ Сам Добржанский в своих воспоминаниях, записанных в начале 60-х годов на магнитную пленку в рамках «Oral History Project» в Колумбийском университете США и вошедших в книгу его американского биографа Б. Лэнд, сравнивал трудности и переживания этих лет с судьбой главного героя романа Б. Пастернака «Доктор Живаго», см.: Land B. Evolution of a Scientist. The Two Worlds of Theodosius Dobzhansky. N. Y., 1973. P. 76.

¹² В 1949 г. в Торонто вышел перевод монографии И. И. Шмальгаузена: Факторы эволюции (Теория стабилизирующего отбора). М.; Л., 1946 (Factors of Evolution: The Theory of Stabilizing Selection. Philadelphia; Toronto, 1949. P. 9—11) с предисловием Добржанского. Ему же Добржанский посвятил главу в своей последней статье в книге: The Evolutionary Synthesis. Cambridge (Mass.); L., 1980.

¹³ Левитский Г. А. (1878—1942) — цитолог, член-корреспондент АН СССР с 1932 г., заведующий кафедрой морфологии и систематики растений Киевского института народного хозяйства (1920—1925) и лабораторией цитологии Всесоюзного института растениеводства (ВИР), руководимого Вавиловым (1925—1941). Репрессирован.

¹⁴ Вагнер Н. Ю. (1893—?) — цитолог, эмбриолог растений, ученик С. Г. Навашина.

гана с дрозофилой¹⁵. Интуиция подсказала молодому ученому, что именно на этом направлении развернутся основные события в биологии в первой половине XX в. Летом 1922 г. он сам отправился к Вавилову в Петроград. Видимо по совету Вавилова, Добржанский вскоре поехал и в Москву, в Институт экспериментальной биологии, возглавлявшийся Н. К. Кольцовым, где незадолго до этого, в августе 1922 г., побывал будущий нобелевский лауреат Г. Меллер. Привезенная Меллером в Россию дрозофила — основной объект генетических исследований в лаборатории Моргана — сразу же привлекла внимание Четверикова, из рук которого и получил Добржанский этот подарок¹⁶.

Эксперименты на дрозофиле, начатые Добржанским в Киеве, вызвали интерес Филиппченко, пригласившего в 1924 г. начинающего генетика на руководимую им кафедру экспериментальной зоологии и генетики Ленинградского университета.

История дружбы и сотрудничества Филиппченко — основателя первой в России кафедры генетики, автора первого учебника по этой дисциплине — с Добржанским достойна отдельного рассказа. Вплоть до смерти Филиппченко (1930 г.) они вели постоянную переписку, публикация которой была бы чрезвычайно полезной для изучения становления отечественной генетики.

Помимо генетических исследований, Филиппченко много размышлял и о путях эволюции живого. В 1923 г. вышла его монография «Эволюционная идея в биологии», в которой он обобщил материалы по проблемам эволюции и которая вызвала большой резонанс в научных кругах. Несомненно, близкое общение с Филиппченко стало еще одним стимулом для Добржанского заняться теорией эволюции.

На кафедре генетики Ленинградского университета Добржанский руководил группой студентов-дрозофилистов, куда входили М. Л. Бельговский, Ю. Я. Керкис, Н. Н. Медведев, Н. П. Сиверцева (ставшая впоследствии его женой). Отдавая все время работе в университетской лаборатории (по воспоминаниям Медведева, лишь Добржанскому Филиппченко разрешал работать по ночам), он тем не менее не бросал энтомологию¹⁷.

Так, еще в России были заложены предпосылки следующего этапа научного творчества Добржанского, в котором теория синтетической эволюции заняла центральное место. В 1926 г. Филиппченко обратился к Моргану с просьбой взять на стажировку своего подающего большие надежды ассистента. Морган быстро ответил согласием и обеспечил Добржанскому возможность работать в своей лаборатории в Пасадине (Калифорния) в качестве стипендиата фонда Рокфеллера.

И в декабре 1927 г. Добржанский вместе с женой отправился в США. Ему предстоял долгий путь — через Латвию, Германию, Францию. На этом пути произошла еще одна знаменательная для Добржанского встреча: в вагоне поезда, пересекавшего Францию, он познакомился с П. Н. Милюковым — профессором-историком, бывшим лидером партии кадетов, сподвижником Вернадского по общественной деятельности. Общение с Милюковым продолжилось и в Калифорнии, куда он неоднократно приезжал на отдых и подробно рассказывал о событиях в России.

Работа в лаборатории Моргана целиком захватила Добржанского. Но дружеские и научные связи с родиной и русскими генетиками не прерывались. В 1929—1931 гг. в Пасадине работал Г. Д. Карпеченко¹⁸. Вавилов, переписывавшийся с Добржанским, в 1930 г. во время своей экспедиции в США, Мексику и страны Центральной Америки заезжал к Моргану. Бывал у Моргана и Н. В. Тимофеев-Ресовский, работавший тогда в Берлине.

Вавилов и Добржанский встретились еще раз — в 1932 г. на банкете после окончания VI Международного генетического конгресса в Итаке (США), где Вавилов был единственным советским представителем. Следующий конгресс должен был состояться в 1937 г. в Москве, но нападки на «формальных» генетиков и лично на Вавилова сделали его проведение невозможным, и встреча 1932 г. оказалась последней¹⁹.

И хотя после этого почти все связи с родиной были оборваны, Добржанский вни-

¹⁵ Филиппченко Ю. А. Закон Менделя и закон Моргана // Природа. 1922. № 10—12. С. 51—66.

¹⁶ Добржанский стал переводчиком и пропагандистом идей и имени Четверикова, см.: Dobzhansky Th. Genetics and the Origin of Species. N. Y., 1937; Sergei Sergeewich Tchetverikov. 1880—1959 // Genetics. 1967. Vol. 55. N 1. P. 1—3 etc.

¹⁷ Работу по таксономии божьих коровок он проводил совместно с А. П. Семеновым-Тян-Шанским (1866—1942), интересовавшимся эволюцией.

¹⁸ Карпеченко Г. Д. (1899—1942) — цитогенетик, ближайший сотрудник Вавилова по ВИРу. Репрессирован.

¹⁹ В воспоминаниях Добржанский особо отмечал, что при встрече в 1932 г. Вавилов не советовал ему торопиться с возвращением в СССР, см.: Land B. Op. cit. P. 180.

мательно следил за положением генетики в СССР. Одним из первых он в 1947 г. почтил память Н. И. Вавилова в печати²⁰. Добржанский стал автором многочисленных публикаций, развенчивающих Лысенко. При самом непосредственном участии Добржанского, выступившего инициатором этой акции, в США, чтобы показать абсурдность и курьезность теорий «народного академика», была издана книга Лысенко.

В свою очередь, не забывали Добржанского и «воинствующие мичуринцы». Так, 2 сентября 1947 г. в «Правде» появилась статья И. Лаптева, в которой Добржанский вкупе с Н. В. Тимофеевым-Ресовским был объявлен «врагом народа».

Позднее Добржанский активно выступал в западной печати со статьями, направленными против Лысенко и его апологетов, чья научная недобросовестность и человеческая аморальность были ему абсолютно ясны. Постоянно выходят и его обзоры о новейших достижениях советской науки.

В это время еще раз пересеклись дороги Добржанского и Вернадского. Добржанский был хорошо знаком с выходящей в СССР научной литературой, и мимо его внимания не прошла публикация в 1965 г. «труда жизни» В. И. Вернадского — монографии «Химическое строение биосферы Земли и ее окружения», на которую он ссылался в своей книге «Genetics of Evolutionary Process» (N. Y.; L., 1970). Идеи Вернадского, высказанные в 30-е годы, оказались созвучны размышле-

ниям американского ученого о проблемах эволюции в 60-е годы.

С другой стороны, «Особая картотека» Вернадского по истории науки сохранила сделанные рукой его секретаря А. Д. Шаховской записи, свидетельствующие о внимании Вернадского к научному творчеству Добржанского. Вернадский, глубоко заинтересованный, а позднее обеспокоенный развитием генетики в СССР, следил за научными успехами и достижениями Добржанского до конца своей жизни. Последняя запись, в которой Вернадский вспоминал о своем молодом коллеге, сделана в ноябре 1942 г. в Боровом²¹.

Прошли годы, и полностью оправдались провидческие слова Вернадского о Добржанском: «Это крупный ученый с большим будущим». Добржанский действительно стал всемирно известным ученым. Но никогда не оставляла его надежда приехать на родину. В 60-е годы неоднократно пытался посетить СССР (с чтением лекций), но так и не получил разрешения: по официальным каналам в США сообщалось, что такой лектор «не представляет интереса» для советской стороны.

Символично, что последняя статья, опубликованная уже после его смерти, посвящена рождению эволюционной генетики в СССР в 20-е годы — так Феодосий Григорьевич Добржанский отдал долг памяти своим русским друзьям, коллегам, учителям²².

²⁰ J. Heredity. 1947. № 8. К сожалению, с этой статьей трудно ознакомиться в наших библиотеках: усилиями бдительных цензоров 40-х годов она была изъята из журнала.

²¹ Архив АН СССР. Ф. 518. Оп. 2. Д. 46. Л. 66 об.
²² Dobzhansky Th. The Birth of the Genetic Theory of Evolution in the Soviet Union in the 1920-s // The Evolutionary Synthesis. Cambridge (Mass.); Л., 1980.

Из переписки Ф. Г. Добржанского с В. И. Вернадским

Ф. Г. ДОБРЖАНСКИЙ — В. И. ВЕРНАДСКОМУ

[Киев] 6 мая 1921 г.

Глубокоуважаемый Владимир Иванович!

Сегодня я встретил Б. Л. Личкова и он сообщил мне, что Вы в своем письме к проф. Василенко¹ интересовались узнать, где я и что

делаю. Это известие было мне очень приятно, так как я не имел права надеяться, чтобы Вы меня помнили, а между тем, Вы один из людей, которых я наиболее уважаю. Пишу Вам о себе. За время, в течение которого мы с Вами не видались, я пережил много бед: особенно несчастным для меня оказался 1920 год. В XI.1919 я отправился в Одессу, где встретился с Сергеем Ефимовичем Кушакевичем, с которым и пробыл до 25 января (день сдачи Одессы), когда С[ергей] Е[фимович] уехал на пароходе «Вамноа» в Варну с намерением пробраться в Прагу. После этого около двух недель про-

¹ Василенко Н. П. (1866—1935) — историк, один из организаторов Украинской академии наук, академик АН УССР с 1919 г.

жил у одесского зоолога А. А. Браунера², отличного человека. Но в начале II.1920 я выехал из Одессы и с громадными приключениями и трудностями более двух недель пробылся в Киеве. В Киеве я застал больную мать; она скоро поправилась, но в марте я заболел сыпным тифом и он осложнился воспалением кишок. Поднялся я в начале мая, когда и получил предложение быть заместителем ассистента в Политехническом институте. Это предложение я принял и был там до X.1920, а теперь вновь состою ассистентом. Но 22.V[1921] меня постигло самое большое несчастье: подавшись кусочком хлеба, умерла моя мать, бывшая за 15 минут до смерти почти здоровой... Это было для меня очень тяжело. Затем настал голод, который мне пришлось переносить, не оправившись от тифа. Накануне Нового года я получил ужасное известие о смерти Сергея Ефимовича. Сначала я ему не поверил, так как хорошо знаю, что он ехал в Прагу, а говорят, будто он умер в Константинополе. Но, конечно, все возможно. Если это верно, то потеря для меня незаменимая: очень тяжело работать без руководителя, а за смертью С[ергея] Е[фимовича] у меня его нет и в Киеве найти совершенно невозможно. Тем не менее я все это время занимался зоологией: она одна дала мне силы пережить все то, что я перенес. Получились кое-какие результаты: кое-что я напечатал, кое-что готово для печати; сделал много наблюдений. Между прочим, бывший в Петрограде наш зоолог Клодницкий оставил для напечатания у Богданова-Катькова мою работу «Скопления и чешуйки у божьих коровок»³. Позволю себе просить Вас, Владимир Иванович, если это Вас не затруднит, спросить Богданова-Катькова, будет ли он печатать ее, когда и где. Эта работа для меня очень ценна, и ее судьба меня очень занимает. Если Вам трудно снести с Богдановым-Катьковым, то о судьбе моей работы, вероятно, знает Владимир Владимирович Баровский⁴, работающий в Зоологическом музее Академии.

² Браунер А. А. (1857—1939) — зоолог, профессор Новороссийского университета. В советское время — профессор зоологии и животноводства Одесского сельскохозяйственного института.

³ Клодницкий И. И. (1884—1949) — зоолог, преподаватель Киевского ветеринарно-зоотехнического института, впоследствии профессор Киевского университета; Богданов-Катьков Н. Н. (1894—1955) — зоолог, энтомолог, сотрудник Петроградского лесного института. Статья Добржанского опубликована: Известия Отдела прикладной энтомологии Сельскохозяйственного Ученого комитета. 1922. № 2. С. 103—124.

⁴ Баровский В. В. (1880—1934) — ученый хранитель Зоологического музея Академии наук.

О Вашей киевской работе Вам писала Мария Ивановна Бессмертная⁵; я, конечно, не могу добавить ничего нового к ее сообщению. Был бы страшно Вам благодарен, если бы Вы не отказались написать мне пару слов. Общение с Вами было бы для меня прямо неоценимо. Я часто с удовольствием вспоминаю дни, проведенные с Вами в Староселье. Нет ли у Вас темок для интересующих Вас биологических исследований? Не интересно ли Вам произвести какие-либо наблюдения в окрестностях Киева? Или собрать какой-либо материал? Пишите! Остаюсь глубоко уважающий и любящий Вас Добржанский.

Адрес мой: Киев. Лукьяновка. Оссиевская ул. № 23. Кв. 4. Феодосию Григорьевичу Добржанскому.

Р. С. Очень мне хотелось завести сношения с кое-кем из петроградских зоологов и энтомологов. Но они, кажется, народ суховатый и мало склонный переписываться с провинциалами. Пока мне удалось справиться с одним В. В. Баровским, да и от того получил всего лишь одно письмо. В Киеве у нас все в общем по-старому. 17.IV. умер один из наших зоологов П. П. Добровлянский⁶ — Вы его, вероятно, помните. Бушают украинцы: они теперь у власти и делают все, что им угодно. Говорят о каком-то слиянии Академии наук с Укр[аинским] научным товариществом. Что из этого будет — судить не мне, но думаю, что ничего хорошего⁷. Жду от Вас письма.

Ваш Добржанский.

Архив АН СССР. Ф.518. Оп.3. Д.534. Лл. 1—3. Автограф.

⁵ Бессмертная М. И. — сотрудник биогеохимической лаборатории Вернадского в Киеве, в дальнейшем — кафедры биологии 2-го Киевского медицинского института.

⁶ Добровлянский П. П. (ум. 1921) — зоолог, преподаватель Университета св. Владимира в Киеве.

⁷ Официально вопрос о таком слиянии не ставился. Вернадский писал Личкову: «Я надеюсь, что Украинская Академия выживет как отдельное учреждение и не сольется с Научным Товариществом: их форма деятельности совершенно иная, и едва ли и то и другое выиграет от сращения» (Переписка В. И. Вернадского с Б. Л. Личковым. 1919—1939. М., 1979. С. 31).

Киев. 7 сентября 1921 г.

Многоуважаемый Владимир Иванович!

Недавно получил от Б. Л. Личкова Ваше письмо, датированное еще 8.VII. Оно доставило мне большую радость, так как мне очень приятно думать, что Вы еще не

забыли о существовании моей личности. Тотчас по получении Вашего письма приступил к продолжению начатых еще в 1919 году наблюдений над весом животных. Однако два обстоятельства сильно мешают работе: во-первых, отсутствие точных весов в лаборатории. Там есть только весы без рейтера, на которых трудно достичь точности большей, чем 1 миллиграмм. Для мелких животных, вроде насекомых, которые весят всего сантиграммы, такая точность кажется мне малой. Не правда ли? Это меня смущает. А более точные весы есть только в химическом павильоне института, где меня не знают. Впрочем, думаю все же пойти туда и попросить разрешения пользоваться весами, быть может не откажут. Другое обстоятельство, которое мешает работать, — это крайняя бедность животных в этом году, хотя это обстоятельство и не столь важно; материал найти все-таки можно. Но самое важное было бы для меня получить от Вас инструкции по следующему вопросу: в каком порядке наиболее правильно вести работу? Мне кажется, что лучше всего избрать некоторое, ограниченное количество объектов и постараться проследить изменения их веса при различных условиях. Возьмем, скажем, лягушку. Ведь у них весною, в период половой зрелости, средний вес, несомненно, иной, чем осенью, вследствие созревания икры. Кроме того, осенью примешиваются особи нового выводка, которых тоже нет весною. Значит, если материал собрать в какое-либо определенное время года, то можно получить заведомо неправильные цифры. Кроме того, мне кажется совершенно необходимым исследовать у каждого объекта максимальный и минимальный вес и также зависимость веса от величины (длина и ширина) тела. Интересно построить кривую изменчивости веса, вроде той, которую строят для фимаров. Будут ли они одноили двувершинными? Если вести работу таким образом, то можно исследовать только небольшое число объектов. А Вам желательно их много. Как же быть: или так, как я думаю, или удовольствоваться более приближительными результатами, но исследовать возможно большее число видов? Ваши указания по этому поводу необходимы, иначе при работе будут сомнения в правильности метода, а эти сомнения отравляют энергию. А исследования веса меня самого интересуют, так как эта сторона у животных, действительно, совершенно не изучена. Нет ли литературы по методологии подобных наблюдений, а то иногда может возникнуть какой-нибудь вопрос, а спросить указаний не у кого. Вы писали, Владимир Ивано-

вич, что пытались меня устроить на Мурман¹ и думаете организовать Приморский институт, где также найдется мне место. По этому вопросу скажу следующее: не только на Мурман, но даже и на край света я пойду с величайшей охотой, если только на этом краю света будет возможно работать и хоть немного не голодать. Если бы мне удалось устроиться в какую-либо экспедицию, я был бы наверху счастья. Из Петрограда, кажется, отправляются экспедиции в Сибирь и Центральную Азию? Так надоело прозябание в Киеве, а мое полное одиночество побуждает меня стремиться к перемене места. Впрочем, кроме того, я думаю, что предпринимать какую-либо поездку было бы мне полезно во всех отношениях. Только, если Вы уедете за границу, то что будет?² Ведь трудно надеяться на Ваше скорое возвращение, а без Вас работать для Вас тяжело. Что касается до массовых явлений в этом году, то большинство видов испытало отлив «жизненной волны». Вопросом о «волнах жизни»³ я занимаюсь уже с 1914 года, собрал уже кое-какие наблюдения, которые привели меня к некоторым выводам о «волнах жизни» вообще. К осени надеюсь подобрать по этому вопросу литературу. Если Вас интересуют эти явления, то я Вам напишу об этом деле подробнее. Вообще, в это лето мне удалось довольно много поработать и получить кое-какие результаты. Имею несколько готовых к печати рукописей, одобренных кое-кем из старших геологов, но напечатать их негде. А о той рукописи, которая лежит в Петрограде, абсолютно ничего не знаю: боюсь, не пропала ли она даже. Очень хотел бы что-либо о ней узнать, но от В. В. Баровского не получаю ни слова. Вообще, тоска страшная. Все лето я занимался, не думал о зиме; может быть, буду и раскаиваться об этом. Впрочем, по части голода и холода имею большую тренировку, быть может, «все образуется». Простите, Владимир Иванович, если в своем длинном письме я допустил слишком много разглагольствований о себе лично. Но так уж вылилось.

Всегда готовый быть Вам полезным
Ф. Добржанский.

¹ По-видимому, Вернадский предпринимал попытки устроить Добржанского на Мурманскую биологическую станцию, куда он сам отправился в середине июля 1921 г.

² В мае 1922 г. Вернадский уехал во Францию для чтения лекций по геохимии в Сорбонне.

³ Понятие введено Четвериковым в 1905 г. для обозначения колебаний численности особей, характерных для любой популяции.

Р. С. Не откажите, Владимир Иванович, ответить на это письмо. Ваш ответ удвоит мою энергию к работе, а, скажу по чистой совести, работать для Вас я считаю для себя почти счастьем.

Архив АН СССР. Ф.518. Оп.3. Д.534. Лл. 5—6 об. Автограф.

Киев. 16 октября 1921 г.

Многоуважаемый Владимир Иванович!

Случайно узнал, что Борис [Леонидович]¹ едет в Петроград. Письмо написать не успею. Недавно отправил одно по почте. Кое-что сделал для Вас по части **определения веса**. (Здесь и далее подчеркнуто автором.— М. С.) Очень интересуюсь знать, что с Вами. У нас в Киеве ходили странные слухи². Был бы премного благодарен, если бы Вы узнали у В. Баровского или Богданова-Катькова, какова судьба моей работы? Я об этом уже писал, извините, что надоедаю, но иначе узнать не от кого. Желаю всего наилучшего. Искренне уважающий Вас Ф. Добржанский.

Р. С. Получены сведения, подтверждающие вести о смерти Сергея Ефимовича. Не хочется верить, что это могло случиться, но, кажется, это так.

Архив АН СССР. Ф.518. Оп.3. Д.534. Лл. 4—4 об. Автограф.

¹ Возможно, речь идет о Личкове.

² Слухи были связаны с кратковременным арестом Вернадского в июле 1921 г.

Киев. 7 февраля 1922 г.

Многоуважаемый Владимир Иванович!

