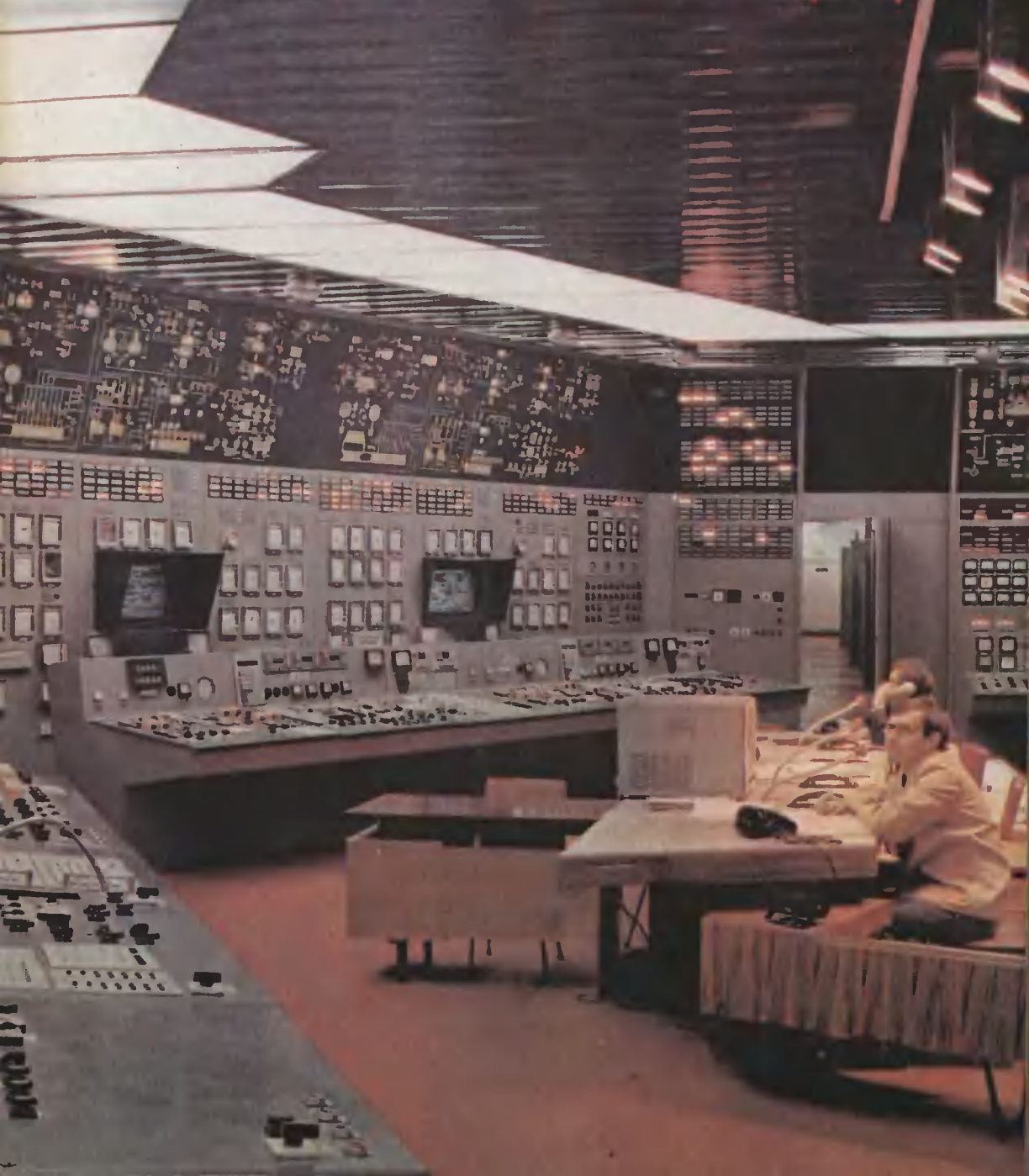


ISSN 0032-8441

12 ПРИРОДА

1980



Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1912 году



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Доктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВ

Академик
Д. К. БЕЛЯЕВ

Академик
Ю. В. БРОМЛЕЙ

Доктор биологических наук
А. Л. БЫЗОВ

Заместитель главного редактора
член-корреспондент АН СССР
В. М. ГАЛИЦКИЙ

Заместитель главного редактора
В. А. ГОНЧАРОВ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Л. КРЕТОВИЧ

Академик
К. К. МАРКОВ

Доктор философских наук
Н. Ф. ОВЧИННИКОВ

Заместитель главного редактора
В. М. ПОЛЫНИН

Заместитель главного редактора
член-корреспондент АН СССР
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР
Р. Б. ХЕСИН

Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ

Доктор биологических наук
А. В. ЯБЛОКОВ



— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Этим символом обозначены материалы, которые журнал «Природа» публикует в рамках участия в деятельности этой программы. Подробно о программе см.: «Природа», 1979, № 1, с. 28.

На первой странице обложки. Один из пультов управления Нововоронежской атомной электростанции. См. в номере: Жимерин Д. Г., Гвоздецкий В. Л. План ГОЭЛРО и развитие советской энергетики.

Фото В. И. Ободзинского.

На третьей странице обложки. Каменные картины В. Н. Шабанова «Чукотка» (вверху) и «К родным берегам». См. в номере: Ефимова М. И., Шабанов В. Н. Каменные узоры скалов. Фото В. Н. Шабанова.

На четвертой странице обложки. Фламинго — вид, внесенный в международную и отечественную «Красные Книжки». См. в номере: Андрусенко Н. Н. Фламинго.

Фото Г. М. Смирнова.

В НОМЕРЕ

НАВСТРЕЧУ XXVI СЪЕЗДУ КПСС	Жимерин Д. Г., Гвоздецкий В. Л. План ГОЭЛРО и развитие советской энергетики. К 60-летию плана ГОЭЛРО	2
НАВСТРЕЧУ XXVI СЪЕЗДУ КПСС	Кост М. Е., Понятовский Е. Г. Гидриды в водородной энергетике	11
	Пономарев А. Н. Положительные мюоны в физике твердого тела	20
	Авдейко Г. П. Современный подводный вулканизм	31
	 Остроумов С. А. «Всемирная стратегия охраны природы»	40
	Ефимова М. И., Шабанов В. Н. Каменные узоры скарнов	42
	Варшалавич Д. А., Херсонский В. К. Молекулярная спектроскопия межзвездной среды	44
	 Георгиевский А. Б. На Айновых островах	53
	Усольцева Н. В., Усольцева В. А. Жидкокристаллическое состояние и метаболизм	56
	Першин Е. Я., Ульянов В. К. География пандемии холеры Эль Тор	63
	Яншин А. Л. Юбилей старейшины научных обществ России	66
КРАСНАЯ КНИГА	 Андрусенко Н. Н. Фламинго	72
	Четвериков С. С. Воспоминания. (Окончание)	76
	Константин Константинович Марков	86
НОВОСТИ НАУКИ		88
КНИГИ, ЖУРНАЛЫ	Федоров А. С. Страницы большой жизни	102
НОВЫЕ КНИГИ		41, 105
	Тематический указатель журнала «Природа» 1980 года	108
	Авторский указатель журнала «Природа» 1980 года	126