Сегодня я видел Б. Л. Личкова, который сообщил мне, что Вы спрашиваете, не согласен ли я принять участие в предполагаемой экспедиции в Монголию¹. На этот вопрос могу ответить следующим образом: не только в Монголию я согласен ехать, но поеду

в любую экспедицию, куда бы она ни направлялась, кроме, разве, полярных стран. Буду считать это для себя величайшим счастьем, потому что до сих пор мог только мечтать о подобном путешествии. Если это возможно, то напишите об экспедиции подробнее, и предупреждаю заранее, что отдамся этому делу со всем жаром, на который только способен. Я сейчас не связан абсолютно ни малейшими нравственными связями с Киевом, что же касается до материальных, то готов всем пожертвовать, да и как-нибудь устроюсь. Относительно условия, сообщенного мне Б[орисом] Л[еонидовичем], необходимости уметь стрелять из винтовки, то пока этому условию я не удовлетворяю, потому что никогда ее не держал в руках; но ведь это пустяк: если ехать можно, то я перед отъездом из Киева за 2 недели научусь стрелять, а к этому я имею возможность полную. Нельзя ли узнать приблизительно: когда, под чьим начальством, и в какую часть Монголии, и на какой срок направляется экспедиция, а самое главное, что я сейчас должен делать. В течение минувшего года я работал непрерывно и усиленно. Главная моя тема было сравнительное исследование женского полового аппарата божьих коровок; работая над ними, я получил, почти неожиданно для самого себя, некоторые результаты, интересные, кажется, даже в общепсихическом отношении. Чувствую, что в смысле работы я попал в ту область, где могу кое-чего добиться. Сейчас занят обработкой материалов, полученных за 1—1/2 года; готовлюсь писать работу, не знаю только, не пропадет ли она: печатать ведь, кажется, нет возможности. Моим учителем и руководителем является теперь А. Г. Лебедев², хотя, собственно говоря, я иду своей дорогой. Оплакивая незабвенного Сергея Ефимовича Кушакевича, смерть которого, по-видимому, есть свершившийся факт. Вот если бы сейчас я мог поговорить с ним и получить от него совет! Еще занимаюсь изучением философии — для натуралиста, кажется, полезно. Думаю, едва потеплеет, ехать в Петроград на месяц, чтобы познакомиться с тамошними зоологами и поработать. Но не знаю, удастся ли это по материальным причинам: ведь сейчас отменены литеры, а проезд из Киева в Петроград и обратно стоит 3 600 000!

¹ По предложению Вернадского летом 1922 г. в северо-западные районы Монголии была направлена Монголо-Урянхайская экспедиция под руководством геолога И. П. Рачковского. Предполагалось, что в ней будут участвовать и зоологи (см.: Протоколы Общего собрания РАН. 1 октября 1921 г. § 145; Документы по истории Академии наук. 1917—1925. Л., 1986. С. 203. № 110).

² Лебедев А. Г. (1874—1936) — энтомолог, эколог, преподаватель Киевского политехнического института, впоследствии — заведующий отделом экологии Института зоологии АН УССР (с 1930 г.), заведующий кафедрой зоологии беспхребетных Киевского университета.

Не знаю, удастся ли мне это сделать, хотя чувствую, что это было бы весьма полезно для меня. Жду от Вас вестей с нетерпением. Не нахожу слов, чтобы поблагодарить Вас за мысль обо мне.

Всегда глубокоуважающий Вас
Ф. Добержанский.

Р. С. Привет Наталье Егоровне и Нине Владимировне³; не знаю, помнят ли они меня. Это письмо для верности посылаю в двух экземплярах⁴.

Архив АН СССР. Ф.518. Оп.3. Д.534. Лл.9—9 об. Автограф.

³ Жена и дочь Вернадского.

⁴ В фонде Вернадского сохранились оба экземпляра.

В. И. ВЕРНАДСКИЙ — Ф. Г. ДОБЕРЖАНСКОМУ

Roscoff¹. Бретань. 16.VIII.(1)924

Дорогой Феодосий Григорьевич,

давным-давно не писал Вам. Рассчитывал написать из России — но свой приезд отложил еще, т. к. получил в Париже дотацию фонда Розенталя, дающую мне возможность работать в относительно хороших условиях над изучением живого вещества в течение года. Сумма эта недостаточна для полного развития работы, но дает возможность к ней приступить. Я рассчитываю на получение дальнейших возможностей. Вместе с тем моя другая работа — над минералами Конго² — дает мне новые, кажущиеся мне очень важными результаты. Они выяснятся осенью — здесь я встретился с химическими особенностями, в которых не могу разобраться.

Мне страшно о многом хотелось бы знать о дорогом мне Киеве. Но я сейчас пишу Вам не по этому поводу. Я имею возможность истратить пока небольшую сумму в 500 франков для сбора материала для химического исследования насекомых и т. п.

¹ Французская биологическая станция.

² Вернадский занимался исследованием слитков чистого уранового свинца, выделенных из минерала кюрита, образцы которого были подарены М. Кюри владельцем радиового рудника в Конго. Кюрит оказался совершенно неизученным минералом с весьма загадочными свойствами. Некоторое время Вернадскому казалось, что он натолкнулся на новый, ранее неизвестный химический элемент. В 1925 г. работы пришлось прекратить из-за отсутствия достаточного количества минерала.

в пределах Украины. Не взялись бы Вы сделать мне этот сбор? Я могу перевести деньги после сентября или в конце сентября. Мне нужны образцы насекомых, наиболее распространенных, точно определенных видов, взвешенных (средний вес, выведенный, из 500—700 неделимых). Необходимы образцы самых обычных — хрущей и их личинок, тлей, травоядных насекомых, муравьев, кузнечиков и т. п. Я бы хотел иметь подбор из всех отделов: *Diptera*, *Coleoptera*, *Orthoptera* и т. д. Химический состав их — *terra incognita* до сих пор!

Я сейчас ставлю две (или м[ожет] б[ыть] три) серии работ: 1) полный валовый элементарный анализ, аналогичный анализу минералов и горных пород и 2) спектральный (и если возможно X-спектральный) анализ живого вещества.

Для первой серии мне нужно немного образцов самых распространенных вообще в данном классе животных. Количество сухого вещества (не более) должно быть не менее 100 граммов. Организмы должны быть взвешены живыми и затем высушены при температуре не выше 35—50 °C. Лучше всего высушить их в вакууме, если нельзя на солнце или при соответственном нагревании. Для того, чтобы сразу прекратить всякие процессы гниения, надо при сушении ввести яды, напр[имер] сулему (отметив это, чтобы знать, что введена ртуть) или иной какой-нибудь, который не помешает анализу. В крайнем случае можно сохранять в растворе формалина (и в дистиллированной воде) или в спирту — тоже разбавляемом дистиллированной водой.

Другая серия не требует такого количества вещества — достаточно 10 г сухого вещества. Она должна быть приготовлена тем же способом. Я рад иметь всякого рода организмы (если возможно одного вида из разных местностей, и самцов, и самок отдельно) одного и того же семейства насекомых. Я бы думал, что для моей цели лучше всего взять жуков.

Конечно, Вы сделайте, что можно. Я вполне сознаю, что сумма, которую я могу отпустить на эту работу сейчас, очень мала, но сделайте соответственно ей. Все-таки такой заработок интереснее многого другого. А может быть, мне удастся расширить дело.

Я напечатал свою французскую книгу (*Le Géochimie*)³ и пришло ее Вам и еще в Киев в сентябре, когда вернусь в Париж. Прочтя ее, Вы увидите те проблемы, кото-

³ *Le Géochimie*. P., 1924.

рые затрагиваются моей работой. Не знаю, видели ли Вы мои книжки, изданные в Петрограде (Химический состав живого вещества, 1922, и Живое вещество и химия моря, 1923)⁴, — если нет, могу, почти наверное, прислать Вам их по-французски (*Revue Générale des Sciences* 1923 и 1924)⁵. Сейчас должны выйти по-французски в *Revue Sciences* заметки о геохимии⁶ — Вам пришлю. Я сейчас отрабатываю записку о состоянии наших знаний по химии живого вещества⁷. И, может быть, осенью напечатать книжку о живом веществе в биосфере⁸. Медленно пробивается интерес к этим вопросам, которым я, по мере моего в них углубления, придаю все большее значение.

Теперь кое-какие вопросы, отчасти в связи с этой работой: 1) работает ли М. И. Бес-смертная и можно ли рассчитывать, что она возьмет оплаченные анализы, 2) существует ли Старосельская биолог[ическая] станция, 3) есть ли возможность получить для спектрального анализа серию (аналогичную жукам) пресноводных рыб? Морские здесь начинает мне собирать Ниночка, и я списываюсь

с Джонстоном⁹ в Ливерпульской станции. Если возможно — кто бы мог это собрать — Белинг¹⁰? 4) издало ли что-нибудь Киевское общ[ество] естеств[оиспытателей] и Украинская Академия наук? Мне дороги всяческие весточки о Киеве и его культурной жизни. Сейчас здесь я работаю с дочерью Ниной (кончает медицинский фак[ультет] в Праге и хочет специально заниматься протистами — сейчас сидит над паразитами нем[атодами]). Недавно вспоминали Староселье и С. Е. Кушакевича, крупную, так безвременно погибшую силу. Как работа над таллообразными Украины Фомина?¹¹ — ему я тоже посылаю в сентябре мою книгу.

Мой адрес до 5.IX — Франция, Bourbon Lancy (S[eine] et L[oire], Villa du Rocher, после 5/IX — Bourg-la Reine (Seine) 4 Rue du chemin de fer.

Всего лучшего. Как Ваши работы?

Ваш В. Вернадский.

Архив АН СССР. Ф.518. Оп.2. Д.46. Лл.76—77 об. Автограф.

© Публикацию подготовила М. Ю. Сорокина.

⁴ Химический состав живого вещества в связи с химией земной коры. Пг. 1922; Живое вещество и химия моря (1922). Пг., 1923.

⁵ 1923. Vol. 34. № 2; 1924. Vol. 35. № 1, 2.

⁶ Sur la géochimie // Rev. Gén. Sci. 1924. Vol. 35. № 15.

⁷ Sur la représentation de la composition chimique de la matière vivante // C. R. Acad. Sci. 1924. Vol. 179.

⁸ Sur la pression de la matière vivante dans la biosphère // C. R. Acad. Sci. 1925. Vol. 180.

⁹ Джонстон (Джонсон, Johnson) Д. В. (1878—1944) — английский геолог.

¹⁰ Белинг Д. О. (1882—1949) — зоолог, в 1919—1921 гг. работал в Таврическом университете, с 1921 — заведующий кафедрой зоологии бесхребетных Киевского университета.

¹¹ Фомин А. В. (1869—1935) — ботаник, академик АН УССР с 1921 г.

ВНИМАНИЮ ДЕЛОВЫХ ЛЮДЕЙ!

«Природа» публикует рекламу советской и зарубежной промышленной продукции и различных видов услуг, которые могут быть полезны научным и учебным учреждениям, а также любителям природы.

Рекламный текст направляется в редакцию журнала с гарантийным письмом и указаниями почтового адреса, телекса, телефона и банковского счета рекламодателя

по адресу:

117049, ГСП-1, Москва, Мароковский пер., 26, «Природа». Международный телекс 411612 IZAN. Тел. 238-24-56

Совещание, которое НЕ СОСТОЯЛОСЬ

А. С. Сонин,
доктор физико-математических наук

История подготовки совещания, призванного подвергнуть уничтожающей критике ряд советских физиков и некоторые направления нашей науки, очень поучительна. Прежде всего, в ней является механизм разработки акций, подобных известным сталинским процессам. Борьба идеализма и материализма в физике — здесь лишь философская маска, скрывающая политические цели. Ведь, по существу, в позиции критиков гораздо больше идеализма, вернее субъективизма, чем у обвиняемых. Противоречия же между создаваемой новой физикой (квантовой механикой и теорией относительности) и теорией познания диалектического материализма практически нет.

Поэтому, на мой взгляд, наиболее интересен именно способ подготовки таких «дискуссий» с заранее намеченными жертвами и заранее рассчитанными ударами. Видно, как искусно при этом эксплуатировались человеческие слабости. Пожалуй, наиболее трагична роль С. И. Вавилова, несомненно, одного из выдающихся физиков своего времени. Руководство Академией наук, с одной стороны, и гибель брата — с другой, ставили его в невыносимое положение. Думаю, он прекрасно сознавал, чего от него ждали и какая роль ему отводилась, но не мог отказаться от нее, понимая, что подлинники «режиссеры» спектакля тотчас же найдут другого исполнителя, и судьба многострадальной отечественной науки может стать еще незавиднее.

Это подтверждает и эпизод, известный мне от отца. В январе 1951 г. Сергей Иванович пригласил моих родителей к себе домой на Старый Арбат. За ужином в тесном кругу (присутствовали только хозяин с женой и мои родители) Вавилов был настолько откровенен, что Петра Леонидовича это поразило до глубины души, тем более что большой близости между ними никогда не было, а помещение, видимо, прослушивалось. Речь шла о положении в науке, о той страшной ситуации, в которой оказались ученые. Беседа кончилась поздно, и отец уехал на дачу, где жил тогда уединенно и замкнуто, лишенный нормальных условий для работы. Через несколько дней Сергея Ивановича не стало...

Материалы совещания — это такое свидетельство принципиальности и гражданского мужества одних ученых и предательства науки и истинных другими. Как и стенограммы печально знаменитой сессии ВАСХНИЛ 1948 г., они полезны каждому, кому безразличны морально-этические проблемы в науке и жизни. Нравственная сторона науки неотделима от истинных моральных ценностей, выработанных человечеством. Физика, как и биология, могла оказаться жертвой невежества, карьеризма и нетерпимости в борьбе за власть, где цель оправдывала любые средства. Так что нравственный урок этого эпизода в истории нашей науки имеет значение, выходящее далеко за рамки своего предмета, значение, о котором мы должны помнить сегодня и всегда.

Профессор С. П. Капица

В СКОРЕ после Великой Отечественной войны в нашей стране резко активизировалась кампания по уничтожению интеллигенции. Видимо, Сталин и его подручные были всерьез обеспокоены возрождением в период войны самосознания и активности интеллигенции, ее ролью в борьбе против фашизма. В мирное время эта активность не сулила им ничего хорошего (о чем говорил и исторический опыт — например, движение декабристов возникло именно после Отечественной войны 1812 г.).

Кампания началась в 1947 г. Всесоюзным философским совещанием, формально посвященным обсуждению учебника Г. Ф. Александрова «История западноевропейской философии». На самом деле задачи совещания были шире — задать направление, по-

вести борьбу со всем выдающимся и оригинальным в науке и культуре. Все это должно было осуществляться под лозунгом борьбы с идеализмом и космополитизмом.

Вслед за совещанием по философии последовали печально известная сессия ВАСХНИЛ, совещания по физиологии, космологии, химии, языкознанию, появились постановления по литературе, критике, кино, музыке. Прошли дискуссии по геометрии, географии, геологии, логике, психологии и другим наукам.

Но вот что интересно — по такой важной в методологическом отношении науке, как физика, совещания не было. Руки не дошли? Это невероятно, так как 20 лет на страницах философских и общественно-политических журналов с большим размахом громили «физический идеализм», а с ним — и теорию относительности, квантовую

механику и всю новейшую физику¹. «Материала» было предостаточно. Начнись такое совещание, оно, с точки зрения властей, имело бы «успех» не меньший, чем сессия ВАСХНИЛ, — были бы уничтожены лучшие советские ученые, а сама физика была бы отброшена лет на пятьдесят назад к «доквантовому» уровню. Почему же упустили такую возможность?

«ХРАНИТЬ ПОСТОЯННО»

Собирая материал по истории советской физики, я пытался найти ответ на этот вопрос. И вот совсем недавно наткнулся на воспоминания о тех годах члена-корреспондента АН СССР С. М. Рытова. Рассказывая о гонениях на выдающегося советского физика Л. И. Мандельштама, он писал: «...уже в 1948 г. заседали под председательством Главного ученого секретаря АН СССР специальная полужакрытая комиссия, готовившая на 1949 г. Всесоюзное совещание физиков по образцу "исторической сессии ВАСХНИЛ" 1948 г. Однако это совещание не состоялось. Видимо, от него вынуждены были отказаться потому, что речь шла не о наследственности и каких-то "придуманных" буржуазной наукой генах и хромосомах, а о куда более жгучих вопросах государственного значения. В подобной ситуации устраивать такой же всенародный разгром советской физики, какой постиг нашу генетику и биологию, было невозможно»².

Значит, совещание планировалось. Сергей Михайлович, к которому я обратился за разъяснениями, рассказал, что бывал на заседаниях оргкомитета этого совещания, происходивших под председательством А. В. Топчиева. По словам Рытова, из этих заседаний он вынес только впечатление о дрязгах на физическом факультете МГУ.

Но если был оргкомитет, должны остаться какие-то следы в бумагах Академии наук СССР. Однако просмотр дел Главного ученого секретаря в Архиве АН СССР ничего не дал. Более того, выяснилось, что Топчиев тогда в Академии не работал — он был заместителем министра высшего образования СССР.

Старые дела министерства находятся в Центральном государственном архиве

Октябрьской революции (ЦГАОР). Еду туда без особой надежды на успех. Но первый же просмотр реестра архивных дел за 1948—1949 гг. приносит удачу — в архиве «хранятся постоянно» стенограммы заседаний оргкомитета Всесоюзного совещания физиков, тезисы и тексты всех докладов и выступлений, которые должны были произноситься на совещании. Редкая удача!

Первая подшивка содержит директивные документы. Из них видно, что решение о проведении Всесоюзного совещания физиков принято секретариатом ЦК ВКП(б). Именно он поручил Министерству высшего образования СССР (МВО) и Академии наук СССР провести совещание в Москве с 24 по 30 января 1949 г.

Причины, по которым созывалось совещание, четко сформулированы в письме министра С. В. Кафтанова заместителю Председателя Совета Министров СССР К. Е. Ворошилову: «Министерство высшего образования СССР и Академия наук СССР считают, что в преподавании физики в высших учебных заведениях, а также в области работы по теоретической физике имеются серьезные недостатки. Курс физики преподается во многих учебных заведениях в полном отрыве от диалектического материализма. Гениальное произведение В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» еще далеко не полно используется преподавателями физики при изложении ими курса. Вместо решительного разоблачения враждебных марксизму-ленинизму течений, проникающих через физику в высшие учебные заведения, некоторые наши ученые, зачастую, сами становятся на позиции этих идеалистических течений.

Литература по квантовой механике и теории относительности, которая преподносится советскому читателю, в основном написана буржуазными учеными. Наши физики-теоретики часто занимаются лишь переводом буржуазных источников по этим важнейшим теориям современной физики. В советских учебниках по физике не дается последовательного изложения современных достижений физики на основе диалектического материализма. Существует большая путаница при изложении таких основных понятий физики, как масса и энергия. В учебниках совершенно недостаточно показана роль русских и советских ученых в развитии физики; книги пестрят именами иностранных ученых...

Цель совещания — обсудить недостатки в работе физиков и наметить мероприятия для их устранения»³.

Итак, на совещании предполагалось

¹ Подробнее об этом см.: Ахундов М. Д., Баженов Л. Б. У истоков идеологизированной науки // Природа. 1989. № 2. С. 90—99; Горелик Г. Е. Натурфилософские проблемы физики в 1937 году // Там же. 1990. № 2. С. 93—102.

² Рытов С. М. // Вопросы истории естествозн. и техники. 1988. № 3. С. 41—54.



С. И. Вавилов. Фотография конца 40-х годов.

вести борьбу по двум главным направлениям: с «физическим идеализмом» в теоретической физике и с «космополитизмом и низкопоклонством». Первое направление было уже традиционным — больше всего доставалось крупнейшим советским физикам, стоящим на передовых позициях: Я. И. Френкелю, В. А. Фоку, С. И. Вавилову, Л. Д. Ландау, И. Е. Тамму, А. Ф. Иоффе. Второе родилось недавно, когда, как по команде, стали клеймить «безродных космополитов», якобы принижающих значение русской и советской науки и культуры.

Для подготовки совещания постановлением МВО и АН СССР № 40/9 от 17 декабря 1948 г. был создан оргкомитет в составе А. В. Топчиева (председателя), А. Ф. Иоффе — академика-секретаря физико-математического отделения АН СССР (зам. председателя), А. А. Андропова — профессора Горьковского университета, Б. Е. Воловика — начальника отдела научно-исследовательских работ МВО, Б. М. Вула — члена-корреспондента АН СССР, К. Ф. Жигача — начальника Главного управления университетов МВО, Б. М. Кедрова — главного редактора журнала «Вопросы философии», А. А. Максимова — члена-корреспондента АН СССР, В. Ф. Ноздрева — доцента МГУ, М. Э. Омелянского — директора Института философии АН УССР, М. Н. Орлова — начальника Главного управления выс-

ших учебных заведений Министерства просвещения РСФСР, К. А. Путилова — профессора Московского высшего технического училища, А. С. Предводителева — члена-корреспондента АН СССР, А. А. Соколова — декана физического факультета МГУ и Н. С. Шевцова — начальника отдела, преподавания общественных наук МВО.

Совещание планировалось провести в московском Доме ученых, куда приглашалось около 600 участников. Мероприятие готовилось грандиозное; по масштабу и значению оно должно было стать вровень с недавней сессией ВАСХНИЛ. Как и там, предполагалось тщательно все отрепетировать, подготовить доклады и выступления, прослушать и утвердить их на заседаниях оргкомитета, а после совещания сразу же издать полный стенографический отчет.

Оргкомитет работал два с половиной месяца (с 30 декабря 1948 г. по 16 марта 1949 г.⁴). Его 42 заседания фактически стали заседаниями несостоявшегося совещания, поскольку в обсуждении докладов и выступлениях участвовали специально приглашенные ведущие физики и философы страны.

Намечалось 10 основных докладов: С. И. Вавилова «О современной физике и задачах советских физиков», А. В. Топчиева «О мерах по улучшению подготовки научных кадров по физике», К. Ф. Жигача «О недостатках подготовки кадров физиков в университетах и мерах по их устранению», А. Ф. Иоффе «О мерах улучшения преподавания физики в технических вузах», Н. А. Капцова и Б. А. Кудряцева «О подготовке преподавателей истории физики и об учебнике по истории физики», К. А. Путилова «О недостатках существующих учебников по физике», П. А. Знаменского «О подготовке преподавателей физики для средней школы», А. Б. Млодзеевского «Задачи по улучшению лекционного демонстрирования в курсе физики», В. М. Чулановского «О недостатках в постановке экспериментального образования физиков в университетах и мерах к их устранению», А. А. Соколова «О мероприятиях по улучшению работы физических научных журналов». Все доклады тщательно обсуждались на заседаниях оргкомитета, доклады Вавилова, Млодзеевского, Соколова, Чулановского заслушивались повторно, после внесения исправлений и дополнений по результатам первого обсуждения.

³ ЦГАОР. Ф. 9396. Оп. 1. Ед. хр. 229. Здесь и далее за исключением случаев, оговоренных особо, цитаты взяты из стенограмм заседаний оргкомитета совещания. (Прим. ред.)

⁴ Конференция, намеченная на 24 января 1949 г., в связи с проведением Московской областной партийной конференции была перенесена на 3 февраля, потом на 21, а затем на 21 марта 1949 г.

Из названий докладов можно заключить, что большинство вроде бы посвящено сугубо профессиональным проблемам подготовки физиков и не имеет отношения к идеологическим целям совещания. Но только на первый взгляд — почти во всех докладах, в большей или меньшей степени, клеймились «физические идеалисты» и «безродные космополиты». Однако некоторым докладчикам (Иоффе, Млодзевскому и Чулановскому) все же удалось выдержать профессиональную линию и спокойный тон.

ДОКЛАД ВАВИЛОВА

Главным, безусловно, был доклад Вавилова. Он должен был задать тон всему совещанию. А как жаждали провести его некоторые члены оргкомитета и приглашенные лица, видно из стенограммы второго заседания:

«Кессених»⁵:

Пример нам — оздоровительная буря сессии ВАСХНИЛ. Но физика в 100 раз важнее биологии. Сейчас идет борьба за то, чтобы превратить советскую физику в питательную среду для развития идеологических извращений, оторвать ее от практической работы.

Путинлов:

Речь идет о гораздо большем, о том, чтобы разобраться в политической линии советской физики.

Кедров:

Вопрос о том, чтобы мы, советские ученые, и прежде всего советские физики, принимали участие в той идеологической борьбе, которая идет сейчас между Советским Союзом и нашими зарубежными врагами, т. е. речь о позиции советской науки, о позициях и всякого рода колебаниях в отношении буржуазной науки... <...>

Георгиев⁶:

Когда человек говорит, что дает такое же истолкование, которое дает Бор, физическому факту, то надо сказать, что с этим человеком нужно вести решительную борьбу, ибо это есть самое открытое низкопоклонство перед буржуазными авторитетами и учеными в кавычках... Зарубежные авторитеты, и прежде всего Гейзенберг, Бор, Шредингер, оказали огромное вредное отрицательное влияние на развитие советской физики.

Толчиев:

Если возьмете одного Френкеля, то это пример идеалиста, человека, который раболепски относится к иностранным ученым, к их авторитету. Возьмите один только такой факт, как выпуск книги на английском языке; а затем приходит в редакцию и говорит: «Если вы считаете интересным, то переведите эту книгу». Разве это советский ученый! <...>

Большинство его работ опубликовано за границей, а у нас не опубликовано. Еще пример, казалось бы, маленький. Вдруг он пишет одному иностранному ученому год — два тому назад: «пришли мне часы» (г о л о с а: Позор!)... что в Советском Союзе он не может приобрести часов. Такие поступки позорят нашу советскую действительность...

Акулов:

Это определенный политический выпад.

Толчиев:

С 1931 г. Френкель, по существу, систематически вел борьбу с материализмом. <...> Я считаю, что наше совещание должно быть на уровне совещания, которое прошло на сессии ВАСХНИЛ, и мы должны провести его на высоком идейном уровне.

Акулов:

Нам говорят, что почти все физики занимаются практическими вопросами, но тем не менее мы знаем выступления ряда физиков, даже во время войны, когда проводилась определенная антипатриотическая точка зрения на задачи научно-исследовательской работы. Я позволю себе напомнить известное выступление всеми нами уважаемого академика П. Л. Капицы. В его докладе в 1943 г. проводилась определенная точка зрения, что результаты научно-исследовательской работы должны быть достоянием всего человечества, что «важно то, кто посадил яблоню, и неважно, кто с нее снимает плоды — мы или наши враги». В качестве примера приводилось открытие Жуковского известной теоремы. «Жуковский открыл теорему, а теперь ею все пользуются» <...> ...Можно заключить, что очень хорошо, что проф. Жуковский помог строить нашим противникам самолеты, с которых нам на голову сбрасывают взрывчатые вещества...

Ясно, что такого рода антипатриотическая точка зрения, касающаяся космополитического использования результатов научно-исследовательских работ наших ученых, является антигосударственной, она является идеологически вредной...

Положение Вавилова было сложным. Он понимал всю нелепость обвинений ведущих физиков в идеализме и космополитизме, но, будучи президентом Академии наук, не мог не участвовать в этой кампании. Все это отразилось в его докладе: с одной стороны, он пытался серьезно проанализировать развитие советской физики, начиная от ее истоков, с другой — ему пришлось давать идеологические оценки. Кстати, сокращенный доклад Вавилова, единственный из подготовленных, был опубликован. Его включили, уже после смерти Вавилова, в печально знаменитый «зеленый» сборник «Философские проблемы современной физики», вышедший в 1952 г. Он стал как бы реваншем за несостоявшееся совещание 1949 г. Его составители (А. А. Максимов, И. В. Кузнецов, Я. П. Терлецкий и Н. Ф. Овчинников) поместили в сборнике также ряд ста-

⁵ Кессених В. Н. — профессор физического факультета Московского государственного университета.

⁶ Георгиев Ф. И. — профессор философского факультета Московского государственного университета.

тей участников дискуссий в оргкомитете, отражавших цели и задачи несостоявшегося совещания.

В своем докладе, отмечая неразрывную, на протяжении столетий связь философии как мировоззрения с физикой — наукой о наиболее общих законах природы, Вавилов выдвинул тезис о том, что «физик обязан быть философом и притом хорошим». Однако большинство физиков еще не являются хорошими философами. Например, в большом курсе теоретической физики Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшица «мы не встретим достаточного философского рассмотрения основных физических проблем.. Даже... при определении задач теоретической физики авторы считают возможным ограничиться в сущности тавтологической фразой: «Теоретическая физика ставит своей целью нахождение физических законов, т. е. установление зависимости между физическими величинами». Эту мало что значащую фразу можно толковать даже как декларацию махистских, позитивистских позиций авторов».

В другом большом курсе «Статистической физики» Я. И. Френкеля «философская сторона дела, вероятно, намеренно обходится... Я говорю, "вероятно, намеренно", так как в прежних книгах Я. И. Френкель часто выступал на философские темы, нередко впадая, впрочем, в грубые философские ошибки идеалистического характера, неоднократно отмечавшиеся в нашей печати... Не делая никаких разъяснений философского характера, Я. И. Френкель предпочитает укрыться за термином "поведение", которым он предлагает заменить понятие "движение" в отношении элементарных частиц. Посредством такого филологического рецепта Я. И. Френкель якобы обходит трудности и затем с поразительной лаконичностью на двух страницах своей большой книги разделяется с методологически трудным соотношением неопределенности».

Приведа и другие примеры, Вавилов констатирует: «В массе наши физики очень редко высказывают, по крайней мере в печатном виде, свои философские взгляды на круг важнейших явлений, раскрываемых новой физикой. Весьма слаба борьба с враждебной нам идеологией, пробирающей вместе с конкретными научными результатами и незаметно в ряде случаев гипнотизирующей наших физиков»⁷.

Носители враждебной идеологии в

докладе Вавилова названы поименно: «физические идеалисты» Бор, Гейзенберг, Дирак, Шредингер, Эддингтон, Джинс и др.

Специальный раздел доклада был посвящен обсуждению статьи М. А. Маркова. Поскольку нам еще не раз придется упомянуть эту статью и дискуссию вокруг нее, расскажем о ней подробнее.

В 1947 г. М. А. Марков в порядке обсуждения опубликовал в журнале «Вопросы философии» статью «О природе физического знания»⁸. В ней он пытался с позиции диалектического материализма разобраться в основных методологических вопросах, которые встали перед физиками и философами при изучении микромира. По его мнению, трудности в познании микромира обусловлены тем простым фактом, что человек — существо макроскопическое; он имеет только макроскопические научный опыт и понятия, сформировавшиеся в классической механике, — пространственно-временные и энергетические. Источником знаний о микромире служат показания макроскопических приборов, переводящих непонятный нам язык микромира на понятный язык макроскопической физики. Поэтому теория микромира — квантовая механика — поневоле носит специфический характер, описывая поведение микрочастиц в терминах макроскопической механики. Но тем не менее квантовая механика дает достоверные и точные знания о микромире, более того, позволяет утверждать (несмотря на ограничения в описании частиц, налагаемые принципом неопределенности), что возможно полное познание микромира.

Статья Маркова вызвала большую дискуссию на страницах журнала. Его выводы объявили идеалистическими, а самого Маркова обвинили в агностицизме.

В своем докладе Вавилов в какой-то степени взял Маркова под защиту, отметив, что тот впервые поставил ряд методологических вопросов физики микромира с диалектических позиций, но все же обвинил его в догматизме, поскольку Марков верит, что квантовая механика является замкнутой, полной теорией мира, т. е. в ней уже достигнута абсолютная истина.

Говоря о космополитизме, Вавилов отмечал, что «для многих физиков до недавнего прошлого, например, особое значение имело то обстоятельство, что их работы процитированы в английских, американских, немецких журналах, хотя часто такое цитирование вовсе не свидетельствовало о знании

⁷ Вавилов С. И. // Философские проблемы современной физики. М.: Наука, 1952. С. 5—30.

⁸ Вopr. философии. 1947. № 2. С. 140—176.

самой цитируемой работы, а только о том, что эта работа упоминалась в соответствующем библиографическом справочнике. <...> В отдельных случаях на обложке иностранного журнала извещалось, что редакция не отвечает за содержание печатаемых статей, и было известно, что многие якобы авторитетные журналы печатали весьма недоброкачественный материал. <...>

Другой формой сугубого признания авторитета иностранной науки было невнимание и даже в некоторых случаях презрение к отечественной научной литературе. Наши собственные научные журналы читались и изучались очень мало. <...> Примерно до 1935 г. весьма значительная часть нашей продукции публиковалась за границей. Результаты такого положения дела теперь, в итоге широкого общественного обсуждения, стали хорошо известны. Без всяких серьезных оснований наши ученые сами способствовали принижению достоинства своей же науки, приучили иностранцев к высокомерному, снисходительно-покровительственному отношению к русским ученым и к русской науке в целом... Дело, к сожалению, в том, что „преклонение перед Западом“ продолжает еще заметно тлеть под кучей сгоревшего раболепия».

В заключение Вавилов призвал к серьезному философскому осмыслению новой физики, идеологической борьбе с идеализмом, «переоценке прошлого нашей отечественной физической науки», имея в виду борьбу за восстановление приоритета русских и советских физиков.

Доклад Вавилова бурно обсуждался оргкомитетом 16 и 18 февраля 1949 г. Он явно не понравился, ждали большего. Общее мнение выразил Предводитель: «Все острые углы, которые имеются, в известной степени сглажены». Философ Кузнецов: «С. И. Вавилов все-таки не дает резкой, бичующей критики, ждановской характеристики состояния буржуазной философии». Максимов, Шевцов, Ноздрев, Кедров, Предводители, Путилов настаивали на более резкой критике Френкеля. «Френкель никогда, ни разу не отказался от своих ошибок, от своего идеализма не отреклся и последовательно, в зависимости от условий, являлся проводником этого идеализма», — негодовал Шевцов. Он же требовал включить в доклад критику взглядов Фока, а Путилов предложил добавить к нему еще Тамма и Леонтовича. Что касается Маркова, то тут мнения разделились. Максимов и Путилов предложили убрать его фамилию из доклада, как не заслуживающую внимания.

Не устроило членов оргкомитета и осуждение в докладе борьбы с космополитизмом. По их мнению, не были вскрыты социальные корни явления, в то время как «сейчас космополиты — прямая агентура империалистической буржуазии» (Максимов).

Дело дошло до того, что Ноздрев предложил доклад не одобрять и просить Вавилова его переделать, придав ему более «боевой дух». Однако председательствующий Шевцов настоял на одобрении доклада «в основном», с тем чтобы Вавилов учел замечания выступавших.

Вавилов представил второй вариант доклада, в котором сделал лишь минимальные исправления, в основном политического характера (в частности, указал на роль «Краткого курса истории ВКП(б)» на формирование мировоззрения физиков) и изменил название доклада: «Идеология современной физики и задачи советских физиков». Но в главном все оставил без изменений, даже не выкинул цитаты «зарубежных мракобесов» (имелись в виду Бор, Гейзенберг, Шредингер и др.), как ему советовал Вул.

По докладу Вавилова оргкомитет подготовил 29 выступлений, довольно четко делящихся на две группы. К первой относились «ортодоксальные» выступления, выдержанные в духе главных задач устроителей совещания — осудить, заклеймить, разоблачить, уничтожить (и т. д. и т. п.) «идеализм» и «космополитизм» в советской физике. Таких выступлений было большинство. Их авторы — прежде всего преподаватели физического факультета Московского университета профессора А. А. Власов, Д. Д. Иваненко, Я. П. Терлецкий, А. К. Тимирязев, В. Н. Кессених, Н. С. Акулов, А. С. Предводителев и доценты В. Ф. Ноздрев, Б. И. Спасский и М. Д. Карасев. К этой группе примыкали философы член-корреспондент АН СССР А. А. Максимов, профессор М. Э. Омеляновский, кандидаты наук И. В. Кузнецов, В. И. Свиридский, П. Е. Зребный и Р. Я. Штейнман. Противостояли им в основном сотрудники институтов Академии наук, делавшие все, чтобы готовящееся совещание не превратилось в подобие сессии ВАСХНИЛ. Это прежде всего академики А. Ф. Иоффе, В. А. Фок, А. А. Андронов, Г. С. Ландсберг, М. А. Леонтович, члены-корреспонденты АН СССР И. Е. Тамм, Я. И. Френкель, профессора В. Л. Гинзбург, Д. И. Блохинцев, М. А. Марков. Были, конечно, и колеблющиеся, не определившиеся, взгляды которых менялись в процессе обсуждения. Такова была установка сил на заседаниях оргкомитета. (Продолжение в следующем номере.)

Космические исследования

Экспедиция на «Мир»: октябрь — ноябрь 1989 г.

Космонавты А. С. Викторенко и А. А. Серебров продолжили работу на орбитальном научно-исследовательском комплексе «Мир».

С помощью обсерватории «Рентген» в рамках программы международных исследований по внеатмосферной астрономии велись наблюдения рентгеновских пульсаров в созвездии Южный Треугольник и Водолей. На телескопе «Глазар» продолжалось картографирование небесной сферы (созвездия Орион, Малый Пес, Телец, Овен, Рак) в ультрафиолетовой части спектра.

По программе исследования природных ресурсов Земли и изучения окружающей среды с помощью спектрометрической и телеаппаратуры, стационарных и ручных фотокамер космонавты провели съемки участков суши (Украины, Краснодарского и Ставропольского краев, Туркмени, Молдавии, Прикаспийской низменности) и акватории Мирового океана. При этом проводилась отработка методики передачи телевизионных космических снимков непосредственно потребителям в различные регионы страны.

Экипаж также принял участие в комплексном международном советско-кубинском проекте «Атлантика-89». Спектрометрическими приборами МКС-М, «Спектр-256» и стационарной фотоаппаратурой проведены съемки участков акватории Атлантического океана, а также измерены спектральные характеристики земной атмосферы, в том числе озонного слоя в тропиках.

В рамках международной

программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» космонавты отсняли биосферные заповедники в различных регионах. Информация будет использована для экологической оценки состояния почв и растительности в них и для изучения динамики происходящих там процессов.

Продолжены астрофизические эксперименты с помощью магнитного спектрометра «Мария». В частности, изучались связи между характеристиками потоков заряженных частиц космического происхождения в околоземном пространстве и сейсмической активностью на планете. Для оценки радиационной обстановки в районе полета орбитального комплекса использовался высокоточный дозиметр «Люлин».

По программе космического материаловедения на технологической установке «Галлар» в условиях микрогравитации получен монокристалл окиси цинка.

Много времени экипаж уделял медико-биологическим исследованиям.

© С. А. Никитин
Москва

Астрофизика

Протоструктура Метагалактики

Структуру наблюдаемой Вселенной — Метагалактики — до сих пор изучали по пространственному распределению скоплений и сверхскоплений галактик. Размеры скоплений несколько мегапарсек, а сверхскоплений ~10 Мпк. Образовалась эта структура не более 10—15 млрд лет назад. Более раннюю структуру должны определять космические объекты

старше обычных галактик, например квазары.

Недавно Д. Кунц (D. Kunth; Парижский институт астрофизики) сделал попытку обнаружить протоструктуру Метагалактики по пространственному распределению квазаров и галактик Сейферта. Статистический анализ каталогов этих объектов показал, что они очерчивают структуру с характерным масштабом около 100 Мпк. При этом наиболее уверенно эта протоструктура наблюдается при красном смещении $Z=2$, а более ранние объекты с $Z>3$ распределены практически равномерно, т. е. структура отсутствует.

XXIII Rencontre de Moriond «Dark matters». Savoie, France.
1989. P. 219—228.

Астрофизика

«Ракетный» механизм ускорения нейтронных звезд

Наиболее многочисленными из наблюдаемых нейтронных звезд — радиопульсары — движутся в пространстве со скоростями выше 300 км/с. Это следует из наблюдений за собственным движением пульсаров (когда непосредственно можно измерить проекции скорости на небесную сферу) и данных об осцилляциях радиосигнала от пульсаров, которые возникают при его прохождении через ионизованную межзвездную плазму.

Существуют разные объяснения столь высоких скоростей. Одно (чисто эволюционное) основано на том, что значительная часть радиопульсаров должна происходить из двойных систем. На поздних стадиях

Астрономия

Оптическое «кольцо Эйнштейна»

эволюции такой системы одна из входящих в нее звезд может взорваться как сверхновая, и при определенных условиях система распадется на звезды, разлетающиеся в пространстве со скоростями порядка тех, которые они имели до взрыва. Так можно объяснить значения скорости пульсаров до 500—600 км/с.

Другое объяснение связано непосредственно с вращающейся нейтронной звездой. В 1975 г. американские астрофизики Е. Тадемару и Е. Харрисон предложили «ракетный» механизм ускорения пульсара. Действительно, анизотропия в испускании релятивистских частиц с полюсов нейтронной звезды, усредненная ее вращением, будет вековым образом ускорять движение пульсара вдоль оси вращения.

Недавно Ю. П. Псковский (Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга) и О. Ф. Дорофеев (Физический факультет МГУ) предложили проверку этой гипотезы. При «ракетном» механизме следует ожидать корреляцию между наблюдаемым собственным движением пульсара и углом между осью его вращения и лучом зрения. Чем больше угол наклона, тем больше должна быть скорость собственного движения. Оценить же угол можно по характеристикам наблюдаемого радиоимпульса (в частности, по поляризации и ширине).

Авторы обработали данные для 29 пульсаров с известным собственным движением и, кроме того, включили сведения о скоростях (оцененных по межзвездным осцилляциям) еще для 28 пульсаров. Обнаружена зависимость между тангенциальной составляющей скорости пульсаров и наклоном оси его вращения к лучу зрения. Если полученный результат подтвердится и для других пульсаров, теоретикам придется всерьез задуматься над тем, как получить асимметричные выбросы из полюсов вращающейся нейтронной звезды.

И. А. Ракитин, Д. А. Смирнов, М. Г. Широкова (Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга), изучая гравитационные линзы на телескопе высокогорной станции ГАИША (Майданак), получили оптическое изображение внегалактического источника MG 1131+0456. Поскольку наблюдения велись на пределе возможностей телескопа, пришлось отказаться от фотометрических измерений, обычных для более ярких гравитационных линз, и ограничиться определением структуры оптического источника в диапазоне 400—700 нм.

Результаты обработки четырех лучших кадров представлены на рисунке (изолинии соответствуют равным отношениям «сигнал / шум»).