НАВСТРЕЧУ XXVI СЪЕЗДУ КПСС

План ГОЭЛРО и развитие советской энергетики

К 60-летию плана ГОЭЛРО

Д. Г. Жимерин, В. Л. Гвоздецкий



Дмитрий Георгиевич Жимерин, член-корреспондент АН СССР, первый заместитель председателя Государственного комитета СССР по науке и технике. Разрабатывает проблемы энергетики. Под его руководством энергетика прошла военные годы, восстановительный период, затем была развернута работа по техническому перевооружению и объединению энергосистем, завершившаяся созданием Единой европейской энергосистемы. В 1964—1971 гг. возглавлял Государственный научно-исследовательский энергетический институт им. Г. М. Кржижановского АН СССР. Монографии: Развитие энергетики СССР. М.—Л., 1960; История электрификации СССР. М., 1962; Проблемы развития энергетики. М., 1978; Энергетика: настоящее и будущее. М., 1978 и др.



Владимир Леонидович Гвоздецкий, кандидат технических наук, младший научный сотрудник сектора истории техники Института истории естествознания и техники АН СССР. Работает в области истории энергетики и общих проблем развития техники.

Важнейшей составляющей ленинского научного наследия является учение об электрификации. Разрабатывавшееся на протяжении нескольких десятилетий, оно представляет собой целостную научную систему, ориентированную на решение конкретных социальных, политических, экономических и научно-технических вопросов. Наиболее полно ленинское учение об электрификации было развито в плане ГОЭЛРО — первом в истории человечества государственном перспективном научном плане восстановления и развития народного хозяйства страны.

23 января 1920 г. В. И. Ленин пишет знаменитое письмо Г. М. Кржижановскому¹, в котором ставит задачу «дать сейчас» политический или государственный план

электрификации страны, который мог бы увлечь рабочих и крестьян великой программой:

«Примерно: в 10 (5?) лет построить 20—30 (30—50?) станций, чтобы всю страну усеять центрами на 400 (или 200, если не осилим больше) верст радиуса; на торфе, на воде, на сланце, на угле, на нефти (примерно перебрать Россию всю, с грубым приближением). Начнем-де сейчас закупку необходимых машин и моделей. Через 10 (20?) лет сделаем Россию «электрической»².

¹Письмо было написано в связи с публикацией в «Правде» № 20 от 30 января 1920 г. статьи Г. М. Кржижановского «Задачи электрификации промышленности».

²Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 40, с. 62.

Это письмо предопределило развертывание работы по подготовке и составлению плана ГОЭЛРО. 24 марта 1920 г. по инициативе Ленина Совет Рабоче-Крестьянской обороны утвердил положение о Государственной комиссии по электрификации России и присвоил ей сокращенное название ГОЭЛРО.

В результате titанической работы, проделанной Комиссией, к концу ноября 1920 г. был подготовлен труд, названный «План электрификации РСФСР. Доклад 8-му съезду Советов Государственной комиссии по электрификации России».

В первый день работы VIII съезда Советов с большой речью выступил Ленин. Касаясь проблем народнохозяйственного строительства и вопросов развития электрификации, он сказал: «Мы имеем перед собой результаты работ Государственной комиссии по электрификации России в виде этого томика, который всем вам сегодня или завтра будет роздан. Я надеюсь, что вы этого томика не испугаетесь. Я думаю, что мне не трудно будет убедить вас в особенном значении этого томика. На мой взгляд, это — наша вторая программа партии»³.

С развернутым докладом о плане электрификации РСФСР выступил на съезде Председатель Комиссии ГОЭЛРО Кржижановский. Он дал исчерпывающую характеристику программы развития народного хозяйства страны на базе электрификации, сформулировал и раскрыл все основные направления энергетического строительства. Съезд единодушно одобрил план.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПЛАНА

План ГОЭЛРО является единой и всеобщей программой строительства народного хозяйства, рассчитанной на 10—15 лет. Он предусматривал восстановление и развитие всех важнейших отраслей промышленности и, в первую очередь, тяжелой индустрии, как необходимые предпосылки и условия успешного строительства социализма в молодой советской республике.

Главным средством в достижении поставленных целей служило обеспечение максимально возможного подъема производительности труда путем его интенсификации, механизации и рационализации. Это, в свою очередь, достигалось за счет

электрификации производственных процессов. В плане детально рассматривается влияние электрификации на рост производительности труда в народном хозяйстве. Через это влияние раскрывается роль электрификации в развитии промышленного производства, строительства, транспорта и сельского хозяйства.

Важнейшим теоретическим аспектом плана является экономическое районирование страны. Планом предусматривалось выделить восемь основных экономических районов: Северного, Центрально-промышленного, Южного, Приволжского, Уральского, Кавказского, Западной Сибири и Туркестана. Территориальная организация народного хозяйства находилась в тесной взаимосвязи с отраслевым планированием развития промышленности.

Формирование мощной электроэнергетической базы было, согласно плану, организующим началом, первоосновой комплексного развития народного хозяйства страны. Авторы плана сосредоточили главное внимание именно на создании и наращивании энергетического потенциала, проведении электрификации как в отраслевом, так и в региональном направлениях.

В основу развития электроэнергетики и электрификации были положены следующие принципы: 1) опережающие темпы роста электроэнергетического хозяйства по сравнению с темпами промышленного производства; 2) строительство крупных электростанций, позволяющих обеспечивать энергоснабжение целых районов страны; 3) широкое использование на электростанциях местных топливных ресурсов в целях создания топливно-энергетической базы для развития народного хозяйства районов, не имеющих собственных ресурсов, и устранения их зависимости от дальнопривозного топлива; 4) создание базы электроэнергетики на основе использования водной энергии в регионах бедных топливом, что предполагало возведение мощных гидроэлектростанций, а также строительство дамб, каналов и других гидросооружений в целях комплексного использования водных ресурсов для нужд энергетики, транспорта, ирригации и рыбоводства; 5) строительство высоковольтных линий электропередач с целью объединения районных электростанций для параллельной их работы, и создание систем, объединяющих энергетическое хозяйство одного или нескольких районов, которые в дальнейшем стали бы основанием единой энергетической системы страны; 6) рациональное размещение энергетического хо-

³ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 42, с. 157.