В области размером $5 \times 5''$ отчетливо различаются

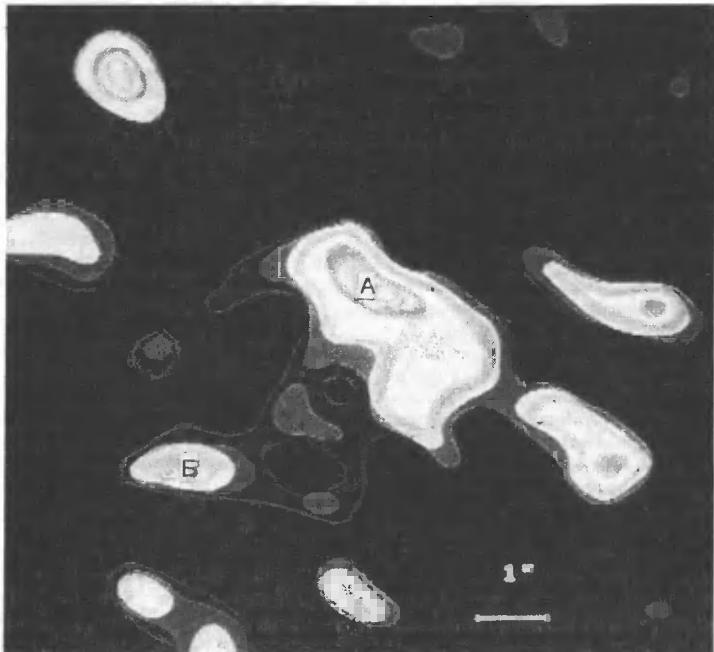
«Кольцо Эйнштейна» с компонентами А и В на оптическом изображении источника MG 1131+0456.

компоненты А и В, представляющие два изображения одного источника. Сейчас известно более 10 случаев, когда излучение далекого квазара преломляется, как в гигантской линзе, в гравитационном поле галактики, лежащей на его пути к наблюдателю. Возникает несколько изображений, расстояние между которыми и взаимное расположение зависят от конфигурации системы «квазар — галактика — наблюдатель» и распределения массы в галактике¹.

Если массивное тело лежит на линии источник — наблюдатель, изображением источника будет кольцо, названное «кольцом Эйнштейна». Похоже, что для источника MG 1131+0456 реализуется сей редкий случай. Угловые размеры компонента А — $2,5 \times 0,9''$; компонента В — около $0,6''$ (на пределе разрешения телескопа).

Эти результаты сопоставлены с радиоизображением того же источника, полученным в Национальной радиоастрономиче-

¹ Подробнее об этом см.: Блиох П. В., Минаков А. А. Гравитационные линзы // Природа. 1982. № 11. С. 59—69.



Астрономия

Радиоголо у галактики NGC 4945

ской обсерватории (США) на интерферометре со сверхдлинной базой². (Известно, что радиоизлучение приходит из областей, не обязательно совпадающих с областью оптического излучения, поэтому радиоизображение может несколько отличаться от оптического.) На частотах 5 и 15 ГГц объект выглядит как эллиптическое кольцо, сопровождаемое парой компактных источников. Расстояние между ними и их ориентация почти совпадают с аналогичными параметрами оптического изображения. Но кроме компонентов А и В на радиокarte присутствует источник низкой поверхностной яркости С, расположенный к юго-западу от кольца. Более того, высокое угловое разрешение интерферометра (0,12") позволило обнаружить двойственность компонента А.

Были предприняты попытки связать радиоисточник с оптическим. С помощью 4-метрового телескопа обсерватории Кит-Пик с радиоисточником MG 1131 был отождествлен объект 22-й звездной величины. Плохие погодные условия не позволили получить качественные спектры и измерить красное смещение оптического двойника.

По данным радио- и оптических наблюдений, MG 1131 + 0456 очень похож на «кольцо Эйнштейна». Предложен ряд гипотез о природе источника излучения. Это может быть активная галактика с компактным двойным ядром и двумя областями высокой радиояркости, одна из которых находится точно за линзой и отображается в кольцо, а вторая удалена от оси и наблюдается в виде компонента С. Ядро расположено близко от оси, поэтому распадается на два изображения — А и В, причем каждое имеет двойственную структуру.

Возможны и другие модели. Окончательный выбор позволят сделать дальнейшие исследования.

© Д. А. Смирнов
Москва

Радиоастрономы из ФРГ и Австралии, проводя совместные наблюдения в диапазоне длин волн 1—6 см, обнаружили протяженное радиоголо у спиральной галактики NGC 4945. Оно имеет синхротронную природу, т. е. обусловлено излучением электронов в магнитном поле. Ранее протяженные радиоструктуры наблюдались у нескольких галактик (NGC 891, 4631, 613, 3079, 4151, 4258 и 4388), видимых, как и NGC 4945, с торца. Поляризационные измерения выявили две области в радиоголо NGC 4945, видимо, обладающие регулярным магнитным полем, которое играет важную роль в удержании космических лучей. Имеется ли регулярное поле во всем радиоголо, пока неясно.

Наблюдения в оптическом и инфракрасном диапазонах свидетельствуют о том, что NGC 4945 содержит большое количество пыли и газа. В результате радиоизлучение ее диска неполяризовано из-за известного в оптике эффекта Фарадея (то, что в рукавах спиральной галактики есть регулярное магнитное поле, сомнений не вызывает). Возможно, так же обстоит дело и в радиоголо NGC 4945.

Возникает вопрос: можно ли в принципе узнать что-либо о структуре магнитного поля радиоголо в случае, подобном NGC 4945? Деполяризация падает с уменьшением длины волны, но тогда все большую долю в принимаемом радиоизлучении составит тепловое. Выделить относительно слабую поляризованную составляющую на фоне интенсивного неполяризованного излучения трудно. Но даже если провести необходимые поляризационные измерения на разных частотах (что уже само по себе сложно), неясно соотношение регулярного и случайного магнитных полей, ведь последнее вызывает синхротронное излучение, которое, как и тепловое, неполяризовано. Если предыдущие трудности в основном техниче-

ские (отсутствие нужных телескопов и многочастотных приемников с идентичными характеристиками), то последняя — принципиальная.

Вот здесь и может быть полезен разработанный недавно метод статистического исследования регулярного и случайного магнитных полей удаленных протяженных объектов¹. Фарадеевское вращение плоскости поляризации для него не помеха — он не требует поляризационных измерений (как и многочастотных). Единственно, что нужно, — подробное распределение радиояркости исследуемого объекта (на котором бы различались детали, сравнимые с характерным масштабом случайного магнитного поля). Метод позволяет определить не только направление и величину регулярного магнитного поля, но и корреляционные функции случайного магнитного поля, которые важны для понимания не только динамики релятивистских частиц в гало, но и самого процесса генерации магнитного поля.

Если в 1993 г. удастся осуществить проект «Радиоастрон», т. е. вывести на орбиту радиотелескоп, будут получены подробные радиоизображения многих галактик. Тогда загадки, подобные той, что преподнесла NGC 4945, будут решаться быстро и без особых усилий. Сравнить статистические характеристики магнитных полей различных галактик, астрономы, возможно, поймут, почему в одних галактиках радиоголо наблюдаются, а в других нет.

Astronomy and Astrophysics. 1989. № 216. P. 39—43 (США).

Астрономия

«Ревизия» в системе Нептуна

Обнаружение у Нептуна третьего спутника (временное наименование 1981 N 1) заставляет астрономов по-новому взглянуть на происхождение

¹ Подробнее об этом см.: Метод исследования космической турбулентности // Природа. 1989. № 1. С. 102—103.

² Hewitt J. N. et. al. // Nature. 1988. Vol. 333. P. 537.

этой системы. Открытый «Вояджером-2» при подлете к Нептуну в июле 1989 г., 1981 N 1 совершает полный оборот вокруг планеты примерно за 27 ч; он находится на почти правильной круговой орбите в плоскости экватора планеты, на высоте 92 700 км над верхней границей облаков.

Такая упорядоченность в его движении резко контрастирует с «поведением» уже известных спутников Нептуна — Тритона и Нериды. Так, орбита Тритона, также круговая, наклонена к экватору под углом 20°; к тому же этот спутник обращается в направлении, обратном по сравнению с большинством тел в Солнечной системе. А Нерида, хотя и движется в «правильную» сторону, но по орбите, наклоненной на 30° и наиболее вытянутой.

До сих пор считалось, что Тритон был самостоятельным небесным телом, лишь позднее захваченным тяготением Нептуна. Предполагалось, что его первоначальная орбита вокруг планеты была не круговой, но за сотни миллионов лет под влиянием приливных сил все более приближалась к правильной окружности. Теперь же, с открытием 1989 N 1, эти представления придется отбросить. Ведь новый спутник обнаружен там, где его «не должно было быть». Если Тритон сравнительно недавно попал в систему Нептуна, он должен был проходить так близко к любой его «старой» луне, находящейся, как и 1989 N 1, на низкой орбите, что они давно или столкнулись бы, или их орбиты очень сильно исказились бы из-за взаимного притяжения.

New Scientist. 1989. Vol. 123. № 1674.
P. 31 (Великобритания).

Астрономия

Стабильны ли астероиды?

Вопрос о том, насколько стабильно кольцо астероидов между Юпитером и Сатурном, давно занимает ученых, в частности и потому, что гипотетический «срыв» астероида с орбиты нередко привлекался для

объяснения катастроф в геологической истории Земли.

В 1973 г. астрономы М. Лекар и Ф. Франклин (M. Lecar, F. Franklin; Гарвард-Смитсоновский центр астрофизики, Кембридж, штат Массачусетс, США) провели вычисления, показавшие, что орбиты тел в поясе астероидов обладают большой стабильностью. Вычисления охватили период 500 обращений Юпитера вокруг Солнца. Исследователи пришли тогда к выводу, что существует не один, а два пояса со стабильными орбитами (их радиусы — в 1,35 и 1,45 раз больше расстояния Юпитера от Солнца).

Однако в 1989 г. эти же ученые и присоединившийся к ним П. Сопер (P. Soper; Семинария св. Иоанна, Бостон, штат Массачусетс), используя более совершенный математический аппарат и ЭВМ с большим быстродействием, пришли к иному заключению. Они рассчитали 135 гипотетических орбит астероидов на период 40 тыс. оборотов Юпитера вокруг Солнца. Установлено, что из-за гравитационного воздействия Юпитера и Сатурна ни один из них не сможет оставаться на своей орбите дольше, чем несколько десятков миллионов лет. После этого любой астероид должен быть выброшен за пределы пояса. При этом, если он пересекает орбиту Юпитера, то дальше направится к Солнцу, а если орбиту Сатурна — покинет Солнечную систему.

Icarus. 1989. Vol. 79. P. 223 (США).

Планетология

«Молчаливые» вулканы Венеры

Одной из наиболее распространенных геологических пород на Венере являются кальциты, или карбонаты кальция. В свое время Р. Принн (R. Prinn; Массачусетский технологический институт, Кембридж, США) предположил, что кальциты, вступающие в реакцию с двуокисью серы, способны «изымать» ее из атмосферы Венеры. Но поскольку сплошной облачный покров Венеры состоит

из капель серной кислоты, образуемой из газообразной двуокиси серы, должен существовать некий источник (вероятнее всего — вулканы), который постоянно пополняет запасы двуокиси серы.

Недавно Р. Принн совместно с Б. Фегли (B. Fegley) выполнил ряд экспериментов, имитирующих реакции между атмосферой Венеры и ее поверхностью. Измерения интенсивности взаимодействия кальцита с двуокисью серы велись при температуре 750 К. Установлено, что имеющиеся на поверхности планеты кальциты в состоянии «клизать» весь запас атмосферной двуокиси серы всего за 2 млн лет, т. е. за период гораздо меньше возраста Венеры (4,6 млрд лет).

Какова же должна быть вулканическая деятельность, чтобы поддерживать нынешнее содержание двуокиси серы в атмосфере Венеры? Как подсчитали ученые, для этого все вулканы Венеры ежегодно должны выбрасывать около 1 км³ лавы (всего 5% выбросов вулканов Земли).

Это предположение подтвердила информация «Венеры-15 и -16», проводивших радиолокационную съемку поверхности, в частности кратеров на ней. Если бы они были источниками многочисленных извержений, лава и вулканический пепел должны были бы покрывать большую часть кратеров, что не наблюдалось. Из анализа изображений следует, что вулканы Венеры выбрасывают не более 2 км³ лавы.

Теперь перед специалистами по сравнительной планетологии и геологии встал ряд проблем. До сих пор считалось, что две «соседки» — Земля и Венера, обладающие сходными размерами, должны выделять одинаковое количество тепла. Так как земная кора разбита на плиты, тепловая энергия недр сравнительно легко выделяется на поверхность в районе разломов, по границам плит. Поскольку Венера плитовая тектоника, видимо, не свойственна, предполагалось, что тепло там выделяется главным образом в ходе мощной вулканической деятельности, сопровождаемой излиянием огромного количества ла-

вы. Если внутренние источники тепла в недрах Венеры аналогичны земным, на ее поверхность должно было бы поступать не менее 200—300 км³ лавы. Но это опровергается результатами последних исследований.

Итак, необходимо выяснить, идет ли образование тепла на Венере менее интенсивно, чем на Земле, или же она обладает иными, невулканическими каналами его рассеяния. Nature. 1989. Vol. 337. № 6202. P. 55 (Великобритания).

Математика

Миллиард десятичных знаков для числа π

Математики Колумбийского университета (США), используя новый алгоритм вычисления на ЭВМ π , получили это число с огромным числом десятичных знаков.

π представляется бесконечным рядом слагаемых, вычисления которых можно все более приближаться к истинному значению. В новом методе ряд сходится быстрее, и вычислены 480 млн десятичных знаков (прежний рекорд — 210 млн).

Математики собираются продолжить вычисления новых слагаемых ряда, распределив работу среди многих людей, например студентов. Применяемый алгоритм позволяет работать «групповым методом», используя результаты, получаемые независимо на небольших компьютерах. Другая особенность алгоритма — возможность автоматически проверять правильность вычислений и при необходимости корректировать результат. Это позволит свести к минимуму риск испортить весь труд из-за случайных сбоев в работе компьютеров.

Итак, есть надежда вычислить π с точностью до миллиардов десятичных знаков, что позволит исследовать структуру цифрового представления этого числа. Распределение цифр может отражать некую закономерность, анализ которой будет проводиться статистическими методами. Уже сейчас видны первые намеки на систему в

распределении цифр. Для полного анализа необходимо несколько миллиардов десятичных знаков.

Science News. 1989. Vol. 135. № 24. P. 372 (США).

Физика

Первые новости с e^+e^- -коллайдеров

Получены первые сообщения о результатах точных измерений массы и времени жизни Z^0 -бозона.

Z^0 -бозон, открытый на pp-коллайдере ЦЕРН в 1983 г., наряду с W^+ - и W^- -бозонами — переносчик одного из четырех видов фундаментальных взаимодействий — слабого. Существование Z^0 -бозона задолго до его открытия было предсказано в рамках стандартной модели электрослабых взаимодействий (модель Вайнберга — Салама — Глэшоу), содержащей некоторое число параметров, значение которых определяется экспериментально; масса Z^0 -бозона относится к числу таких

гней, достаточной для рождения Z^0 . Возникающие в e^+e^- -столкновениях Z^0 -бозоны быстро распадаются либо на два лептона, либо на два кварка, порождающих две адронные струи. Зарегистрированные детектором адронные или лептонные состояния сигнализируют о рождении Z^0 . Премущество e^+e^- -коллайдеров над протон-антипротонными обусловлено тем, что при столкновении pp рождается много адронов, независимо от того, появились ли в промежуточном состоянии Z^0 или нет. Поэтому те адроны, которые возникают как продукты распада Z^0 , должны быть выделены на фоне прочих адронов; в результате из-за большого фона существенно возрастают ошибки в определении массы и ширины Z^0 .

Пока получены результаты измерений четырех групп в ЦЕРНе, где недавно начал работать кольцевой e^+e^- -коллайдер, и одной — в Станфорде (США), где весной 1989 г. на линейном e^+e^- -коллайдере стали регистрировать Z^0 -бозоны. Полученные данные выглядят так:

Группа	Число событий	Масса, ГэВ	Ширина, ГэВ	Число разновидностей нейтрино
ALRH	3320	$91,174 \pm 0,054$	$2,68 \pm 0,15$	$3,27 \pm 0,30$
DELPHI	1038	$91,10 \pm 0,1$	$2,24 \pm 0,23$	$2,91 \pm 0,70$
L3	2538	$91,132 \pm 0,075$	$2,59 \pm 0,14$	$3,42 \pm 0,45$
OPAL	4359	$91,010 \pm 0,051$	$2,60 \pm 0,13$	$3,12 \pm 0,42$
SLAC	480	$91,14 \pm 0,12$	$2,40^{+0,46}_{-0,38}$	$2,8 \pm 0,6$

параметров. Не менее важно точно измерить и ширину Z^0 -бозона, так как она позволяет определить, какое число частиц (точнее, поколений частиц) необходимо включить в стандартную модель. Это означает, что чем больше частиц включено в стандартную модель, тем больше возможностей для распада Z^0 и, следовательно, тем меньше его время жизни (т. е. больше ширина).

Для таких измерений были построены мощные e^+e^- -коллайдеры — ускорители встречных пучков электронов и позитронов с полной энер-

В рамках стандартной модели предсказывается, что трем поколениям частиц отвечает ширина Z^0 , равная 2,5 ГэВ. Следовательно, из четвертого столбца таблицы следует, что существуют три поколения лептонов и кварков. Такой вывод следует и из пятого столбца (при определении числа разновидностей нейтрино по данным эксперимента предполагалось, что число массивных лептонов и кварков отвечает трем поколениям стандартной модели).

Preprint L3-001. 1 October, 1989 (Швейцария).

Противовирусная химиотерапия

В Институте биоорганической химии СО АН СССР (Новосибирск) и Институте полиомиелита и вирусных энцефалитов АМН СССР (Московская обл.) разработан новый подход к созданию противовирусных препаратов. Речь идет об избирательном повреждении или блокировании вирусного генома с помощью синтетических, так называемых антисмысловых, олигонуклеотидов (среднего размера нуклеотидов, составляющих основу нуклеиновых кислот), комплементарных нуклеотидным последовательностям самой вирусной нуклеиновой кислоты.

Суть метода в том, что антисмысловые олигонуклеотиды, состоящие из 10—20 мономеров с реакционноспособной группировкой (как правило, это алкилирующая группа) на 5'-конце, т. е. присоединенной к 5-му атому углерода рибозы, образуют прочный комплекс с тем участком вирусной нуклеиновой кислоты, которому они комплементарны. Кроме водородных связей этот комплекс дополнительно стабилизирован ковалентной связью, образуемой алкилирующей группой.

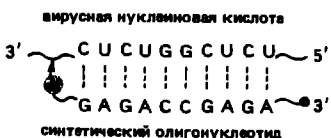
Теперь же показано, что этот подход эффективен и *in vivo*, при подавлении инфекции в живом организме².

В экспериментах четыре группы мышей (по 15—20 животных в каждой) подвергали внутрибрюшинному заражению вирусом клещевого энцефалита. Экспериментальным группам внутрибрюшинно вводились производные олигонуклеотидов через 3, 6, 9, 18, 26, 34, 42, 50, 58 и 64 ч после заражения. В контрольной группе, где проводились инъекции физиологического раствора, все животные погибли к 15-му дню после заражения. У подопытных мышей инкубационный период затягивался в среднем на 1,5 дня, и значительная часть животных выживала.

Итак, эксперименты выявили специфичный противовирусный эффект антисмысловых олигонуклеотидов, комплементарных РНК вируса клещевого энцефалита, что свидетельствует о перспективах подобной химиотерапии вирусных инфекций.

© В. В. Шумянцева,
кандидат химических наук
Москва

Медицина



Взаимодействие вирусной нуклеиновой кислоты с синтетическим олигонуклеотидом (реакционноспособная алкилирующая группа на 5'-конце показана цветом).

Возможность замедлять размножение вирусов антисмысловыми олигонуклеотидами продемонстрирована ранее на культурах клеток с вирусами саркомы Рауса, гриппа, герпеса, HTLV-I, клещевого энцефалита, т. е. в экспериментах *in vitro*¹.

¹ Погодина В. В., Фролова Т. В., Абрамова Т. В. и др. // Доклады АН СССР.

Перспективы пересадки печени

Успех пересадки органов (в том числе печени) во многом зависит от времени, которое требуется для доставки органа от донора к реципиенту. Для печени оно не могло быть больше 10 ч, что значительно затрудняло пересадку.

Ф. Бельцер и Дж. Сутард (F. O. Belzer, J. H. Southard; Висконсинский университет, США) предложили консервирующую жидкость для хранения донор-

ской печени до 24 ч, а С. Тодо и Т. Штарл с коллегами (S. Todo, Th. C. Starzl; Питсбургский университет, США) определили, что из 185 органов, хранившихся в ней, 44 % сохраняли жизнеспособность более 9,5 ч, а некоторые — до 24 ч (в прежнем растворе ткань печени разрушалась, как правило, уже через 5 ч). Спустя неделю после пересадки состояние тканей печени было нормальным даже при длительном хранении ее в новой консервирующей жидкости. Больные реже нуждались в повторной пересадке печени, чем те, которым пересадили органы, хранившиеся в традиционном растворе.

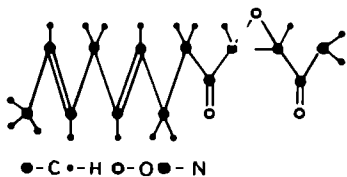
Механизм действия нового консерванта пока неизвестен, однако, по мнению создателей, он предохраняет клетки печени от набухания во время охлаждения, что обычно ведет к их гибели. Увеличение сроков хранения печени намного расширит возможности ее пересадки.

The Journal of the American Medical Association. 1989. Vol. 261. № 5. P. 25—27 (США).

Биохимия

Антибиотик действует на протеазу вируса СПИДа

Американские ученые под руководством Дж. Блуменштейна (J. Blumenstein; Лаборатория химической и физической онкологии, Фредерик) показали, что церуленин (см. рис.), обла-



дающий противогрибковую активность, ингибирует протеазу (фермент, расщепляющий белки), выделенную из вируса СПИДа. Эта протеаза, необходимая для размножения и функционирования вируса СПИДа, изучена довольно хорошо, известна ее пространственная структура и строение актив-

1988. Т. 301. № 5. С. 1257—1260; Кнорре Д. Г., Власов В. В. // Вопр. вирусологии. 1985. № 5. С. 524—529.

² Погодина В. В., Фролова Т. В., Фролова М. П. и др. // Доклады АН СССР. 1989. Т. 308. № 1. С. 237—239.

ного центра, содержащего аспарагиновую кислоту¹.

Интересно, что церулин и его синтетические производные, полученные авторами, действуют избирательно — другие протеазы с аспарагиновой кислотой в активном центре (например, ренин) ими не подавляются. Однако этот антибиотик тормозит активность вирусов саркомы Рауса и лейкемии мышей. Выделяют церулин из гриба *Serphalosporium caeruleus*. Механизм его действия пока неясен.

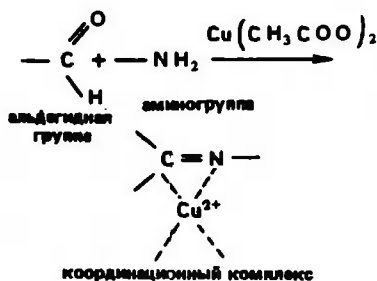
Biochemical and Biophysical Research Communication. 1989. Vol. 163, № 2. P. 980—987 (США).

Биохимия

Новый метод иммобилизации ферментов

Японские ученые из университета Хоккайдо (Саппоро) предложили новый химический метод иммобилизации (закрепления) фермента на полимерной основе. Они использовали в качестве модели известную в органической химии реакцию взаимодействия альдегидов с аминами, в результате которой образуются так называемые основания Шиффа. Метод позволяет многократно использовать фермент с высокой активностью в качестве биологического гетерогенного катализатора. Основания Шиффа нестабильны, однако их можно стабилизировать ионами меди (Cu^{2+}), когда за счет образования координационного комплекса связь между соединением, содержащим аминогруппу и альдегидную группу, будет устойчивой.

Исследователи модифицировали протеолитический фермент химотрипсин, введя концевую альдегидную группу. Полимерной основой служила сефароза (полисахарид) с присоединенными молекулами лизина — аминокислоты, обладающей свободной аминогруппой.



Реакция образования оснований Шиффа, стабилизированных ионами меди, входящими в координационный комплекс.

Источником ионов меди служил ацетат меди. После такой иммобилизации активность химотрипсина составила 72 % от исходной. Иммобилизация новым методом обратима: при обработке полученного комплекса этилендиаминтетрауксусной кислотой, взаимодействующей с ионами меди, можно получить химотрипсин в свободном виде. Важно, что при замене меди на цинк, никель или кобальт устойчивые соединения не образуются. Метод может быть применим и для иммобилизации других ферментов.

Biochemical and Biophysical Research Communication. 1989. Vol. 162, № 1. P. 408—414 (США).

Зоология

Паразиты или хищники?

Долгие годы недоумение ученых вызывали страшные кратеровидные шрамы у крупных морских животных (китов, тунцов, мечерылых), попадавших в орудия лова. Предполагали, что это следы жизнедеятельности

паразитических микроорганизмов или беспозвоночных.

По мнению Е. Джонса, эти ранения нанесены мелкими мезопелагическими акулами рода *Isistius*, поднимающимися ночью к поверхности океана¹. Хорошо изучены два их вида: *I. brasiliensis* и *I. plutodus*, описан и третий, обитающий у берегов Китая, — *I. labialis*. Они довольно редки, встречаются лишь в теплых и умеренных водах и, по имеющимся сведениям, питаются мелкой рыбой и беспозвоночными².

Известный американский ихтиолог Л. Компанья также обвинил в нанесении упомянутых травм представителей рода *Isistius*, объяснив это «факультативным (необязательным) паразитизмом»³. Того же мнения и советский систематик Н. В. Парин, считающий, что акулы присасываются губами к боку своей жертвы и, вонзив в нее большие нижнечелюстные зубы, врачаются, как бы выпиливая из кожи и мышц жертвы конический или цилиндрический кусок⁴.

То, что акулы присасываются к телу жертвы, пока скорее из области предположений, а вот вращение при откусывании мяса из тела жертвы мелких акул семейства *Dalatidae* (к нему относится и род *Isistius*) удавалось неоднократно наблюдать. Форма головы, зубов и строение челюстей у акул этого

¹ Jones E. C. // Fishery Bull. NASA. 1971. Vol. 69. P. 791—798.

² Мягков Н. А. // Вопр. ихтиологии. 1984. Т. 24. Вып. 2. С. 329—331.

³ Compagno L. J. V. // Sharks of the World. Pt. 1. Fao Fish. Symp. 1984. Vol. 125. № 4 (1). P. 94, 96.

⁴ Парин Н. В. Рыбы открытого океана. М., 1988. С. 139—140.



¹ Также см.: Фермент меняет облик // Природа. 1989. № 1. С. 106—107.

Акула вида *I. brasiliensis*, ее зубы верхней и нижней челюсти, вид головы спереди.

рода подтверждают такую возможность.

Испанские ихтиологи проанализировали шрамы на теле тунцов и мечерыльных, пойманных на крючок в водах северо-восточной части Атлантики с апреля 1984 г. по апрель 1985 г.⁵ Было обследовано 29,5 тыс. рыб, из них у 7,1 % обнаружены шрамы диаметром 40—75 мм, иногда до 100 мм, причем «старых» шрамов среди них не было.

Все это наводит на мысль о своеобразном способе питания представителей рода *Isistius*. Они нападают на ослабленную или пойманную на крючок добычу, во много раз превосходящую их по размерам и вырывают (выпиливают) у нее из тела куски кожи и мяса. Это подтверждает и то, что крайне редки подобные травмы у животных, пойманных тралями, и то, что почти нет «старых» шрамов. Итак, отнесение данного явления к паразитизму не обосновано, это оригинальное хищничество, дающее мелким глубоководным акулам дополнительный источник пищи.

© Н. А. Мягков,
кандидат биологических наук
Москва

Зоология

Лягушка, питающаяся ягодами

Известно, что взрослые земноводные, в том числе лягушки, питаются животной пищей (в основном, беспозвоночными). Правда, иногда в их желудках находят остатки растений, однако, как считается, захвачены они случайно вместе с движущейся добычей.

Недавно бразильские ученые из Национального музея (Рио-де-Жанейро) установили, что небольшая древесная лягушка, ромбоглазая квакша (*Nyctanolis tringata*) может питаться ягодами. Эта лягушка обычно встречается в пазухах листьев тропи-

ческих растений из семейства бромелиевых. Ее меню — в основном членистоногие (кузнечики, жуки, пауки, тараканы, стрекозы и гусеницы). Но вместе с ними в отделах пищеварительного тракта квакши встречаются плоды и семена растений четырех видов, из которых два удалось определить: *Anthurium harrisii* (Araceae) и *Erythroxylum ovalifolium* (Erythroxylaceae). Являются ли эти плоды (ягоды) именно пищей, а не «мусором», попутно попадающим в желудок лягушки при охоте на беспозвоночных? Для выяснения этого 10 лягушкам, содержащимся в террариумах, давали только ягоды *A. harrisii* и следили, чтобы там не было беспозвоночных. Обнаружено, что часть ягод за ночь исчезает, а в экскрементах лягушек встречаются семена. На такой вегетарианской диете 2 лягушки прожили 4 месяца.

Что привлекает лягушек в растениях и насколько распространено их питание растительными продуктами — еще предстоит выяснить.

Сорея. 1989. № 3. Р. 781—783 (США).

Зоология

Муравьи-кочевники и обезьяны-игрунки

Когда под пологом влажного тропического леса Южной Америки медленно движутся полчища муравьев-кочевников, перед ними бегут все обитатели лесной подстилки: пауки, скорпионы, кузнечики, тараканы. Это массовое бегство от хищных муравьев, которых иногда даже называют «грозой джунглей», используют на благо себе другие животные: птицы летают над фуражирующими отрядами кочевников и хватают взлетающих насекомых; многие ящерицы и жабы держатся неподалеку от муравьиных колонн, подстерегая насекомых, спасающихся бегством. Теперь, как выяснилось, к этой «свите» муравьев-кочевников можно добавить игрунковых обезьян рода *Callithrix*.

Наблюдения в тропиче-

ских лесах Бразилии позволили установить, что игрунки трех видов (*C. flaviceps*, *C. hummeralifer*, *C. kuhli*) регулярно добывают пропитание (значительную часть которого составляют насекомые), сопровождая муравьев-фуражиров. Обычно обезьяны располагаются на нижних ветвях на высоте около 1 м над землей непосредственно перед фронтом перемещающегося скопления муравьев и ловят взлетающих и убегающих сверчков, кузнечиков, тараканов, пауков и других членистоногих. Иногда игрунки рискуют отобрать у муравьев уже захваченную ими добычу: схватив облепленное муравьями насекомое, обезьянка быстро отряхивает их на землю и затем поедает добычу. Эта операция не всегда заканчивается удачно: исследователи наблюдали, как оставшийся на отобранной добыче муравей больно ужалил хватчицу.

Муравьи-кочевники позволяют игрункам получать обильный корм; надаром обезьяны сопровождают муравьев на протяжении 2—3 ч, медленно перемещаясь по ветвям. Интересно, что игрунки движутся только следом за муравьями *Labidus praedator* и *Eciton burchelli*, которые фуражируют широким фронтом, но не проявляют внимания к *E. hamatum*, передвигающимся узкими колоннами и потому вспугивающим слишком мало насекомых.

Journal of Tropical Ecology. 1989. Vol. 5. № 1. Р. 113—116 (США).

Физиология. Эмбриология

Оплодотворение в пробирке — поиски продолжаются

Специалисты из Йельского университета (США) нашли, что при оплодотворении *in vitro* (в пробирке) чаще рождаются мальчики. Если при естественном оплодотворении соотношение родившихся мальчиков и девочек составляет 1,06, то при оплодотворении яйцеклетки вне организма матери — 1,83. Предполагают, что изменение этого

⁵ Munoz-Chapuli R., Rey Salgado J. C., De La Serena J. M. // J. Mar. Biol. Ass. U. K. 1988. Vol. 68. № 3. Р. 315—321.

соотношения зависит от многих факторов: дня женского полового цикла, в который взята яйцеклетка, особенностей спермы и методики ее обработки для опытов в пробирке, возраста матери и других, еще не изученных аспектов. Для удачного искусственного оплодотворения необходимо как можно полнее воспроизвести естественные условия зачатия и оплодотворения яйцеклетки.

Р. Демир (R. Demir; Медицинский центр, Чикаго) испытал несколько синтетических сред для искусственного оплодотворения, различных по минеральному составу. Исходя из этого им разработаны требования к составу среды для оплодотворения в пробирке. Создание таких сред расширит возможности применения этой, сейчас уже широко распространенной процедуры.

The Mount Sinai Journal of Medicine. 1989. Vol. 56. № 2. P. 141—146 (США).

Биология

Информационный «танец» пчелы-робота

Согласованная деятельность многотысячной семьи медоносных пчел *Apis mellifera* немыслима без обмена информацией между ее членами. Внимательно наблюдая их поведение в улье, известный немецкий биолог К. фон Фриш в 1946 г. открыл способ сигнализации пчелой-разведчицей о месте массового цветения или о подходе для поселения роя дупле или улье. На вертикально висящих сотах, в полной темноте разведчица указывает свите из нескольких фуражиров направление и расстояние до цели с помощью особого — виляющего, или восьмерочного, «танца», в котором движения брюшка сопровождаются пульсирующими низкочастотными звуками. Периодически «танцовщица» отрыгивает каплю содержимого желудка, которую пробует свита. Ориентация прямолинейной траектории полета по отношению к вертикали означает, под каким углом к солнцу находится цель, при этом направление строго вверх приравнивается к

положению светила. Впоследствии ученики Фриша установили, что информация о дальности полета кодируется также и звуком, но остается неясным, какими именно его параметрами. Застраживание в расшифровке «языка» пчел еще и в том, что неизвестно, какой орган воспринимает звук. Недавно описанные Е. К. Еськовым слуховые волоски головы слишком чувствительны, чтобы локализовать разведчицу среди многих других одновременно «танцующих» соседей, а иных слуховых рецепторов у пчел заведомо нет.

Датский биофизик А. Михельсен с коллегами, в том числе западногерманским знатоком пчел М. Линдауером, разработали и успешно испытали в 1989 г. управляемую компьютером механическую модель «танцовщицы» (примерно в натуральную величину), воспроизводящую элементы «танца» применительно к конкретным случаям указания цели¹. Модель приводят в движение несколько электромоторов, а «крыльями» служит электромагнитный вибратор. «Голова» робота периодически выделяет каплю пахучей сладкой приманки, которую должны найти мобилизованные ею фуражиры в искусственном цветке в полевой обстановке. Оказалось, что статистические фуражиры с высокой достоверностью определяют направление на цель и находили ее по совокупности сигналов модели, хотя и с меньшей вероятностью, чем в контрольном опыте с живой «танцовщицей». Робот не считается с сопровождающей свитой, расталкивает пчел, вероятно поэтому его эффективность ниже. При выключении вибрации «брюшка» или звука (вибрации «крыльев») положительного результата не было. Когда цель располагалась на расстояниях 100, 250, 500 или 1000 м от экспериментального улья, фуражиры одинаково успешно использовали соответствующие указания модели, генерировавшей оба компонента «танца».

Михельсен надеется уже

в ближайший летний сезон уточнить, какие именно параметры звука несут информацию о расстоянии до цели и как они детектируются. Есть предположение, что фуражиры свиты, поднося антенны (усики) к брюшку «танцовщицы», улавливают колебания потоков воздуха, создаваемые ее «крыльями».

Главное, о чем, правда, не пишет автор, — будет завершен многолетний спор Фриша и его последователей с американскими оппонентами (А. Веннер и др.), которые вообще отрицают информационное содержание «танца». Наконец, успешное испытание пчелы-робота вселяет заманчивую надежду искусственно направлять фуражиров на заданные объекты опыления, т. е. полностью подчинить пчел воле человека.

© Г. А. Мазохин-Поршняков, доктор биологических наук Москва



Охрана природы

Штраф за убийство дятла

Получив разрешение на строительство жилых домов недалеко от Окалы (штат Флорида, США), в местности, где обитают красногловые дятлы, находящиеся под угрозой исчезновения, один из застройщиков вырубил около сотни старых сосен, в дуплах которых гнездились эти птицы. К тому же его служащие убили двух дятлов.

Федеральный суд обязал застройщика уплатить в фонд Службы рыбных ресурсов и живой природы США 300 тыс. долл., которые будут использованы на приобретение лесных участков в местах обитания красногловых дятлов. Ранее суд штата Флорида приговорил его к уплате 75 тыс. долл.; кроме того, по решению местного суда ему пришлось приобрести 150 акров земли, где гнездятся красногловые дятлы, и передать эту землю в распоряжение Комиссии по охоте и речному рыболовству.

International Wildlife. 1989. July — August. P. 28 (США).

¹ Michelsen A., Lindauer M. // Naturwissenschaften. 1989. Bd. 76. № 6. S. 277; Biologie in unserer Zeit. 1989. Bd. 19. № 4, 5. S. 121.

Охрана природы

Нефть губит фауну Аляски

Загрязнение моря, вызванное аварией танкера «Эксон Валдес» в начале 1989 г. в заливе Принс-Вильям (Аляска), месяцы спустя проявилось вдали от места катастрофы.

Летом сотрудники Национального заповедника Бочаров (юго-запад Аляски) обнаружили невзвешенные кладки яиц белоголового орлана, покрытых слоем нефти. Затем в различных точках побережья было найдено 84 трупа этих птиц, пострадавших от нефтепродуктов.

Белоголовый орлан, считающийся символом США (его изображение — на гербе страны), сохранился главным образом на Аляске. Около 5 тыс. особей (примерно 20 % аляскинской популяции) населяют районы, загрязненные при данной аварии.

Дальнейшее обследование показало, что птенцов белоголового орлана в этот сезон почти не было. Орланы страдают от нефти при ловле рыбы, которой питаются, а также поедая других мертвых птиц на морском берегу. При вскрытии погибших орланов выяснилось, что их печень и почки повреждены попавшей в организм нефтью. Нефтяное отравление привело к снижению продуктивности самок — они перестали нести яйца.

Обследовано 339 гнезд белоголового орлана (из них 16 — в не подвергшейся загрязнению части о. Монтегю). Только в 11 гнездах обнаружены следы недавней активности хозяев; 54 гнезда выглядели полностью заброшенными. В 57 гнездах насчитывался 41 птенец, в том числе 13 — на «чистом» о. Монтегю. Такая продуктивность считается крайне низкой. Следует также учесть, что белоголовый орлан начинает выводить птенцов лишь в пятишестилетнем возрасте, так что восстановление популяции займет длительное время.

Помимо орланов, пострадали и другие представители аляскинской фауны. Найдено 26 тыс. трупов птиц, 844 — каланов (морская выдра); толеней

и морских львов подсчитать невозможно — их тела утонули. Наблюдения продолжаются, но несомненно, что пострадали также питающиеся рыбой и птицей бурые медведи и бобры.

New Scientist. 1989. Vol. 122. № 1671. P. 36 (Великобритания).



Экология

«Коралловые рифы» из отходов ТЭС

Современная ТЭС мощностью 2000 МВт, снабженная установкой для улавливания диоксида серы, «производит» около 1,5 млн т золы и гипса в год. Какая-то часть этих отходов расходится для производства строительных материалов, но немало и остается, загрязняя окрестности ТЭС.

Саутгемптонский институт совместно со специалистами Национального управления энергетики Великобритании наладили дешевое производство из золы, гипса и цемента огромных блоков, которые затем вывозят в море. Испытательной площадкой для этого служит залив Пул в южной части Англии. Здесь блоки сбрасывают на дно, где они образуют нечто вроде кораллового рифа. Со временем в изгибах и расселинах «риф» селятся подводные растения, а за ними — моллюски и рыба, остро нуждающиеся в укрытии.

Сейчас морские биологи наблюдают, как осваивается новая для обитания среда.

New Scientist. 1989. Vol. 123. № 1680. P. 36 (Великобритания).

Геология

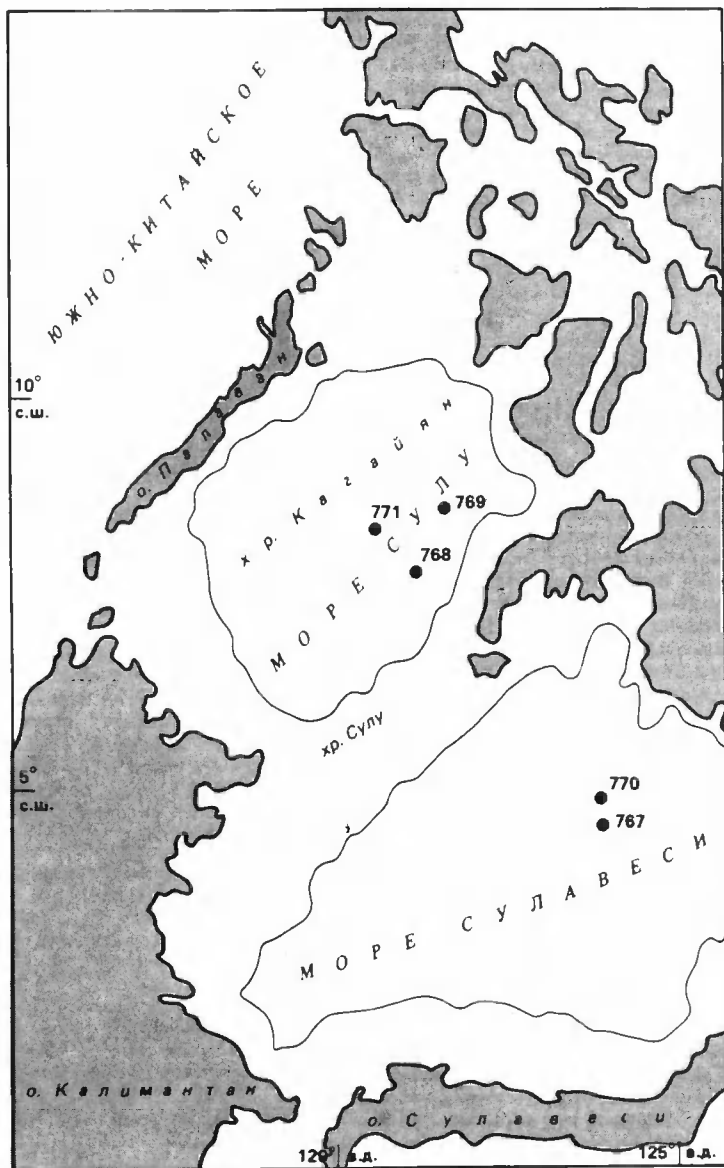
124-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн»

В ходе рейса, который начался 5 ноября 1988 г. в Сингапуре и завершился 4 января 1989 г. в Маниле, предстояло выяснить происхождение двух тектонически активных, но малоизученных окраинных бассейнов

в западной части Тихого океана — морей Сулу и Сулавеси.