Список 30 районных электростанций, намеченных к строительству планом ГОЭЛРО

Наименование электростанции	Рабочая мощность, тыс. кВт
I. Северный район	
«Уткина Заводь» («Красный Октябрь»)	30,0
Волховская ГЭС	30,0
Нижне-Свирская ГЭС	40,0
Верхне-Свирская ГЭС	60,0
II. Центрально-промышленный район	
Ивановская ГРЭС	40,0
Нижегородская (Горьковская) ГРЭС	40,0
Белгородская ГРЭС	40,0
Епифанская ГРЭС	60,0
Каширская ГРЭС	60,0
Шатурская ГРЭС	40,0
III. Южный район	
Штеровская ГРЭС	100,0
Лисичанская ГРЭС	80,0
Гришанская ГРЭС	40,0
Днепроовская ГРЭС	200,0
Белокалитвинская ГРЭС	60,0
IV. Приволжский район	
Кашпурская ГРЭС	20,0
Свияжская ГРЭС	20,0
Саратовская ГРЭС	20,0
Царицынская ГРЭС (Волгоградская)	40,0
V. Уральский район	
Кизеловская ГРЭС	40,0
Челябинская ГРЭС	60,0
Егоршинская ГРЭС	40,0
Чусовская ГЭС	25,0
VI. Кавказский район	
Краснодарская ГЭС	20,0
Грозненская ГРЭС	20,0
Терская ГЭС	40,0
Кубанская ГЭС	40,0
VII и VIII. Сибирь и Туркестан	
Алтайская ГЭС	40,0
Кузнецкая ГРЭС	40,0
Туркестанская ГЭС	40,0

зайства как мощный фактор равномерно развития производительных сил по территории всей страны, укрепление энергетической базы уже развитых промышленных районов и одновременное строительство новых электростанций на окраинах, в ранее отсталых национальных районах, создание новых индустриальных центров.

Планом ГОЭЛРО предусматривалось восстановление и реконструкция сооруженных прежде электростанций (программа «А») и проектирование и строительство новых (программа «Б»). Всего, согласно программе «Б», должно было быть возведено 20 тепловых электростанций и 10 гидравлических. Установленную мощность первых планировалось довести до 1110 тыс. кВт, вторых — до 640 тыс. кВт.

Карта размещения электростанций по территории страны была составлена в соответствии с детально разработанной энергоструктурой восьми экономических районов.

ВЫПОЛНЕНИЕ ПЛАНА

В 1926 г. завершилось выполнение программы «А» плана ГОЭЛРО. К этому времени электростанции Центрально-промышленного района, Ленинграда, Донбасса были восстановлены, расширены и объединены высоковольтными линиями электропередач. В 1922 г. вступила в эксплуатацию первая в СССР линия электропередачи напряжением 110 кВ Каширская ГРЭС — Москва, протяженностью 120 км. В 1925 г. были введены в строй еще две линии: Волховская ГЭС — Ленинград и Штеровская ГРЭС — Кадиевка.

Ввод в эксплуатацию крупных ГРЭС и строительство высоковольтных линий электропередачи осуществлялись параллельно с созданием первых энергетических систем. Начало Московской энергосистеме было положено в 1922 г., когда для работы на общую сеть были объединены семь электростанций. Аналогичные объединения были проведены в Ленинграде и Донбассе.

Реализация программы «Б» проходила в основном во второй половине 20-х — начале 30-х гг., т. е. совпала по времени с выполнением первого пятилетнего плана.

Первый пятилетний план явился связующим звеном между планом ГОЭЛРО и последующими пятилетними планами. Он на практике показал, что социалистическое планирование хозяйственного развития является одним из крупнейших политических, социальных и научно-экономических достижений марксизма-ленинизма.

Большое место в первом пятилетнем плане отводилось вопросам электроэнергетики. В нем были подтверждены и развиты идеи плана ГОЭЛРО. Одновременно с этим были внесены значительные коррективы в программу энергетического развития в сторону ее расширения. Так, было утверждено сооружение 42 районных электростанций вместо тридцати, намеченных планом ГОЭЛРО.

Вершиной энергостроительства в рассматриваемый период явилось возведение Днепровской ГЭС — самой мощной гидроэлектростанции в Европе.

Дальнейшее развитие получила

теплоэнергетика. В 1930 г. в Советском Союзе появились первые электростанции мощностью 100 тыс. кВт: Шатурская ГРЭС и «Красный Октябрь».

В 1930 г. истек минимальный десятилетний срок плана ГОЭЛРО. Намеченная программа развития энергетики страны была выполнена. Установленная мощность электростанций возросла с 1228 тыс. кВт в 1921 г. до 2876 тыс. кВт в 1930 г. Выработка электроэнергии увеличилась до 8368 млн кВт·ч, т. е. выросла на 410 % по сравнению с 1913 г. Прирост валовой продукции составил соответственно 193 %. Таким образом, был реализован один из главных ленинских принципов электрификации страны — принцип обеспечения опережающих темпов развития энергетики.

К концу 1935 г. — максимальному сроку плана ГОЭЛРО — программа энергостроительства была значительно перевыполнена. В эксплуатации находилось 40 районных электростанций вместо 30, намеченных планом. Единица мощность тринадцати из них составляла 100 тыс. кВт и выше. Суммарная мощность всех электростанций достигла 6923 тыс. кВт, в том числе районных — 4338 тыс. кВт. Выработка электроэнергии по стране возросла до 26 288 млн кВт·ч.

За годы выполнения плана ГОЭЛРО были достигнуты большие успехи в деле централизации производства электроэнергии и концентрации мощностей на крупных электростанциях. Советский Союз опередил высокоразвитые капиталистические страны по масштабам использования торфа, низкосортных углей, других видов местного топлива. Были заложены основы комплексного использования гидроэнергетических ресурсов страны.

Создание энергетической базы обусловило успешное развитие всего народ-

ного хозяйства. План ГОЭЛРО был перевыполнен по всем основным отраслям промышленности.

ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИКИ СТРАНЫ

Развитие электроэнергетики во второй половине 30-х гг. проходило в соответствии со 2-м и 3-м пятилетними планами. Оно базировалось на принципах энергостроительства, выработанных в плане ГОЭЛРО — достижениях опережающих темпов роста электроэнергетики, строительстве крупных ТЭС и ГЭС, широким использованием местных топлив, комплексном развитии гидроэнергетики, строительстве высоковольтных ЛЭП и создании энергосистем.

Реализация энергетической программы, предусмотренной этими планами, обеспечила высокий рост установленных мощностей и выработки электроэнергии в стране. С 1930 г. по 1940 г. мощность электростанций возросла с 2876 тыс. кВт до 11 193 тыс. кВт, а выработка электроэнергии с 8368 млн кВт·ч до 48 309 млн кВт·ч. Благодаря интенсивному наращиванию мощностей и умелому их использованию, Советский Союз в 1935 г. по производству электроэнергии занял второе место в Европе и третье в мире.

В период Великой Отечественной войны советская энергетика понесла большие потери: фашистские оккупанты разрушили более 60 крупных электростанций общей мощностью 5,8 млн кВт, уничтожили около 10 тыс. км линий электропередачи.

Героические усилия советского народа позволили в кратчайшие сроки превратить восточные районы страны в крупнейшие энергетические центры. В 1944 г. мощность электростанций Уральской энергосистемы увеличилась по сравнению с июнем 1941 г. на 192 %. Мощность Барна-

Выполнение плана ГОЭЛРО

Показатели	1913 г.	По плану ГОЭЛРО	1935 г.	В % к плану ГОЭЛРО
Валовая продукция промышленности, % к 1913 г.	100	180—200	411	228—205
Мощность районных электростанций, тыс. кВт	177	1750	4338	247,9
Уголь, млн т	29,1	62,3	108,9	174,7
Нефть, млн т	9,2	11,8—16,4	25,1	213—153
Торф, млн т	1,7	16,4	18,5	112,8
Железная руда, млн т	9,2	19,6	26,8	136,8
Чугун, млн т	4,2	8,2	12,5	152,4
Сталь, млн т	4,2	6,5	12,6	193,8
Прокат, млн т	3,5	7,0	9,4	134,3

ульской, Омской и Красноярской энергосистем выросла соответственно в три, четыре и пять раз по отношению к уровню 1940 г. По мере освобождения захваченных врагом территорий немедленно развертывались работы по восстановлению энергетического хозяйства. Установленная мощность станций. в 1946 г. превзошла уровень 1940 г. и достигла 12 338 млн кВт. Выработка электроэнергии возросла до 48 571 млрд кВт·ч. Через год, в 1947 г., Советский Союз вышел по производству электроэнергии на первое место в Европе и второе — в мире.

Развитие энергетики в шестидесятые годы проходило в соответствии с общим курсом народнохозяйственного строительства, выработанным XXI, XXII и XXIII съездами партии. Одним из главных его положений была ориентация на ускоренное экономическое и промышленное развитие восточных районов страны.

По темпам индустриального строительства Сибирь должны была значительно опередить Европейскую часть Советского Союза. Планировалось развертывание энергоемких производств, и в первую очередь предприятий цветной металлургии. Создание промышленных комплексов по получению алюминия, целлюлозы, химических продуктов и др. предполагало ускоренное развитие энергетики региона. Особое значение придавалось освоению богатейших гидроэнергоресурсов.

В 1961 г. завершилось сооружение на Ангаре Братской ГЭС. Возведение крупнейшей в мире станции стало поистине историческим событием. Ее мощность достигла 4500 тыс. кВт, что было в два с лишним раза больше мощности крупнейшей электростанции США — Гранд-Кули. В 1967 г. была введена в эксплуатацию Красноярская ГЭС. Суммарная мощность ее агрегатов составляет 6000 тыс. кВт.

Развитие гидроэнергетики в Европейской части страны было отмечено созданием Волжско-Камского и Днепровского каскадов ГЭС, сооружением большого количества гидроузлов на Кавказе, в Карельской АССР и Мурманской области.

В 1970 г. установленная мощность каждой из 13 ГЭС составила 500 тыс. кВт и более, из них четыре станции превысили рубеж 2 млн кВт. Единичная мощность гидроагрегатов достигла 500 тыс. кВт.

Несмотря на интенсивное развитие гидроэнергетики, ведущим звеном энергетической индустрии страны оставалась теплоэнергетика. В 1970 г. на ее долю при-

ходило 83,2% всей выработанной электроэнергии в стране.

Основные черты, характеризующие состояние теплоэнергетики в рассматриваемый период, следующие: рост единичных мощностей агрегатов и станций, реконструкция и модернизация действующего оборудования, переход на блочного компоновку станций, увеличение удельного веса газа и мазута в топливном балансе страны, снижение удельных расходов топлива и удельной численности персонала, повышение технической культуры эксплуатации.

Развитие тепло- и гидроэнергетики обусловило создание и объединение энергетических систем, ускорение сетевого строительства, рост напряжения ЛЭП.

Были созданы 11 объединенных энергосистем (ОЭС). ОЭС Центра, Средней Волги, Урала, Северо-Запада, Юга, Северного Кавказа и Закавказья образовали Единую энергетическую систему Европейской части СССР (ЕЕЭС), объединившую более 600 электростанций.

В 1970 г. установленная мощность всех электростанций страны составила 166 150 тыс. кВт. Выработка электроэнергии достигла 740 926 млн кВт·ч.

СОВЕТСКАЯ ЭНЕРГЕТИКА СЕГОДНЯ — ПРОБЛЕМЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

Топливо-энергетический баланс страны предполагает комплексное научное решение таких сложных проблем современной энергетики, как гармоничное развитие добычи твердого, жидкого и газообразного топлива, атомной энергетики, использование гидроэнергетических ресурсов, вовлечение в энергетическое производство новых видов энергии (термоядерной, солнца, геотермальной, ветровой).

При выборе путей и методов добычи топлива и производства энергии необходимо руководствоваться принципом народнохозяйственного, а не отраслевого или регионального экономического эффекта. Только в этом случае будет обеспечена наибольшая эффективность использования того или иного топлива и энергии.

Вопросы оптимизации добычи и потребления топливо-энергетических ресурсов ставят перед советской наукой целый ряд проблем, решение которых должно базироваться на системном анализе и современных экономико-математических методах. Выработка баланса на перспекти-

ву с учетом сотен различных показателей предполагает использование новейшей электронно-вычислительной техники.

Топливо-энергетический баланс — один из острейших вопросов современного мира. Энергетический кризис не грозит Советскому Союзу и другим социалистическим странам, где существует государственное планирование. Однако и у нас есть целый ряд научных, технических и производственных проблем в этой области.

Советский Союз является единственным в мире крупным индустриальным государством, базирующим свое экономическое развитие на собственных топливно-энергетических ресурсах. Это бесспорное преимущество отечественной экономики в то же время требует своевременного и рационального решения целого ряда сложных топливно-энергетических проблем, что в первую очередь относится к Европейской части СССР, где в настоящее время сосредоточено около 75% населения и 80% производства промышленной продукции. В то же время запасов минерального топлива приходится на эту часть территории страны (включая Урал) только 10%.