Пробуренная на глубине 4916 м скважина 767 дала достаточно полное представление об осадочном чехле моря Сулавеси. На плагиоклаз-оливиновых базальтах фундамента, вскрытых на глубину 42 см, залегают красные глины (содержащие радиолярии и кости рыб) и марганцевые микроконкреции. Эти типичные для открытого океана отложения датируются ранним миоценом (23 млн лет). Их перекрывают зеленые глины с прослоями турбидитов. Присутствие кварца в турбидитах указывает на континентальный источник сноса. Начиная с позднего миоцена в осадках часто встречается вулканический материал. Скважина 770 (глубина океана 4500 м) пробурена для получения более подробной информации о составе базальтового фундамента бассейна. Из 106 м пройденного фундамента нижнюю и верхнюю части этого разреза составляют подушечные базальты с включениями осколков стекла, а посередине залегают растрескавшиеся и сцементированные куски массивных базальтов. Время зарождения моря Сулавеси установлено по радиоляриям из красных глин скважины 770 — средний эоцен, что соответствует возрасту, ранее определенному по магнитным аномалиям.

Из трех скважин в море Сулу особый интерес вызывает 768-я — рекордная по длине керна, извлеченного без смены буровых колонок, за всю историю изучения океана по Проекту глубоководного бурения. Заложенная на глубине 4395 м, она прошла 1046 м осадков, а затем 222 м базальтов и диабазов. В основании скважины залегают подушечные базальты, их перекрывают два массивных интрузивных диабазовых тела, которые, в свою очередь, погребены под подушечными базальтами. Осадочный разрез начинается с 40-метровой толщи коричневых глин с прослоями пирокластического материала, которая отложились 16 млн лет назад (конец нижнего — начало среднего миоцена). Далее идет 200-метровый слой крупнозернистых туфов, риолитов и дацитов, а также тонкозернистых туфов. Выше опять залегают уплот-



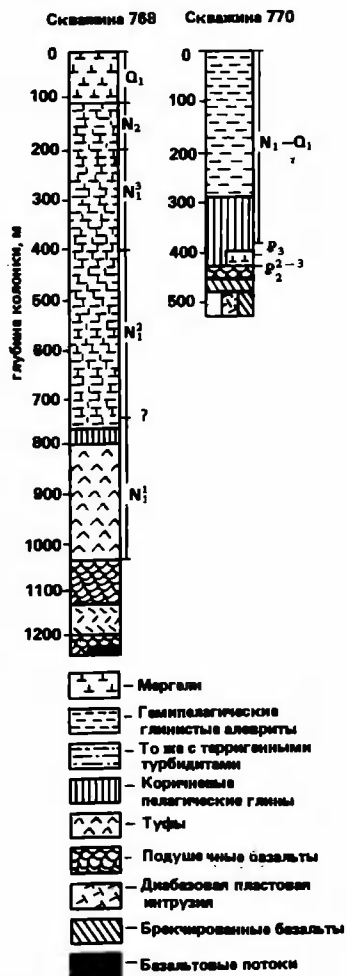
Район бурения глубоководных скважин в 124-м рейсе «ДЖОЙДЕС Резолюшн».

ненные глины также ниже-среднемиоценового возраста.

Накопление осадков в море Сулу в среднем миоцене шло неравномерно: глины вулканического происхождения в начале среднего миоцена отлагались со скоростью 9 м/млн лет, а турбидиты конца среднего миоцена — уже со скоростью

300 м/млн лет, отмечая тем самым важный рубеж в истории этого бассейна 10,5 млн лет назад. В позднем миоцене характер обломочного материала изменился: 6 млн лет назад активизировались окружающие море Сулу вулканы.

Разрез 769-й скважины, которая была заложена на склоне хребта Кагайян, разделяющего море Сулу на северо-западную и юго-восточную половины, идентичен описанному, но мощность осадков здесь меньше —



Стратиграфия скважин 124-го рейса (возраст осадков: Q₁ — плейстоцен, N₂ — плиоцен, N₁' — верхний миоцен, N₁ — средний миоцен, N₁' — нижний миоцен, P₃ — олигоцен, P₂₋₃ — средний — верхний эоцен).

280 м. В 50 км к западу на том же хребте пробурена скважина 771. Разрез осадков здесь также небольшой; накапливались они в интервале между средним миоценом и верхним плиоценом, а представлены глинами и мергелями с прослоями карбонатов и слоем вулканического пепла в основании.

Исследованные бассейны расположены в широкой зоне так называемой «коллизонной тектоники», где отмечаются движения земной коры, приводя-

щие к столкновениям отдельных геологических структур. Важной задачей рейса было выяснить направления стрессов в земной коре (т. е. направление давления, под воздействием которого происходят деформации твердых пород). Измерения в скважинах 767 и 768 дали сходные результаты: и в море Сулу, и в море Сулавеси направление стресса северо-восточное, что и ведет к столкновению хребтов Сулу, Кагайан и Палаван с Филиппинским подвижным поясом.

Из материалов рейса следует, что краевые моря Западной Пацифики имеют разное происхождение. Южно-Китайское море образовалось по атлантическому типу (т. е. в результате раскола и раздвига блоков земной коры); море Сулу возникло как междугорной и задуговой бассейн; море Сулавеси можно считать фрагментом Индийского океана или Филиппинского моря.

Geotimes. 1989. Vol. 34. № 5. P. 15—17 (США); Nature. 1989. Vol. 338. № 6214. P. 380—381 (Великобритания).

Геология

Штрихи к портрету энергетике США

По данным Министерства энергетики США, месячное потребление всех видов энергии в стране по состоянию на декабрь 1988 г. составило около $7,4 \cdot 10^{15}$ британских единиц тепла (1 Btu = 1 кДж). Из них почти 42 % получено за счет сжигания нефтепродуктов, около 26 % — природного газа, 23 % — угля; приблизительно 3 % произведено гидроэлектростанциями и 6 % — атомными.

Добыча нефти в США к январю 1989 г. составляла 7,9 млн баррелей в сутки (1 баррель = 159 л), природного газа — около 1,5 млрд куб. футов в сутки (1 куб. фут = 0,028 м³), каменного угля — почти 82 млн малых тонн (1 малая тонна = 907 кг) за месяц.

В феврале 1989 г. США импортировали в среднем около 7,9 млн баррелей нефтепродуктов за сутки (на 13,4 % больше, чем год назад) и покрыва-

вали этим около 45 % потребностей страны, которые за год возросли на 3,1 %.

Объем разведки на нефть и газ в США продолжает снижаться. Так, в феврале 1988 г. этим занимались 168 сейсморазведочных групп на суше и 30 — на морском шельфе, а через год, соответственно, 115 и 23.

Geotimes. 1989. Vol. 34. № 6. P. 20—21 (США).

Геология

Сколько человеку требуется полезных ископаемых!

Управление горнорудной промышленности США произвело интересный подсчет: каждый американец ежегодно потребляет чуть меньше 20 т полезных ископаемых (не считая тех металлов и стройматериалов, которые используются повторно).

Если нынешний уровень сохранится, родившийся сегодня гражданин США за свою жизнь истратит 350 кг свинца (главным образом для автомобильных аккумуляторов, пайки, сварки и электронного оборудования); 300 кг цинка (который идет на выплавку бронзы, покрытие стальных конструкций, используется при производстве резины и красок); более 700 кг меди (в основном расходуемой на электронное оборудование, генераторы, средства связи и провода); почти 1,5 т алюминия (самолеты, складная мебель, банки для пива, соков и других прохладительных напитков); 15 т чугуна (строительство судов и зданий, кухонные принадлежности и автомашины); более 12 т глины (без которой не удастся выпускать не только кирпичи, но и бумагу, краску, стекло, керамику); соли каждый израсходует около 13 т, и не столько в пищу, сколько на изготовление пластмасс, detergentов, посыпание дорог. Но все перекроют строительные нужды: на одного человека придется добыть более 500 т камня, песка, гравия, цемента.

Earth Science. 1989. Vol. 42. № 1. P. 10 (США).

Вулканология

Этна проснулась

10 сентября 1989 г. после двухлетнего покоя вновь пробудилась Этна — один из крупнейших вулканов Европы, расположенный на о. Сицилия. Началось мощное извержение эруптивного типа: взорвался кратер на юго-восточном склоне горы; почва задрожала, фонтаны огненной лавы устремились в небо, посыпались каменные «бомбы» размером с кирпич; на окрестных дорогах забуксовали машины, увязая в слое вулканического пепла, аэропорт г. Катания пришлось срочно закрыть.

Британский вулканолог Д. Ротери (D. Rothery; Открытый университет в Милтон-Кейнсе, Англия), оказавшийся на месте событий, сообщил, что температура лавы в фонтанах достигала 800 °С. Геофизик Р. Макгайр (R. McGuire; Западно-Лондонский политехнический институт) обнаружил на склонах Этны новую расселину, протянувшуюся от вершины более чем на 1 км в южном направлении. Если из нее потечет более или менее сильный лавовый поток, возникнет опасность для местных жителей.

Извержение продолжалось весь октябрь 1989 г.

New Scientist. 1989. Vol. 124. № 1686. P. 23 (Великобритания).

Океанология

Кобальтоносные корки океана

В последние годы внимание океанологов привлекают железомарганцевые кобальтоносные корки, формирующиеся на вершинах подводных поднятий. В центрально-экваториальной части Тихого океана известны две протяженные цепочки гор, покрытых рудными корками с высоким содержанием кобальта — это Гавайский архипелаг и группа атоллов Лайн. В юго-восточной части океана богатая кобальтом провинция находится в районе архипелага

Туамоту. В 1986 г. французское судно «Жан Шарко» провело геологические и геоморфологические исследования вблизи одного из островов этого архипелага — Ниау¹.

Сейсмопрофилирование, фотографирование морского дна, использование локатора бокового обзора позволило составить детальную батиметрическую карту и провести 12 прицельных драгировок. В восьми из них подняты обломки железомарганцевых корок, конкреции и плитки, а также фрагменты известняков и фосфоритов, подстилающих железомарганцевые конкреции и находящиеся в тесном срастании с ними. По этим фрагментам восстановлена геологическая история региона, ограниченного координатами 16°23'—16°33' ю. ш. и 146°30'—146°46' з. д. Оказалось, что плато Ниау — это опустившийся на 1000 м атолл, покрытый железомарганцевой коркой с высоким (0,7—1,3 %) содержанием кобальта. Опускание началось в среднем эоцене (~50 млн лет назад), что хорошо датируется по биогенным остаткам, и почти одновременно стали формироваться железомарганцевые отложения. Геологическая история атолла по этим коркам прослежена от эоцена до плейстоцена. Очевидно, скорость нарастания корок чрезвычайно мала (не более 1 мм/млн лет), поскольку их максимальная толщина не превышает 5 см.

В меньшем количестве, чем корки, подняты конкреции и плитки, существенно отличающиеся от них по химическому составу и морфологии поверхностей. Их биогенные карбонатные ядра датируются от миоцена (~26 млн лет) до плиоцена (12 млн лет).

Одна из корок толщиной 4—5 см была подвергнута микроскопическому и рентгено-спектральному анализу. В ней выделено 3 подзоны: внутренняя, наружная и тончайшая периферийная. Максимальное обогащение Co, Ni и Mn отмечено в периферийной зоне, характеризующейся наименьшей кри-

сталлизацией рудной фазы. По мере продвижения к внутренней зоне степень кристаллизации возрастает, что сопровождается снижением концентрации Co, Ni, Mn и увеличением — Fe, P и Ca.

По содержанию редкоземельных элементов, положительным аномалиям Се и другим показателям рудные корки однозначно отнесены к гидрогенным образованиям, т. е. основным источником металлов для них служит морская вода.

В отложении рудных корок отмечена географическая зональность: самые мощные и богатые Со встречаются в наиболее приподнятой части опустившегося плато. По содержанию Со и Р рудные корки районов Туамоту и Лайн сопоставимы; главное отличие в том, что в южном районе они отлагаются исключительно на карбонатном субстрате, а в более северном — как на карбонатном, так и на вулканическом основании. Нет сомнений, что в зоне Ниау рифовые и лагунные отложения перекрывают вулканические породы.

Нередко железомарганцевые корки, формирующиеся в тектонически активных районах, заведомо относят к гидротермальным образованиям, однако такой подход ошибочен: при явных признаках тектонических движений в зоне Ниау рудные отложения здесь исключительно гидрогенные.

© С. С. Базилевская,
кандидат геолого-минералогических наук
Москва

Океанология

Судьба средиземноморских вод в Атлантике

Примечательной особенностью гидрологии северо-восточной части Атлантики является, как стало известно несколько лет назад¹, существование на

глубине около 1000 м слоя воды повышенной солености и плотности. Это воды средиземноморского происхождения: сильно осолоненные за счет испарения и, соответственно, более плотные, они перетекают через мелководный Гибралтарский пролив, опускаются до уровня равной плотности и затем распространяются горизонтально, причем не в форме непрерывного «языка», а дискретно, в виде чечевицеобразных объемов (линз). Поскольку линзы имеют очень высокую соленость и встречаются сравнительно часто, они могут играть важную роль в переносе тепла в северо-восточной Атлантике. До недавнего времени о свойствах линз, времени их жизни и взаимодействии с окружающей водой практически ничего не было известно. Ответы на некоторые из этих вопросов получены в исследованиях неформального научного коллектива, включавшего известных океанологов США, Канады и ФРГ (L. Armi, D. Hebert, N. Oakey, J. F. Price, P. L. Richardson, H. T. Rossby, B. Ruddick, D. Walsh, M. Schröder).

Удалось на протяжении длительного времени проследить траекторию движения и внутреннюю динамику трех линз с помощью поплавков нейтральной плавучести — специальных буйев с плотностью, равной плотности воды в линзе, благодаря чему они и движутся вместе с ней. Поплавки снабжены акустическими излучателями, позволяющими постоянно регистрировать их местонахождение. Проводились также периодические судовые измерения.

Изученные линзы имели ядра более соленой и более теплой средиземноморской воды и достигали 100 км в диаметре при толщине до 800 м с центром на глубине около 1100 м. В период наблюдений за первой линзой (октябрь 1984 г. — октябрь 1986 г.) она сместилась на юг на расстояние примерно 1100 км; вторая (с ноября 1985 г. по июль 1986 г.) — на юго-запад на 530 км, третья (с июля 1986 г. по март 1987 г.) — на 500 км тоже на юго-запад. Скорость их поступательного движения составляла в среднем 1—2 см/с. Внутренняя динамика линз также была схожей: вода в их центральных частях вращалась по ча-

¹ Le Suave R., Pichocki C., Pautot G. et al. // Marine Geology. 1989. Vol. 87. No 24. P. 227—247.

¹ См.: Особая структура вод Северной Атлантики // Природа. 1987. No 9. С. 57.

совой стрелке с периодом около 5 сут, т. е. линзы по сути дела представляли собой поступательно движущиеся вихри. По-разному завершилось их существование: первая и третья медленно исчезли за счет перемещения с окружающей водой, а вторая была разрушена после столкновения с подводной горой. Поскольку наблюдение за первой линзой началось не с момента ее образования, полное время ее жизни в виде четко выраженной структуры можно оценить в 4 года.

Полученные данные — первый, но очень важный шаг в изучении этого феномена.

Journal of Physical Oceanography. 1989. Vol. 19. № 3. P. 354—370, 371—383 (США).

Геоморфология

Айсберги «перепахивают» морское дно

Норвежский седиментолог Р. Лиен (R. Lien) изучил морфологию дна моря Уэдделла в Западной Антарктиде и определил роль в ее эволюции гигантских айсбергов, откалывающихся от ледников и нередко сажающихся на мель. Аналогичные исследования в противоположной части Антарктиды, у ледника Мерца на Земле Уилкса, провел П. Барнс (P. W. Barnes; Геологическая служба США).

Сопоставляя полученные результаты, они пришли к выводу, что без учета роли айсбергов любые построения, описывающие геологическое прошлое полярных районов Земли, ошибочны. На дне морей, омывающих Антарктиду, они обнаружили крупные гряды холмов, долины и борозды, огромные полукруглые впадины, волнистые участки типа стиральной доски, многочисленные мелкие, но четкие округлые и полукруглые депрессии диаметром 50—100 м, нередко накладывающиеся друг на друга и расположенные в направлении наиболее частого движения айсбергов — на северо-запад.

Подобные элементы рельефа обусловлены «перепахиванием» морского дна «килем»

дрейфующих ледяных гор. При чем «стиральная доска» — след вибрирующего движения, а округлые следы вызваны повторным всплыванием айсбергов и новым погружением на дно. Это может приводить к небольшим оползням донных осадочных пород, формированию гряды холмов и дюн. Игнорировать такие процессы нельзя при анализе отложений, используемых для геологического датирования.

Geotimes. 1989. Vol. 34. № 2. P. 78 (США).

География

Режим атмосферных осадков над материками

Американские исследователи Г. Диас (H. Dias; Национальное управление США по изучению океана и атмосферы), Р. Бредли (R. Bradley; Массачусеттский университет) и Дж. Эйшейд (J. Eischeid; Университет штата Колорадо) проанализировали материалы наблюдений за количеством осадков начиная с 90-х годов XIX в. по данным 1545 метеорологических станций Северного полушария и 656 — Южного. После обработки материалов по широтным зонам и усреднения по материкам выяснилось, что на протяжении столетия количество атмосферных осадков в целом росло, хотя в ряде районов отмечалось их снижение.

Над Южной Америкой и Австрало-Азиатским регионами осадков стало больше, но гораздо меньше — над тропическими областями Северного полушария, в особенности над Северной Африкой. В целом наиболее сильно количество осадков увеличилось с начала 40-х до середины 50-х годов.

До настоящего исследования считалось, что с середины 50-х годов сохраняется слабая тенденция к росту осадков, однако в три последующие десятилетия выявились значительные колебания в их количестве.

Bulletin of the American Meteorological Society. 1989. Vol. 70. № 6. P. 695—696 (США).

География

Оледенение Западной Антарктиды стабильно

Известно, что уровень Мирового океана зависит от площади оледенения на планете. Сейчас на Земле межледниковье, и льдом покрыта сравнительно небольшая часть поверхности, а в разгар последнего ледникового периода, закончившегося около 10 тыс. лет назад, уровень океана был примерно на 100 м ниже: тогда огромные массы воды были заморожены на территории Северной Америки и Северной Европы. В предыдущее же межледниковье, завершившееся около 100 тыс. лет назад, уровень океана был ниже нынешнего приблизительно на 6 м. Что послужило источником этой добавочной влаги — таяние ледников Гренландии или же Западной Антарктиды, до сих пор неясно. Ряд климатологов отстраняет решающую роль Антарктического оледенения, так как оно, опираясь в значительной части на отдельные острова, как бы «висит» над водной поверхностью, что усиливает его нестабильность; даже небольшое повышение уровня моря способно привести к резкому увеличению скорости сползания ледников, массовому откалыванию гигантских айсбергов, быстрому таянию льдов.

Этой точке зрения противостоит мнение гляциолога Р. Кернера (R. M. Koerner; Геологическая служба Канады в Оттаве). Он проанализировал образцы из нижних частей колонков льда, поднятых при бурении на ледниках Гренландии, и по содержанию изотопов кислорода установил, что наиболее древние слои льда сформировались в самом конце предыдущего межледникового периода на суше. Другими словами, вся Гренландия была в тот теплый период полностью свободна ото льда. Это указывает, что высокий уровень океана 100 тыс. лет назад был обусловлен таянием ледников Гренландии, а не Антарктиды.

Такое утверждение имеет не только теоретическое значение. Сторонники противополо-

ложной гипотезы, ссылаясь на предполагаемую нестабильность ледников Западной Антарктиды, отмечают, что связанное ныне с парниковым эффектом их таяние, возможное за весьма короткое время, неизбежно приведет к затоплению прибрежных равнин, давно освоенных человеком, и почти все крупнейшие портовые города окажутся затопленными. Если же выводы Кернера верны и Западно-Антарктическое оледенение сравнительно стабильно — такая катастрофа человечеству не угрожает.

New Scientist. 1989. Vol. 122. № 1669.
P. 41 (Великобритания).

Геохимия

Формирование состава современных фосфоритов

Фосфориты (основное сырье для производства фосфорных удобрений) состоят главным образом из фосфата кальция, но при этом содержат широкий и изменчивый спектр микроэлементов. Одни из них токсичны, другие являются биостимуляторами, третьи биологически инертны. Для выяснения путей и особенностей их накопления необходимо проследить за эволюцией химического состава фосфоритов с зачаточной стадии их формирования. С этой целью Г. Н. Батурин (Институт океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР) исследовал современные фосфориты, обнаруженные им ранее на шельфе Намибии¹.

Современными аналитическими методами в фосфоритах и вмещающих их диатомовых илах определено содержание 47 элементов, что позволило выявить интенсивность обмена веществ между «материнской» средой и зарождающимися в ней фосфатными стяжениями. Оказалось, что в молодых фосфоритах происходит относительно незначительное накопление лишь девяти элементов. Коэффициенты их концентрации (соотношение

средних содержаний в фосфоритах и осадках) составляют: для фосфора и фтора 80—100; кальций и стронций 18—25; неорганического углерода и бария — около 3; цинка, мышьяка и урана 1,5—2. Из них фосфор, кальций, углерод и фтор входят в состав апатитоподобного минерала; кальций и барий являются изоморфными примесями в его кристаллической решетке; цинк и мышьяк находятся, по-видимому, в сорбированном состоянии, а уран частично замещает кальций в фосфатном минерале, частично сорбирован и частично формирует собственную минеральную фазу. Для всех прочих элементов коэффициенты концентрации в фосфоритах на этой стадии формирования оказываются ниже 1. Значительная часть этих элементов, находясь в составе осадков, механически захватывается фосфатными гелями в процессе их коагуляции, а затем вытесняется из фосфата при его кристаллизации. Элементы, связанные с содержащимся в фосфатах органическим веществом (Cd, I, Mo, V) частично удаляются при его прогрессирующем распаде.