Одним из главных направлений в решении сложившейся ситуации является развитие атомной энергетики в Европейской части страны.

В Советском Союзе строительство АЭС базируется на корпусных реакторах с водой под давлением типа ВВЭР (вода-водяной энергетический реактор) и кипящих канальных уран-графитовых реакторах типа РБМК (реактор большой мощности — кипящий).

В ближайшем будущем основным оборудованием АЭС будут реакторы типа ВВЭР-1000 и реакторы РБМК мощностью 1000 МВт. В дальнейшем ожидается увели-

чение единичных мощностей реакторов до 1500 МВт и даже до 2400 МВт (тип РБМК).

Важнейшим направлением научно-технического прогресса в атомной энергетике является переход от реактора на тепловых нейтронах к созданию реакторов на быстрых нейтронах, которые дают возможность использовать уран 238. Его содержание в естественном уране 99,3%. В реакторах на быстрых нейтронах образуется изотоп — плутоний 239, используемый в последующем для производства электроэнергии. Таким образом, реакторы на быстрых нейтронах, кроме производства электроэнергии, воспроизводят ядерное топливо.

Другой крупнейшей научной проблемой являются поиски и освоение новых источников энергии. Здесь, в первую очередь, необходимо назвать управляемую термоядерную реакцию. Овладев ею, человечество получит практически неограниченные энергетические ресурсы и возможности выработки электрической энергии в необходимых объемах.

Наибольшие результаты в получении управляемой термоядерной реакции достигнуты на советских установках «Токамак». На пути реализации перспективного направления стоит много научных и технических сложностей. Одной из них является проблема создания устройств, способных выдерживать температуру до десятков миллионов градусов. Разработка и осуществление научной программы проводится в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова, где в 1975 г. была введена в действие крупнейшая установка «Токамак-10». Достижения советских ученых высоко оценены во всех странах мира.

Одновременно ведутся исследования в области создания установок, в которых термоядерный процесс организуется с помощью импульсных систем. Источника-

Структура производства электроэнергии в СССР

Название показателей	Показатели по годам			
	1975	1977	1978	1979
Все электростанции, млн кВт · ч	1 038 607	1 150 074	1 202 000	1 238 700
в том числе:				
тепловые, млн кВт · ч	892 415	968 234	987 396	1 011 900
% от общего производства	85,9	84,2	82,2	81,8
атомные, млн кВт · ч	20 205	34 826	44 804	54 800
% от общего производства	2,0	3,0	3,7	4,4
гидравлические, млн кВт · ч	125 987	147 014	169 800	172 000
% от общего производства	12,1	12,8	14,1	13,8

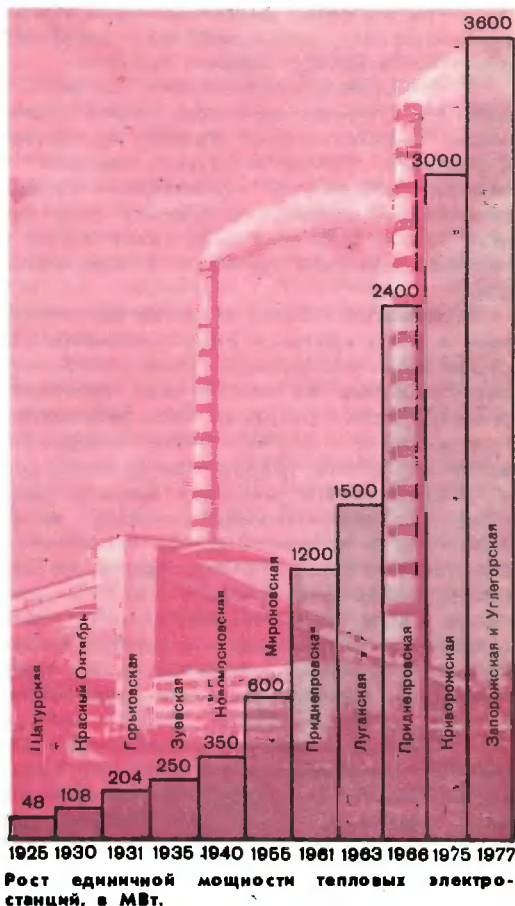
ми энергии в этом случае могут служить, например, лазеры, дающие возможность получать концентрированную энергию. С помощью энергии лазеров осуществляется быстрый, нагрев небольших мишеней до термоядерной температуры.

Многообещающее научное направление находится в настоящее время на уровне исследовательских программ, поэтому сказать что-либо определенное о сроках практического использования в энергетике управляемой термоядерной реакции крайне трудно. Насущным вопросом сегодняшнего дня для энергетического производства, всего народного хозяйства страны по-прежнему остается топливно-энергетическая проблематика.

Снабжение топливом Европейской части страны, где потребляется до 78% топливно-энергетических ресурсов, связано с необходимостью транспортировки топлива из восточных районов на расстояние, достигающие 3 тыс. км и более. В этой связи в прошедшее десятилетие дальнейшее развитие получил курс на преимущественное размещение энергоемких предприятий в восточных районах страны. Строительство таких предприятий осуществляется по программе формирования территориально-производственных комплексов (ТПК), которые призваны содействовать оптимизации экономической и промышленной карты Советского Союза.

Касаясь проблемы доставки энергоресурсов с востока, необходимо отметить, что наряду с хорошо отработанной транспортировкой жидкого и газообразного топлива в настоящее время ведутся интенсивные научные поиски новых методов доставки твердого топлива. Это имеет особое значение для доставки канско-ачинских углей.

Главный недостаток канско-ачинских углей заключается в высоком содержании влаги, что делает невыгодной их обычную транспортировку. В этой связи исключительное значение приобретает энерготехнический метод переработки углей, разработанный в Государственном научно-исследовательском энергетическом институте им. Г. М. Кржижановского АН СССР, который позволяет получать высококалорийный обезвоженный полукокс, жидкий и газообразный продукт, а также химическое сырье. Высококалорийный полукокс может транспортироваться в центр страны, при этом стоимость его будет ниже стоимости местных углей. Перспективной является также газификация сибирских углей с получением метана или



жидкого топлива, которые также легко транспортировать в Европейскую часть СССР и страны-члены СЭВа.

Создание крупных топливно-энергетических комплексов в Сибири и Средней Азии предполагает строительство ЛЭП высокого напряжения. В настоящее время действуют магистральные ЛЭП переменного тока напряжением 500 и 750 кВ. Сооружается опытно-промышленный участок линии напряжением 1150 кВ Итат — Новокузнецк протяженностью 270 км. Этот участок является началом будущей линии Сибирь — Казахстан — Урал, которая обеспечит надежную и высокоэффективную связь ЭС Сибири с ЭС страны.

Для передачи электроэнергии из восточных районов в Центр большое значение имеют ЛЭП постоянного тока высокого и сверхвысокого напряжения. В настоящее время ведется строительство уникальной линии постоянного тока напряжением 1500 кВ Экибастуз — Центр, способной передать мощность равную

6 млн кВт. Развернуты научные исследования по созданию линии напряжением до 2200—2500 кВ. Она свяжет Канско-Ачинский комплекс с Центром и обеспечит передачу до 70 млрд кВт · ч электроэнергии. Важно отметить, что ЛЭП постоянного тока, обеспечивая несинхронную работу энергосистем, повышают устойчивость их работы.

Наряду со строительством ЛЭП одним из главных направлений энергетического развития, заложенных в плане ГОЭЛРО, было создание энергосистем с последующим формированием крупных энергетических объединений. Параллельная работа энергосистем позволяет наиболее экономично и надежно использовать энергоресурсы и с большой точностью координировать работу станций.

Объединение энергосистем повышает надежность электроснабжения народного хозяйства, способствует оптимизации топливно-энергетического баланса и структуры генерирующих мощностей, обеспечивает лучшее использование ТЭС и ГЭС для покрытия суточных графиков нагрузки. Последнему в немалой степени содействует фактор поясного времени. Главным направлением в решении проблемы покрытия пиковой части графика нагрузки является создание и внедрение паротурбинных маневренных блоков.

По прогнозным оценкам, мощность электростанций к 1990 г. возрастет до 500—600 млн кВт. Соответственно увеличится мощность энергосистем и протяженность ЛЭП. В этой связи советской науке предстоит решить проблемы рационального размещения по стране вновь вводимых энергомощностей с учетом расположения энергоресурсов и потребителей электроэнергии, создать оптимальную конфигурацию электросетей высокого и сверхвысокого напряжения.

Ускоренный рост энергопотенциала страны предполагает поиск новых, более экономичных средств передачи электроэнергии. Одним из перспективных направлений по созданию мощных ЛЭП являются исследования в области использования сверхпроводимости.

Согласно плану ГОЭЛРО, одним из главных направлений развития энергетики была концентрация производства, предусматривавшая значительный рост единичных мощностей оборудования и станций. К началу десятого пятилетия энергомашиностроительная промышленность освоила серийное производство турбоагрегатов мощностью 500 и 800 МВт и котлов произ-

водительностью 1650 и 2650 т/ч. На Костромской ГРЭС вводится головной энергоблок мощностью 1200 МВт на газомазутном топливе (производительность котельного агрегата 3950 т/ч).

Вместе с ростом единичных мощностей оборудования возрастали и мощности ТЭС.

Концентрация производства находится в неразрывной взаимосвязи с другим аспектом научно-технического прогресса теплоэнергетики — ростом начальных параметров пара на ТЭС.

Советская теплоэнергетика достигла не только высоких показателей по концентрации мощностей и интенсификации технологических процессов, она вышла на самый высокий уровень и по показателям эффективности производства. Удельный расход условного топлива снизился с 773 г/кВт · ч (конденсационная турбина мощностью 3 МВт) до 313 г/кВт · ч ($K=800=240$). В 1965 г. удельный расход условного топлива на ТЭС Минэнерго составил 414 г/кВт · ч, в 1970 г. — 336 г/кВт · ч, в 1975 г. — 340 г/кВт · ч, а в 1978 г. — 331,1 г/кВт · ч. Очевидно, что тенденцию улучшения главного экономического показателя можно экстраполировать и в обозримое будущее.

Снижение удельных расходов топлива в условиях острой топливно-энергетической ситуации имеет исключительное значение. При сохранении современных темпов роста расхода топлива его потребление в 1990 г. превысит 3,0 млрд т, т. е. возрастет примерно в 3 раза по сравнению с уровнем 1975 г. В этих условиях снижение удельных расходов топлива лишь на 1% обеспечит экономию 30 млн т в год. Расчеты показывают, что к 1990 г. удельные расходы топлива могут быть снижены до 310—300 г/кВт · ч.

Резервы повышения экономичности энергетического производства заложены, в первую очередь, в совершенствовании тепловых схем ТЭС и повышении коэффициента полезного действия их работы. Перспективно использование парогазовых установок, МГД-генераторов, а также принципиально возможное повышение начальных параметров пара классических тепловых схем. Особое значение для экономии топлива приобретает развитие комбинированного производства тепловой и электрической энергии. При этом значительно улучшается использование топлива, а КПД теплоэлектроцентралей достигает 60—70% по сравнению с 38—42% на электростанциях, производящих только электроэнергию. По централизованному

теплоснабжению наша страна занимает первое место в мире.

Основными направлениями развития энергетики в настоящее время и в ближайшую перспективу являются: концентрация производства путем укрупнения единичных мощностей агрегатов и станций; совершенствование топливно-энергетического баланса страны; ускоренное развитие атомной энергетики; создание атомных реакторов на быстрых нейтронах и развитие исследований в области управляемой термоядерной реакции; развитие и совершенствование теплофикации и увеличение выработки электроэнергии на тепловом потреблении; создание маневренных установок для покрытия переменной части графика электрических нагрузок; изыскание и освоение качественно новых источников энергии; сооружение мощных высоконапорных ГЭС, комплексно решающих вопросы энергетики, транспорта и сельского хозяйства; формирование Единой энергетической системы СССР; широкое внедрение автоматики, телемеханики и счетно-вычислительной техники в целях повышения экономичности и надежности электроснабжения; защита окружающей среды.

Основным потребителем электроэнергии является промышленность. Необходимо отметить, что при быстрых темпах абсолютного роста потребления электроэнергии доля промышленности в общем балансе электропотребления систематически снижается. Это связано с широкой электрификацией транспорта, сельского хозяйства, всех сфер обслуживания населения. В 1970 г. доля потребления электроэнергии промышленностью была равна 65,9%, транспортом — 7,3% и сельским хозяйством — 5,2%. В 1978 г. эти показатели составили соответственно 61,3%, 7,7% и 8,0%.

За последнее десятилетие значительное развитие получили электрометаллургия и электрохимия. Резко возросло потребление электроэнергии в таких сферах производства, как электротермия и электролиз. Следствием электрификации всех производственных процессов явился быстрый рост электровооруженности труда в промышленности — важнейшего фактора увеличения производительности труда.