В свете этих данных представляется, что повышенные концентрации урана, редкоземельных и ряда других элементов во многих древних фосфоритах связаны либо с особой геохимической обстановкой в бассейнах осадконакопления, отличающейся от современной, либо со вторичными процессами, трансформировавшими геохимический облик фосфоритов.

Геохимия. 1989. № 5. С. 747—752.

Геохимия

Радиоуглеродное датирование неточно

В археологии, истории и других областях науки широко используется радиоуглеродный метод определения возраста органического вещества. Он основан на том, что любая живая материя наряду с изотопом ¹²C содержит определенное количество радиоактивного изотопа ¹⁴C. Когда организм погибает,

их соотношение меняется по мере распада ¹⁴C. Скорость распада постоянна, поэтому, измеряя остаточное содержание этого изотопа, можно оценить возраст образца. По мнению большинства специалистов, ошибка при правильном использовании метода не должна превышать 80 лет. Однако тщательная проверка, предпринятая по инициативе Британского совета по науке и технике и проведенная в 38 лабораториях разных стран мира, показала, что метод менее точен, чем считалось.

Всем участникам эксперимента раздали образцы дерева, торфа и углекислых солей, подлинный возраст которых знали лишь организаторы проверки. Только в семи лабораториях получены удовлетворительные результаты; в остальных ошибки были выше в 2—3 раза, у многих исследователей разброс достигал 250 лет.

Как и полагали ранее, в большинстве случаев ошибки вызваны неточностями в определении радиоактивности образца путем регистрации β-распада углерода ¹⁴C. Но стало ясно, что есть и другие причины, связанные с обработкой и анализом образца. Так, две из трех применяемых методик основаны на датировании с помощью газовых жидкостных детекторов. В обоих случаях образец приходится нагревать, что может искажать результаты. Кроме того, при использовании этих методов, а также более совершенного — масс-спектрометрии с помощью пучка ускоренных частиц — образец подвергается предварительной химической обработке, что тоже отражается на результатах. Кстати, этот последний метод (при котором обходятся лишь несколькими миллиграммами вещества, тогда как при других необходима масса в несколько граммов) был использован в 1988 г. пятью научными коллективами для датирования известной Туринской плащаницы. К однозначным выводам исследователи не пришли, хотя значительная древность ткани установлена. Теперь можно считать, что ошибка в определении возраста могла составлять 200 лет.

New Scientist. 1989. Vol. 123. № 1684. P. 26 (Великобритания).

¹ Подробнее см.: Батурин Г. Н. Фосфориты океана // Природа. 1989. № 5. С. 76—85.

Новый старый динозавр

В 1924 г. во время раскопок в районе Бэдлендса (штат Южная Дакота, США) были обнаружены остатки черепа и двадцать костных «бронеплит» на туловище животного (вероятно, динозавра) меловой эпохи. Двадцать с лишним лет спустя специалисты отнесли его к виду *Edmontonia rugosidens*, известному по некоторым предыдущим находкам у г. Эдмонтон (Канада).

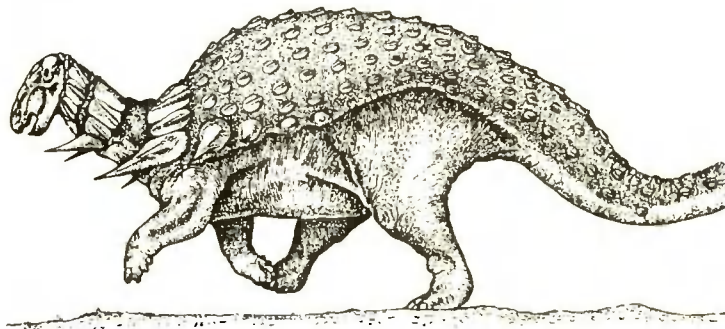
Однако теперь Р. Баккер (R. Bakker; Университет штата Колорадо, Боулдер, США), изучив остатки, пришел к выводу, что такие определение ошибочны. Он считает, что это новый вид жившего более 65 млн лет назад (поздний мел) нодозавра — крупного растительноядного ящера с огромными шипами на лопатках. Баккер назвал «новичка» *Denversaurus Schlessman* по имени Денвера (столицы штата Колорадо) и в честь Л. Шлессмана, одного из основателей Музея естествознания в этом городе.

шими в огромные (длиной до 1 м) шипы. Облик животного-«танка» дополняли глаза, расположенные чуть ли не на макушке, в отличие от других видов нодозавров, органы зрения которых размещались ближе к лобной доле черепа.

Почти всех покрытых броней динозавров мелового периода ученые относят к подотряду анкилозавров. Как считает Баккер, нодозавры настолько отличались по строению, что их следует выделить в самостоятельное семейство. Анкилозавры обладали широким черепом и мощной «булавой» на конце хвоста, а у нодозавров голова была узкой, хвост — длинным, гибким и лишенным «булавы».

Открытие денверозавра указывает на то, что эволюция динозавров в конце меловой эпохи протекала достаточно активно. Это противоречит сложившемуся в палеонтологии мнению, что в это время развитие ящеров уже шло на спад. Очевидно, их «генеалогическое древо» было более «ветвистым», чем считали ученые.

Science. 1989. Vol. 42. № 1. P. 7 (США)



Реконструкция денверозавра по Р. Баккеру.

Антропология

Древнейший житель Азии

Согласно реконструкции, денверозавр походил на современного броненосца, только массой около 3 т, длиной до 10 м и туловище его было обтянуто толстой «носорожьей» шкурой, покрытой до кончика хвоста костными пластинками, спереди по бокам и под шеей переходив-

В 1982 г. группа археологов во главе с С. Дераниагалой (S. U. Deraniyagala; Университет Коломбо, Шри Ланка) обнаружила в одной из пещер острова стоянку древнего человека. Анализ находок недавно завершен руководителем раскопок

К. Кеннеди (К. А. Р. Kennedy; Корнеллский университет, Итака, штат Нью-Йорк, США).

Найдены остатки нижней челюсти, черепа и костей конечностей, а также 17 каменных режущих орудий, другие обработанные каменные предметы, остатки древних животных, куски древесного угля, обломки кварца и кремнистого сланца. На костях заметны следы воздействия огня, но кремацию трупа исследователи исключают.

Захоронению примерно 28 тыс. лет, причем возраст определен независимо тремя коллективами специалистов. Итак, это — древнейшее свидетельство пребывания в Южной Азии человека, анатомически близкого к современному. Теперь очевидно, что крайний юг этого континента был заселен людьми, морфологически неотличимыми от нас, приблизительно в то же время, что и Европа, Африка и Австралия.

Обнаруженные режущие орудия — древнейшие для этого региона. Они имеют форму треугольника или полумесяца и размером с человеческий ноготь. Видимо, их вставляли по 10—20 штук в расщеп на конце гарпуна или копыя (такие орудия охоты появились около 30 тыс. лет назад).

В пещере найдены части скелета представителей кошачьих размером с современную рысь, бобра, различных рыб и птиц. Вероятно, разделка тушек животных, убитых на охоте, велась под открытым небом, и лишь часть готовили в пещере на огне. Остатки очага не найдены, но куски древесного угля в песке — скорее всего, следы костра (лесной пожар вряд ли мог проникнуть в пещеру).

По мнению авторов, *Homo sapiens* появился в Южной Азии гораздо раньше, чем считали прежде.

Science News. 1989. Vol. 135. № 25. P. 388 (США).

В Лаборатории реактивного движения (Пасадина, США) ведутся работы по созданию небольшого космического аппарата для исследования солнечной короны. Он будет обращаться вокруг Солнца по орбите, радиус которой в два раза меньше радиуса гелиоцентрической орбиты Земли.

Aerospace America. 1989. Vol. 27. № 10. P. 18—21 (США).

А. В. Засов (Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга) и С. И. Неизвестный (Специальная астрофизическая обсерватория АН СССР), определив в двух диапазонах спектра цвет внутренних областей ($R=4$ кпк) 57 галактик Сейферта и 79 нормальных галактик аналогичного типа, установили, что они отличаются по своим цветовым характеристикам. Связано это, видимо, со звездобразованием в центральной области сейфертовских галактик и наличием там пыли.

Письма в АЖ. 1989. Т. 15. № 11. С. 963—970.

А. Р. Петросян, К. А. Саакян и Э. Е. Хачикян (Бюраканская астрофизическая обсерватория АН АрмССР), проведя фотометрические и спектральные исследования спиральной галактики Маркаряна 323, пришли к выводу, что в ней продолжается время (10^9 лет) идет бурный процесс образования звезд. В прошлом темп этого процесса был выше, чем можно объяснить повышенное содержание тяжелых элементов в галактике.

Письма в АЖ. 1989. Т. 15. № 12. С. 1059—1065.

В результате длившихся более года расчетов с помощью ЭВМ специалисты фирмы «Амдал» (Саннивейл, штат Калифорния, США) получили новое простое число, содержащее 65 087

знаков, что на 37 знаков больше найденного в 1985 г. фирмой «Крей рисерч» простого числа. Новое простое число получено возведением 2 в степень 216 193, умножением на 391 581 и вычитанием 1.

New Scientist. 1989. Vol. 123. № 1682. P. 31 (Великобритания).

Специалисты Лос-Аламосской национальной лаборатории (штат Нью-Мексико, США) запатентовали способ сверления высокопрочных керамических материалов ультразвуком; по сравнению с существующим оборудованием он увеличивает глубину сверления с 7,5 до 38 мм.

The Financial Times. 1989. № 30928. P. 9 (Великобритания).

В. А. Филин (НИИ нормальной физиологии им. П. К. Анохина) установил, что у людей, страдающих косоглазием, произвольные быстрые движения глазного яблока (саккады) ориентированы преимущественно в одну сторону (причем такая асимметрия обнаруживается задолго до визуального проявления косоглазия) и разработал методику диагностики этого недуга у новорожденных — во время их сна с помощью приклеенных к уголкам глаз специальных датчиков.

Выявленное на ранних стадиях косоглазие вылечивается много успешнее.

Изобретатель и рационализатор. 1989. № 1. С. 10—11.

Пестициды, полихлорбифенилы и другие токсичные вещества можно уничтожать путем их окисления и превращения в двуокись углерода и воду в камере, которая заполнена растворенным в азотной кислоте нитратом серебра и разделена на анодный и катодный отсеки химически инертной ионообменной мембраной из сульфированного фторуглеродного полимера. Анод изготовлен из покрытого платиной титана, катод — из

нержавеющей стали или титана. Подлежащее уничтожению химическое вещество подается в анодный отсек в виде раствора или суспензии, где при атмосферном давлении и температуре 100 °С или ниже быстро окисляется в двуокись углерода и воду. Неорганические вещества, например фосфор или сера, превращаются в соответствующие кислоты.

Chemical and Engineering News. 1989. Vol. 67. № 24. P. 27 (США).

10-кратный рост концентрации ионов кальция в клетке под действием ацетилхолина (передатчика нервного возбуждения) — необходимое и достаточное условие уменьшения ее объема и выделения содержимого, что продемонстрировано на клетках слюнных желез.

Science. 1989. Vol. 244. № 4912. P. 1582—1585 (США).

Фирма «Бритиш петролеум кемикалс» (Англия) разработала кормовую добавку для птиц, содержащую муравьиную и пропионовую кислоты. Она уничтожает сальмонелл и предотвращает повторное заражение этими бактериями корма, в состав которого входят мясная и костная мука птиц, выращенных на такой добавке.

Feedstuffs. 1989. Vol. 61. № 33. P. 11 (США).

Велосипед с электродвигателем, получающим ток от солнечной батареи, сконструировали Ю. Браммер и П. Кунстман (ФРГ). Когда велосипедист нажимает на педали, электродвигатель позволяет повысить скорость до 45 км/ч. Во встроенной аккумуляторной батарее запасается электроэнергия на случай захода солнца за облака; ее хватает на три часа езды без использования педалей.

New Scientist. 1989. Vol. 123. № 1684. P. 22 (Великобритания).

АСТРОНОМИЯ как страсть и профессия

И. Г. Колчинский,
доктор физико-математических
наук
Киев

ЧЕЛОВЕЧЕСТВО обязано немецкому астроному Фридриху Бесселю кардинальным усовершенствованием математических и практических основ астрометрии — науки о методах измерения точных положений и движений звезд. Интерес к этим вопросам вышел на совершенно новый уровень после великих открытий Галилея и Ньютона и усилился после того, как Лаплас разработал методы небесной механики. В начале XIX столетия перед астрономами все еще маячил нерешенный, несмотря на все предпринимавшиеся ранее усилия, вопрос: на каких расстояниях от нас находятся звезды? Ведь если Земля вращается вокруг Солнца, то должны наблюдаться угловые смещения близких к нам звезд относительно более далеких. Инструменты для измерения углов между объектами на небе с точностью до десятых долей угловой секунды уже существовали. Дело стало за тем, чтобы с учетом этого разработать новые методы наблюдений звезд и создать по возможности точные системы их положений и движений.

Разработка таких методов в значительной степени принадлежит Бесселю, сыну немецкого чиновника, начавшему свою карьеру в качестве конторщика торговой фирмы в небольшом городе Бремене. Как могло случиться, что, занимаясь астрономией только в свободное от службы время, Бессель смог выполнить серьезные научные



К. К. Лавринович.
ФРИДРИХ ВИЛЬГЕЛЬМ БЕССЕЛЬ
(1784—1846) / Отв. ред.
А. А. Гурштейн. М.: Наука, «Науч.-
биограф. сер.», 1989. 320 с.

исследования и осознать свое призвание?

В книге К. К. Лавриновича — первой в мировой литературе обстоятельной научной биографии Бесселя — подробно прослеживается начальный этап его жизни. Конечно, это был серьезный молодой человек, и дай Бог всякому торговому учреждению такого служащего. Мечтая о должности торгового агента, сопровождающего корабли с товаром в заморские страны, он начинает, преодолевая большие трудности, самостоятельно изучать иностранные языки, навигацию и математику. В 1801 г. он пишет товарищу: «Знаешь ли ты алгебру? Я многое дал бы, если бы по-

нимал что-либо в этом. Наверное, это превосходная наука. Ничто так не порадовало бы меня, как если бы я немного изучил ее» (с. 19). Жертвуя «танцевальным обществом», концертами и другими удовольствиями, юный Бессель начинает приобщаться к тайнам математики и астрономии. Он строит приборы, ведет первые наблюдения, получает довольно точные результаты.

В 1804 г. Бессель обращает внимание на опубликованные данные о наблюдениях кометы Галлея 1607 г. Ночами занимаясь вычислениями (только с помощью таблицы логарифмов), он получает элементы ее орбиты. 330 страниц расчетов! Но кому показать этот труд, кто оценит его? К счастью, в Бремене жил другой великий любитель астрономии, по профессии врач, Г. В. Ольберс. Бессель идет к нему с трепетом и, как нетрудно догадаться, получает высокую оценку. Работа направляется в известный журнал, а что еще важнее — сближает Ольберса с Бесселем на многие годы. Далее следуют другие работы, положительный отзыв об одной из них великого Гаусса и начало их дружбы и переписки, длившейся 40 лет.

Работа Бесселя о комете Галлея по своему уровню была близка к кандидатской диссертации, а ведь он был самоучкой и ему было лишь 20 лет... Да Бессель тогда еще и не знал, что астрономия навсегда привлечет его к себе! Окончательный выбор он сделал спустя год. Астрономом он начал работать в частной обсерватории в небольшом городе Лиляентале, где с пользой для себя провел пять лет, а затем получил

лестное предложение приступить к исполнению обязанностей профессора в Университете Кенигсберга и начать там строительство обсерватории.

В книге подробно описано, как в трудных условиях оккупации Пруссии наполеоновскими войсками происходил выбор места, строительство, подбор и создание новых инструментов. Тем не менее уже в ноябре 1813 г., после отступления французских войск, 29-летний директор новой обсерватории жил в ней и выполнял первые наблюдения.

Можно считать, что с этого времени научная карьера Бесселя оказалась на широкой прямой дорожке, по которой он, используя свои способности и неустанно трудясь, пошел от одного достижения к другому. При всем разнообразии интересов Бесселя на этом пути особенно ярко видятся четыре вехи: работы по астрометрии и теории астрономических инструментов, первое успешное измерение параллакса звезды, исследования неправильностей собственного движения ярких звезд Сириуса и Прокциона, геодезические исследования. В отдельных главах книги дана подробная история каждого из этих направлений.

Как известно, в астрометрических инструментах (меридианный круг, пассажный инструмент и т. п.) углы между осями не могут быть сделаны в точности равными 90° , вертикальные оси не абсолютно вертикальны, визирная линия при повороте трубы не находится в одной и той же вертикальной плоскости. Металлические оси, труба изгибаются под собственным тяжестью. Другими словами, всякий инструмент, каково бы ни было искусство механика, несовершенно, и одна из задач астронома и по сию пору состоит в том, чтобы учесть влияние упомянутых «ошибок». «Каждый инструмент, — говорил Бессель, — таким образом, изготовляется дважды: сначала в мастерской — из латуни и стали, а затем вторично — астрономом на бумаге при помощи списка необходимых поправок, которые он получает при своем исследовании» (с. 140). В книге

показаны этапы решения этой задачи Бесселем. Его методы стали в практической астрономии классическими и в основе сохранились до настоящего времени. Ярко описано сотрудничество и дружба Бесселя с создателем Пулковской обсерватории В. Я. Струве, который устанавливал большие инструменты и составлял программы наблюдений, используя принципы, разработанные Бесселем.

Если так называемая теория астрометрических инструментов выросла на измерении больших угловых расстояний, то задача об определении годичных параллаксов звезд была связана с измерением очень малых углов. Можно было надеяться обнаружить эти смещения, производя наблюдения дифференциальным методом, т. е. сравнивая положения «параллактических звезд» с более далекими (опорными), которые выбирались по принципу малых собственных движений. Эту задачу решили в 1837—1839 гг. практически одновременно В. Я. Струве, Ф. Бессель и Т. Гендерсон. К. К. Лавринович подробно рассматривает историю этого вопроса и тонкости, связанные с приоритетом.

В книге описан ход исследований по определению параллакса слабой звезды β Лебедя, столь прославившейся в истории астрономии. Дж. Гершель оценил эту работу Бесселя как «наиболее славный триумф, который когда-либо переживала практическая астрономия» (с. 22). Астрономической практикой было подтверждено движение Земли вокруг Солнца. «Сфера неподвижных звезд» была окончательно разрушена, и границы Вселенной начали уходить в беспрерывность.

В главе «Астрономия невидимого» автор уделяет большое внимание работам Бесселя, в которых он неожиданно обнаружил волнообразные движения ярчайших звезд Сириуса и Прокциона. Амплитуда этих движений ($2-3''$) очень мала, и многие (в частности, Струве) сомневались в их реальности. Но ведомый своей интуицией, Бессель в 1844 г. уверенно предположил, что отклонения от прямолинейных траекторий вызываются движениями невидимых тел, обращающихся

вокруг Сириуса и Прокциона, т. е. что эти звезды представляют собой двойные системы. Для Сириуса период обращения спутника вокруг главной звезды был оценен Бесселем в 50 лет.

Бессель не дождался триумфа своей гипотезы. В 1862 г. американский оптик А. Кларк, испытывая новый телескоп, открыл всего лишь на расстоянии $10''$ от Сириуса звездочку $8-9$ -й величины, которая и оказалась его спутником (Сириус В). Позднее аналогичный спутник был открыт и у Прокциона. Однако вопреки предположению Бесселя, что эти тела темные, они оказались слабо светящимися. Изучение их уже в нашем веке привело к установлению нового типа звездных объектов — «белых карликов», исследования которых играют столь большую роль в астрофизике.

Геодезия и картография всегда интересовали астрономов. В связи с теорией тяготения Ньютона вопрос об истинной фигуре Земли и о том, сжата она у полюсов или вытянута, приобретал принципиальное значение. В XVIII и XIX вв. астрономы Франции, Германии, России и других стран усиленно занимались градусными измерениями. Этим вопросам много внимания уделял и Бессель. Он организует и проводит градусные измерения в Восточной Пруссии, смыкающиеся с соответствующими измерениями К. И. Теннера и Струве в западных частях России. Сущность понятия «геоида» — наиболее точной фигуры Земли — сформулирована Бесселем в 1837 г., задолго до введения самого термина.

За недостатком места можно только перечислить другие области науки, в которых навечно остались следы работы Бесселя. В астрономии — обширные звездные каталоги, исследования комет, теория затмений. В математике — цилиндрические (Бесселевы) функции, интерполяционная формула, названная также его именем, и ряд других результатов.

Огромное значение для истории науки имеет эпистолярное наследие Бесселя, широ-

ко использованное в книге,— переписка с К. Ф. Гауссом, Г. Х. Шумахером, Г. В. Ольберсом, В. Я. Струве и многими другими. Бессель был почетным членом Петербургской Академии наук, поддерживал тесные связи с русскими учеными.

В книге развернута широкая панорама астрономической науки первой половины XIX в. Она читается от начала до конца с неослабевающим интересом, весьма обстоятельно, снабжена большим научно-вспомогательным аппаратом, иллюстрациями — в общем, написана в лучших традициях «Научно-биографической серии». И вместе с тем — это придает ей живость и теплоту — проникнута духом «репортажа с мес-

та событий», так как автор живет и работает в Калининграде, ему хорошо знакомо все, связанное здесь с жизнью Бесселя, и он приложил много усилий для увековечения памяти великого астронома.

Все же в книге есть существенный, на мой взгляд, пробел. Жизнь Бесселя, его труды показаны как весьма важный, но до некоторой степени замкнутый этап развития астрономии — «драма идей» без продолжения. Между тем построение инерциальной системы координат как некоторое стремление к «абсолютной системе отсчета» — задача вечная. В наше время ее начинают решать методами космической астрометрии. На этом следовало бы остановиться специально. Уместно бы-

ло бы подробнее рассказать о работах по поискам невидимого спутника в системе 61 Лебедя, выполненных нашим современником, пулковским астрономом А. Н. Дейчем.

И еще несколько слов в заключение. Кенигсбергская обсерватория была разрушена во время жестоких боев за освобождение Восточной Пруссии от фашистских войск. Мне кажется, что это скромное по масштабам сооружение должно быть восстановлено. Это имело бы большое значение для Калининграда. Ведь старинная обсерватория — не просто место, где проводились и проводятся астрономические наблюдения, это историко-научный и архитектурный памятник, памятник культуры.

НОВЫЕ КНИГИ

Генетика

А. А. Жученко. АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ (Эколого-генетические основы). Кишинев: Штиинца, 1988. 767 с. Ц. 11 р. 40 к.

Большой объем монографии соответствует масштабу поднятой проблемы. Она посвящена повышению адаптивности культурных растений за счет экологически ориентированной селекции. В этом случае ставка делается на выведение не сортов-рекордсменов, а сортов-тружеников, которые способны давать умеренно высокие урожаи в условиях дефицита ресурсов. Такой подход особенно перспективен для СССР, где для 70 % пашни характерен дефицит влаги, а на остальной площади в большинстве случаев не хватает тепла и почвы бедны. Это, кстати, в корне отличает наши возможности от возможностей, скажем, фермерского хозяйства США. «Американский» вариант благоприятных условий, когда одновременно достаточно и тепла, и влаги, и элементов минерального питания, мы находим лишь в районах Ставрополя, Кубани.

Автор показывает, что для получения новых сортов-тружеников практически нет необходимости «играть в очко» и добиваться появления новых генов посредством полезных мутаций. Задача может быть решена за счет комбинирования уже имеющихся в природе ценных генов, что облегчается современными методами генной инженерии.

Книгу отличает широкая постановка вопросов: управление наследственностью культурных растений рассматривается на фоне эволюции разнообразия цветковых растений земного шара в плане их приспособления к различным неблагоприятным условиям.

Много внимания уделено совершенствованию структуры растительных сообществ пашни — агроценозов. Наиболее перспективным вариантом автор считает смеси сортов и смешанные посевы разных видов с обязательной «фитоценотической селекцией», направленной на выведение сортов, которые наиболее удачно дополняют друг друга в посеве.

Б. М. Миркин
Уфа

Экология

А. И. Ильенко, Т. П. Крапиво. ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ В РАДИАЦИОННОМ БИОГЕОЦЕНОЗЕ / Отв. ред. В. Е. Соколов. М.: Наука, 1989. 224 с. Ц. 3 р. 60 к.

Предлагаемая книга — обобщение литературных материалов и многолетних исследований авторов, известных специалистов в области радиобиологии, по закономерностям концентрирования животными радионуклидов и их отдаленным воздействием на экологические процессы, протекающие в популяциях позвоночных животных. Основное внимание уделяется наиболее опасным в биологическом отношении радионуклидам — стронцию-90 и цезию-137. Попутно приводятся материалы по другим радионуклидам.

Авторами представлены закономерности аккумуляции радионуклидов в организме и популяциях животных; экологические взаимоотношения популяций животных с биогеоценозом, загрязненным продуктами деления; особенности обитания популяций животных в биогеоце-

нозах, загрязненных стронцием-90; радиационная адаптация популяций к повышенному уровню искусственной ионизирующей радиации; наконец, использование «радиоактивной метки» в научно-исследовательских целях.

Книга изобилует фактическими данными, содержит множество графиков, схем и таблиц. Рассчитана на специалистов в области радиоэкологии, зоологии и охраны природы.

Этнография. Экология

И. М. Круляк. АРКТИЧЕСКАЯ ЭТНОЭКОЛОГИЯ. / Отв. ред. С. А. Арутюнов. М.: Наука, 1989. 272 с. Ц. 4 р. 20 к.

Эта необычная своим названием и объектом исследования книга — результат пятнадцатилетних исследований автора на стыке этнографии и экологии человека, и посвящена она в первую очередь азиатским эскимосам — маленькому народу, живущему на Крайнем Севере Востока нашей страны у берегов Берингова пролива, численностью 1,5 тыс. человек.

Коренное население Арктики накопило уникальный опыт освоения одной из самых суровых зон обитания и приспособилось к условиям существования. При этом были выработаны особые формы поведения, этики природопользования. Этот опыт не утратил своего значения и в настоящее время, особенно в тех регионах, где сохраняется преемственность тундрового оленеводства, рыболовства, морского и пушного промысла, по-прежнему служит основой норм поведения коренных жителей Севера. Изучение их опыта необходимо для составления программы освоения ресурсов Арктики, включающей развитие аборигенных и коммерческих форм природопользования.

В книге дан анализ исторического развития северных этносов и роли экологических факторов в их эволюции. Рассматривается эволюция арктического зверобойного промысла и крупнотоннажного оленеводства.

В заключение автор говорит о том, что на пороге XXI в. необходимо выработать принципиально новую концепцию осво-

ения приполярных территорий. «Арктику уже нельзя более рассматривать как неистощаемую кладовую богатств для современной промышленности или нетронутый край «белого безмолвия». Обе эти концепции в конце XX в. уже не соответствуют реальности и не имеют перспективы. Возможно, именно в Арктике человечеству удастся найти третий путь взаимодействия с биосферой, основанный на ценностях экологического мышления».

Книга предназначена для этнографов, археологов, биологов, специалистов по экологии.

История науки

М. В. Горленко. ОЧЕРКИ ПО ИСТОРИИ СОВЕТСКОЙ ФИТОПАТОЛОГИИ. / Отв. ред. Л. Н. Андреев. М.: Наука, 1989. 104 с. Ц. 1 р. 50 к.

Более 50 лет автору пришлось заниматься решением отдельных проблем фитопатологии — науки о болезнях растений, вызванных патогенными грибами, бактериями, вирусами, — и быть участником многих событий, о которых идет речь в книге.

Она рассказывает о развитии научных исследований, направленных на защиту растений от болезней и вредителей, в разные годы — от момента зарождения, связанного с деятельностью Центральной фитопатологической станции в Петрограде, созданной в 1902 г., до начала 1980-х годов. Приводятся сведения о болезнях отдельных культурных растений — ржавчине хлебных злаков, головневых заболеваниях, вирусных и бактериальных болезнях, об иммунитете растений к этим болезням, а также о взаимоотношении паразитов и хозяев. Показана зависимость направлений развития науки от изменения способов ведения хозяйства и других запросов практики.

Один из разделов посвящен развитию фитопатологии в союзных республиках, где проводились исследования с учетом болезней местных культур. Так, например, в Закавказье было более всего обращено внимание на болезни субтропических расте-

ний, в Средней Азии — на хлопчатник и шелковицу, в Белоруссии — на болезнь картофеля и т. д. Рассматривается также деятельность Секции защиты растений ВАСХНИЛ.

По мнению автора, очерки не претендуют на полноту, в них могут быть упущения. Однако они дают представление о том пути, который прошла отечественная фитопатология и ее исследователи. Книга может представить интерес для фитопатологов, ботаников, микологов, историков науки.

История науки

О. П. Мороз. ОТ ИМЕНИ НАУКИ. О суверенитете XX века. М. Политиздат, 1989. 303 с. Ц. 75 к.

С каждым годом за рубежом публикуется все больше сообщений о псевдонаучных открытиях. Не отстают и наши массовые издания, пропагандируя западные и рождая свои собственные сомнительные сенсации. Таковы сообщения о подземном «городе мертвых», думающих растениях, летающих тарелках и многочисленных загадочных проявлениях человеческой психики, в частности способности различать пальцами цвета, изображения и т. п. Об этих и других псевдосенсациях рассказывает профессиональный журналист, заведующий отделом науки «Литературной газеты».

Автор опирается на факты из своей журналистской практики, когда газете приходилось реагировать на ажиотаж вокруг «сверхъестественного», рассматривает социально-психологические причины повышенного интереса к псевдонауке в прошлом и в наши дни. «...Вряд ли когда-нибудь, — размышляет О. П. Мороз, — наступит момент, когда псевдонаука перестанет существовать, когда перестанут появляться на свет нелепые слухи и толки, облаченные в духе времени в научные одежды. Надо привыкнуть к тому, что противостоять этому мутному потоку — постоянная задача науки, такая же важная, как отыскание самой истины».

Средняя Азия глазами С.М. Дудина

В. А. Никитин
Ленинград

В ЭТНОГРАФИЧЕСКИХ собраниях нашей страны и за рубежом хранятся тысячи фотографий, сделанных в Средней Азии на рубеже веков Самуилом Мартыновичем Дудиным. Мастерски запечатленные эпизоды старой жизни — богатейший материал для изучения истории культуры и быта, обычаев и нравов узбеков, туркменов, таджиков и других среднеазиатских народов. Перед глазами

проходят узенькие улочки, где ютятся многочисленные лавки ремесленников, шумные и живописные восточные базары, павшие ниц верующие, уличные акробаты, конные соревнования, дервиши, гадалышки...

Талантливый полевой этнограф, Дудин, кроме того, сохранил нам знание о недавнем прошлом, собрав уникальную вещевую коллекцию — утварь, ковры, одежду, керамику и множество других предметов, ставших основой среднеазиатского фонда Государственного музея

этнографии народов СССР. К тому же он был профессиональным художником и крупным специалистом по прикладному искусству народов Средней Азии.

С. М. Дудин родился в местечке Ровном Херсонской губернии в 1863 г. в семье сельского учителя. С детства у него проявился интерес к изображи-

© Никитин В. А. Средняя Азия глазами С. М. Дудина.

Самарканд. Базарный день на регистане (парадной площади). 1900—1902 гг.





Уличные музыканты и акробаты.

тельному искусству. Под впечатлением рассказов отца — отставного солдата — он рисовал сцены из военной жизни, которые то и дело появлялись на спинке деревянного дивана, на сундуке, скамейках, глиняном полу.

В Елисаветградском реальном училище Дудин тесно сошелся с одной из групп украинской Громады, занимавшейся главным образом культурно-просветительной работой среди крестьян и сельской интеллигенции. В 1882 г. их кружок примкнул к харьковской группе Народной воли и получил безобидное название — Елисаветградский кружок саморазвития. Но в действительности на Дудина было возложено руководство группой по подготовке оружия, в частности разрывных устройств. Внедрение в кружок провокатора повлекло за собой аресты. Дудина забрали одним из первых.

Вначале все выглядело несерьезно. Их посадили в местную тюрьму, где были довольно свободные порядки. Родные и товарищи часто навещали его. Дудин шутил: «Разве это тюрьма? Это — экономия! Приходит повар и спрашивает: "Паничи, що вам на обид варить?"» Так продолжалось недолго — всех перевезли в Московский централ, где были другие правила. Целых три года тянулось следствие, и в 1887 г. без суда, в административном порядке, Дудин был выслан в Селенгинск.

Дудин вел здесь наблюдения на метеостанции, собирал геологические коллекции, фольклорный материал и познакомился с известным геологом и этнографом Г. Н. Потаниным (1835—1920), совершившим уже несколько экспедиций по Монголии, Китаю и восточной окраине Тибета и собравшим ценные коллекции. Дудин делает для него этнографические зарисовки из бурятской жизни, а затем, по совету Потанина, принимает

участие в знаменитой академической экспедиции востоковеда-тюрколога В. В. Радлова (1837—1918), в результате которой были расшифрованы знаменитые орхоно-енисейские надписи. За годы ссылки Дудин собрал материал по монголо-бурятскому орнаменту, подготовил альбом рисунков монгольских древностей, который вошел в «Труды орхонской экспедиции». По ходатайству Потанина он был амнистирован.

Приехав в Петербург, недавний ссыльный поступает в Академию художеств, параллельно с занятиями в которой принимает активное участие в этнографических экспедициях Академии наук. В 1893 г. совместно с молодым В. В. Бартольдом, впоследствии крупным востоковедом, Дудин совершает первую поездку в Туркестан, который его буквально пленяет. Во время этой экспедиции Дудин делает свои первые снимки, вошедшие потом во многие научные издания, а также зарисовки,



Девушки-текинки. Туркмения.

чертежи, путевые заметки и описания памятников.

Каждую зиму Дудин возвращался к занятиям в Академии художеств, участвовал в выставках, но параллельно с этим занимался обработкой полевого материала. В 1897 г. он получил звание художника за картину «В храме Тапиты». Высокого мнения об успехах Дудина был его учитель Репин, который в письме к художнику А. А. Куренному писал: «Спешу известить Вас о выставке учеников — много хорошего, особенно отличились: Борисов, Дудин, Пурвин, Мясоедов, Рылов. Подчеркнутые поедут за границу на казенный счет... «Спустя полгода, в другом письме он сообщает: «Недавно уехали Дудин и Мясоедов через Вену и Мюнхен в Париж».

За годы обучения живописи Дудин участвовал в этнографических и археологических экспедициях несколько раз. По поручению Археологической комиссии им сделано около 200



Алакская долина. Киргизки в традиционных головных уборах.



Единственный снимок, на котором запечатлен С. М. Дудин (он в центре, в очках). Рядом с ним товарищи по экспедиции и казаки русской стражи.

фотоснимков большого размера (24×30 см) архитектурных памятников Самарканда. Кроме фотографий он выполнил ряд калек. По этим документам и сегодня ведут свою работу реставраторы.

Для Парижской всемирной выставки он сделал по поручению Этнографического бюро Тенишева более 600 фотографий, на которых запечатлен быт обитателей Акмолинской и

Семипалатинской областей. Эти негативы попали в Германию и сегодня являются одной из достопримечательностей собрания Гамбургского этнографического музея. Сохранились и отпечатки, которые находятся в Ленинграде, в Музее антропологии и этнографии АН СССР.

К началу века Дудина одинаково хорошо знали не только в Академии художеств, но и в Академии наук. Вот почему, когда этнографический отдел Русского музея решил отправить экспедицию в Среднюю Азию с целью изучения материальной и художественной культуры населяющих ее народов, выбор пал на Дудина.

Экспедиция готовилась очень обстоятельно. Зимой 1900 г. Радлов предложил Дудину составить подробную программу и смету. Особенно тщательно Дудин готовил фотографическое оборудование. В Германии были закуплены фотоаппараты, оптика, фотоматериалы. Изготовлены специальные выючные ящики для аппаратуры и лабораторного оборудования — Дудин предполагал сразу проявлять отснятый материал, чтобы вовремя обнаружить возможные дефекты.

За три полевых сезона Дудиным была собрана огромная коллекция, сделано более 2000 снимков — гигантский фактиче-

ский и художественный материал. Отточенное мастерство фотографа, акус художника определили высокое качество снимков. Дудин много размышлял над природой фотографии, ее возможностями и задачами. Снимая, старался прежде всего сохранить достоверность, избегал инсценировок.

Дудинские поездки на Восток продолжались до революции. За эти годы он изъездил и исходил всю Среднюю Азию, неоднократно выезжал и в сопредельные районы. Так, в 1909 и 1914 гг. он участвовал в двух экспедициях С. Ф. Ольденбурга — в Восточный Туркестан и Западный Китай. А в самаркандской газете можно было, к примеру, прочитать: «В настоящее время на мазаре Шах-и-Зинда производит фотографическую съемку и обмеры деталей с памятников древности командированный к нам из Петербурга художник С. М. Дудин, известный у нас по многолетним работам в Средней Азии...»

Дудина очень интересовали различные ремесла, которые ему приходилось неодно-

кратно снимать, и в первую очередь ковроткачество и керамика. Он детально изучил особенности изготовления многих изделий народного промысла, узнал секреты местных мастеров, связанных с технологией подготовки сырья, окраски материалов, непосредственного производства. С годами он стал одним из крупнейших специалистов в ковровом деле и других художественных ремеслах. Его перу принадлежит ряд статей на эту тему.

В 1920—1921 гг. Государственная экспертная комиссия привлекала его консультантом по учету государственных ценностей, Внешторг приглашал как эксперта при отборе и расценке больших партий ковров для экспорта. Эрмитаж, Русский музей, другие учреждения обращались к Дудину как специалисту по керамике и прикладному искусству Востока. Существовавшая в те годы Академия материальной культуры числила его своим штатным сотрудником.

Кроме всего этого он был заведующим фотографическим отделом Музея антропологии и

этнографии АН СССР, заведовал отделом среднеазиатских древностей, а затем и отделом изображений, много лет бесплатно исполнял обязанности ученого секретаря совета музея.

Занятый десятками разнообразных дел, он не забывал и о живописи. В Русском музее хранятся некоторые из его работ, в том числе эскизы двух панно — «До 25 октября 1917 года» и «После 25 октября 1917 года». Он один из руководителей популярного в те годы среди художников Общества им. Куинджи, активно участвует в выставках, выступает с докладами по искусству, пишет статьи о Родене и Поллене...

Приходится удивляться, как на все хватало времени, сил, энергии, знаний.

Умер Самуил Мартынович летом 1929 г. от разрыва сердца в пос. Саблино под Ленинградом, где находился на практике со студентами географического факультета Ленинградского университета, так как, к все-му прочему, преподавал им основы фотографии.

Научные редакторы:

И. Н. АРУТЮНЯН,
О. О. АСТАХОВА,
Л. П. БЕЛЯНОВА,
М. Ю. ЗУБРЕВА,
Г. В. КОРОТКЕВИЧ,
Г. М. ЛЬВОВСКИЙ,
Л. Д. МАЙОРОВА,
Н. Д. МОРОЗОВА,
Е. М. ПУШКИНА,
Н. В. УСПЕНСКАЯ

Литературный редактор
Г. И. ПАНКОВА

Художник П. П. ЕФРЕМОВ

Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией
О. В. ВОЛОШИНА

Корректор
О. Н. БОГАЧЕВА

В художественном оформлении
номера принимали участие
Н. Х. БУТЫРИНА,
В. С. КРЫЛОВА,
Н. МОЛОСТОВА,
В. А. СКРЕБНЕВ,
Е. К. ТЕНЧУРИНА

Ордена Трудового Красного
Знамени издательство «Наука»

Адрес редакции:
117049, Москва, ГСП-1,
Мероновский пер., 26
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 26.12.89
Подписано в печать 13.02.90

T-07701
Формат 70×100^{1/16}
Бумага офсетная, № 1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 1572,7 тыс.
Уч.-изд. л. 15,0
Тираж 58 750 экз.
Зак. 3052
Цена 80 к.

Ордена Трудового
Красного Знамени
Чеховский полиграфический
комбинат
Государственного комитета, СССР
по печати
142300, г. Чехов
Московской области

ПРИРОДА

4⁹⁰



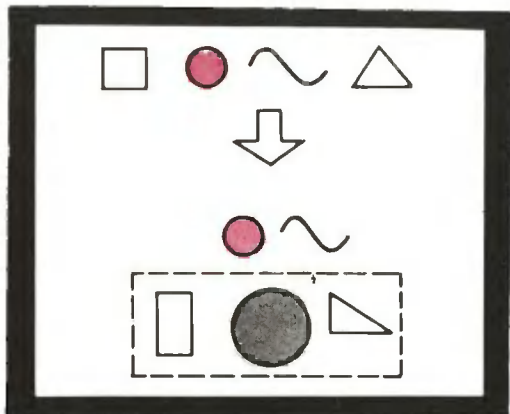
Эксперименты с донными сейсмографами в Средиземном море позволили не только уточнить сейсмическую активность региона, но и выявить детали придонных течений.

Соловьев С. Л. БЕСПОКОЙНАЯ ЖИЗНЬ МОРСКОГО ДНА



Высочайший профессионализм палеоботаника сочетался в этом человеке с глубоким интересом к теории стратиграфии и эволюционной теории, этике и методологии науки, философии.

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ИДЕИ С. В. МЕЙЕНА

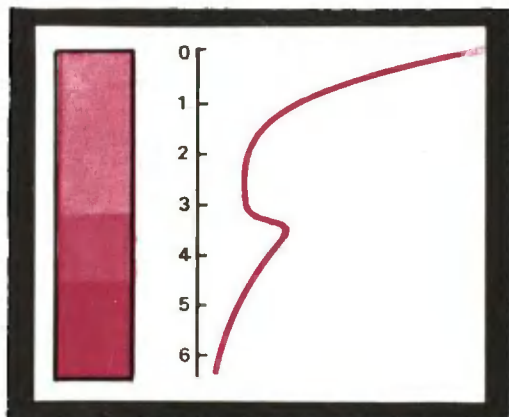


При компьютерном исследовании одной из моделей, имитирующих организацию мозга, обнаружено явление, возможно, проливающее свет на роль ритмических изменений активности мозга.

Введенский В. Л., Ежов А. А. РИТМЫ МОЗГА И САМОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ

Двигатели начала XXI в. будут отличаться от нынешних прежде всего максимальным использованием энергии выхлопных газов. Это позволит не только экономить топливо, но и уменьшить загрязнение окружающей среды.

Шейпак А. А. ДВИГАТЕЛЬ 2000 ГОДА



В последние годы выяснилось, что образование месторождений в слоистой оболочке Земли связано не только с вторжением в нее расплавленных магм, но и с мобилизацией рудных компонентов из глинистых толщ.

Холодов В. Н. СТРАТИСФЕРА — ИСТОЧНИК РУДОНОСНЫХ РАСТВОРОВ?

ПРИРОДА

80 к.
Индекс 70707