Систематически возрастает потребление электроэнергии транспортом. Только за период с 1970 по 1978 г. оно увеличилось с 54 363 до 91 589 млн кВт·ч. В результате последовательного проведения курса плана ГОЭЛРО на электрификацию

транспорта СССР по протяженности электрифицированных железных дорог и объему перевозок грузов по ним занимает первое место в мире.

Проведены большие работы по электрификации сельского хозяйства. Широкое развитие получило строительство сельских электросетей. В настоящее время практически все совхозы и колхозы электрифицированы.

Значительно возрос расход электроэнергии на коммунально-бытовые нужды. Это обусловлено развитием градостроительства и городского электрифицированного транспорта, увеличением предприятий коммунального хозяйства, все возрастающим использованием электрического оборудования и приборов населением.

Практика истекших шести десятилетий подтвердила правильность всех направлений хозяйственного развития, выработанных планом ГОЭЛРО. Многие из них сохраняют актуальность и в настоящее время. Экономическое районирование, перспективное планирование, топливно-энергетическая проблематика, выработка стратегических направлений энергетического строительства на перспективу, другие важнейшие экономические и научно-технические аспекты современного развития СССР — все это восходит к плану ГОЭЛРО, первой общегосударственной, научной программе хозяйственного строительства на базе электрификации страны.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Ленин В. И. ПОЛН. СОБР. СОЧ., т. 40, с. 62—63; т. 42, с. 156—161.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР НА 1976—1980 ГОДЫ.— Материалы XXV съезда КПСС. М., 1976.

ПЛАН ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ РСФСР. М., 1955.

Жимерин Д. Г. ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ. М., 1978.

Маленьков Л. А. СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ. М., 1979.

Непорожний П. С. ГИДРОЭНЕРГЕТИКА СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА. М., 1979.

Стеклов В. Ю. В. И. ЛЕНИН И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ. М., 1975.

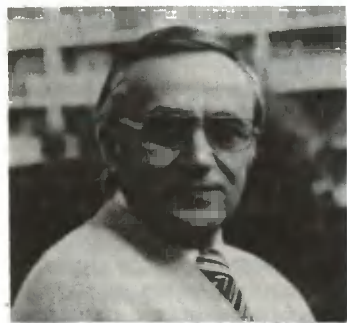
ЭНЕРГЕТИКА СССР В 1976—1980 ГГ. Под ред. А. М. Некрасова и М. Г. Первухина. М., 1977.

Гидриды в водородной энергетике

М. Е. Кост, Е. Г. Понятовский



Марта Евгеньевна Кост, кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова АН СССР. Основные научные интересы связаны с гидридами переходных металлов, их синтезом и физико-химическими свойствами.



Евгений Генрихович Понятовский, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией физики высоких давлений Института физики твердого тела АН СССР. Основные научные интересы связаны с проблемой фазовых превращений в различных многокомпонентных системах при высоких давлениях.

Водород — один из самых распространенных и доступных элементов на Земле. Его запасы, в первую очередь в виде воды морей и океанов, практически неограничены. Удельная теплота сгорания водорода (~ 34 ккал/г) в 3 раза превышает теплоту сгорания лучших сортов бензина (~ 10 ккал/г). Водород имеет очень низкую вязкость, что делает целесообразной передачу энергии на большие расстояния путем перекачки водорода по газопроводам. В связи с широким развитием сети газопроводов, механизацией процессов укладки труб, увеличением их сечения и пропускной способности такой способ передачи энергии уже в настоящее время становится вполне конкурентоспособным с передачей энергии по высоковольтным электролиниям. Водород

по сравнению с жидкими органическими топливами нетоксичен, а единственным продуктом его сгорания является вода, что обеспечивает экологическую чистоту этого горючего.

Конечно, при всех преимуществах водорода как универсального энергоносителя, безопасного с экологической точки зрения, вопрос о целесообразности перехода человечества к водородной энергетике будет определяться прежде всего экономической новой энергетической структуры в целом: затратами на получение, транспортировку, эксплуатацию энергоустановок, работающих на водороде, и т. д.¹.

¹Подробнее об этом см.: Легасов В. А. Водородная энергетика. — «Природа», 1977, № 3.

У читателя может возникнуть естественный вопрос: предположим, мы постепенно полностью осознали всю нецелесообразность использования нефтепродуктов в качестве горючего и морально, технически и экономически готовы к переводу теплоцентралей, крупных металлургических, машиностроительных и химических заводов на водородное топливо. А как же быть с наземным, морским, воздушным транспортом? Чем можно заменить миллионы карбюраторных, дизельных, реактивных двигателей внутреннего сгорания, приводящих в движение автомобили, тепловозы, теплоходы, самолеты?

Ответ простой — аналогичными двигателями, работающими на водороде. Техническая задача перевода двигателя внутреннего сгорания на газообразное, в том числе и водородное, топливо не очень сложна. Люди старшего поколения хорошо помнят так называемые газогенераторные автомобили — грузовики, работавшие на газообразных продуктах неполного сгорания обычных дров и сослужившие добрую службу в тылу в годы Великой Отечественной войны.

В конце сороковых годов производство «газомобилей» было прекращено, но в последнее время интерес к двигателям на газообразном топливе стал стремительно расти.

Сегодня и в СССР, и за рубежом ведутся активные исследования рабочих параметров «водородомобилей» — автомашин, использующих в качестве горючего чистый водород или смеси водорода с другими жидкими и газообразными топливами. На дорогах нашей страны проходят испытания водородомобили на базе автомашин отечественных марок, в ФРГ — микроавтобусы фирмы «Даймлер-Бенц», в США — автобусы фирмы «Биллингс» и т. д.

Но если производство двигателей внутреннего сгорания, работающих на водороде или водородсодержащих смесях, — не проблема, а увеличение производства водорода тоже не встречает серьезных трудностей, если уже имеющиеся водородомобили вместо токсичных выхлопных газов выбрасывают из глушителей струйки чистого водяного пара, — если все это так (а это — действительно так), тогда что же сдерживает массовое производство этих замечательных машин?

Опять прежде всего — экономические факторы. Среди них, наряду с пока еще относительно высокой стоимостью водорода, не решена проблема аккумуляторов водорода для автономных экипажей.

В настоящее время водород транспортируется и хранится в основном в стандартных баллонах емкостью ~ 50 л под давлением до 150 атм. Масса баллона ~ 70 кг, а заключенного в нем сжатого водорода $\leq 0,6$ кг, т. е. составляет менее 1% от массы контейнера. Энергетическим эквивалентом 50-литрового бензобака является емкость с 12—15 кг водорода, т. е. около 25 стандартных баллонов общим весом около 1700 кг! Не спасает положения и заправка водородомобиля жидким водородом. При удельном весе жидкого водорода 0,07 кг/л для 15 кг водорода потребуются емкости 200 л, которую во избежание испарения охлажденного водорода придется все время держать при температуре $\leq -253^\circ\text{C}$. Для хранения жидкого водорода необходимы криостаты, которые также сильно увеличат суммарный объем и вес бака с горючим. Таким образом, заправка водородомобиля сжатым или жидким водородом слишком сложна и дорога (к тому же наполненные водородом баллоны и сосуды Дьюара взрывоопасны в аварийных ситуациях).

ГИДРИДЫ — АККУМУЛЯТОРЫ

Однако возможен другой путь решения этой непростой проблемы. Как известно, многие металлы образуют с водородом химические соединения — гидриды. Щелочные и щелочноземельные металлы дают с водородом типичные ионные соединения строго стехиометрического состава, например LiH , CaH_2 . Гидриды переходных металлов, их сплавов и интерметаллических соединений относятся к фазам внедрения. Структуру таких фаз можно рассматривать как результат внедрения ионов водорода в междоузлия кристаллической решетки, образуемой ионами металла. Гидриды переходных металлов, например титана, ванадия, палладия, как правило, обладают металлическими свойствами и образуют широкие области переменного состава — твердые растворы.

Для нашей задачи важно, что по сравнению с чистым жидким и даже твердым водородом в гидридах в единице объема содержится его гораздо больше, а весовое содержание водорода в «гидридных контейнерах» гораздо выше, чем содержание его в газовых баллонах (см. табл.). Гидриды наиболее легких металлов — лития, магния, алюминия и их комплексные соединения содержат 8—10 вес. % водорода, что при полном разложении на металл и водород для получения тех же 15 кг чистого водорода,

Таблица

Содержание водорода в некоторых веществах

№	Вещество	Плотность, г/см ³	Содержание водорода		
			вес. %	г/см ³	$N_H \cdot 10^{-22}$ атом/см ³
1.	H ₂ , газ, 1 атм, 20°C	$0,89 \cdot 10^{-4}$	100	$0,89 \cdot 10^{-4}$	$5,32 \cdot 10^{-4}$
2.	H ₂ , газ, 150 атм, 20°C	0,013	100	0,013	0,80
3.	H ₂ , жидкость, —253°C	0,071	100	0,071	1,23
4.	H ₂ O	1,00	11,2	0,112	0,69
5.	LiH	0,776	12,7	0,098	5,88
6.	MgH ₂	1,42	7,66	0,109	6,49
7.	AlH ₃	1,32	10,1	0,133	7,95
8.	LiAlH ₄	1,04	10,6	0,11	6,3
9.	TiH ₂	3,78	4,0	0,15	9,1
10.	TiFeH ₂	5,27	1,91	0,10	6,3
11.	LaNi ₅ H ₇	6,22	1,60	0,10	6,0
12.	CeMgH ₅	4,04	2,97	0,12	7,1
13.	Mg ₂ NiH ₄	2,49	3,62	0,09	5,6

Примечание. Данные для соединений №№ 4—13 приведены для нормальных условий: P=1 атм, t=20°C.

эквивалентных 50 л бензина, требует всего ~150 кг гидрида.

Водород из этих гидридов можно выделять как при нагреве (термическое разложение), так и при взаимодействии с водой или растворами кислот и щелочей. В последнем случае выход водорода на единицу веса гидрида удваивается за счет водорода воды. К сожалению, процессы термического разложения гидридов лития, магния и алюминия при давлениях водорода, близких к атмосферному, как и реакции с водными растворами кислот и щелочей, являются необратимыми. Поэтому использовать такие аккумуляторы можно лишь один раз, что ограничивает их практическое применение.

Иначе ведут себя гидриды переходных металлов III—V групп Периодической таблицы, они легко выделяют водород при нагревании и так же охотно поглощают его при охлаждении. Это означает, что такие гидриды, в принципе, могут использоваться как аккумуляторы водорода многократного действия. Так, гидриды титана и урана с самого момента их открытия начали широко применяться в лабораторной практике в качестве удобных в обращении и взрывобезопасных источников чистого водорода. Гидрид титана (TiH₂) содержит ~4 вес.% водорода. Энергетический эквивалент 50-литрового бензобака составляют ~500 кг гидрида титана, что является более или менее приемлемой величиной. Сам титан — относительно распространенный и недорогой металл, поскольку металлургия и масштабы его производства быстро развивались в связи с увеличивающимся широким приме-

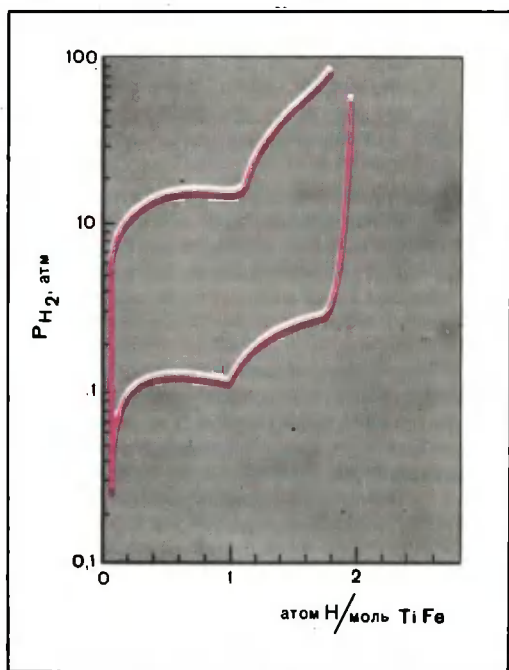
нением титановых сплавов в качестве легких и прочных конструкционных материалов. Однако, чтобы достичь оптимального для двигателей давления диссоциации гидрида титана, необходимо нагреть его до температуры выше 500°C.

При использовании гидридов в водородомобилях в настоящее время наиболее экономичной представляется следующая схема: часть гидрида предварительно подогревается до температуры начала разложения с помощью какого-либо дополнительного источника энергии, а затем после запуска двигателя основная масса гидрида нагревается с помощью выхлопных газов. Но для работы по такой схеме необходимо располагать гидридами, разлагающимися при температурах не выше 300°C, так как повышение температуры выхлопных газов неизбежно влечет за собой понижение КПД двигателя.

Итак, конструкторы-разработчики водородомобилей предъявляют к гидридам — источникам водорода следующие требования: взрывобезопасность, невысокая температура диссоциации при оптимальном давлении, многократность использования, высокое (не ниже 3—4 вес.%) содержание используемого водорода, относительно низкая стоимость гидрида, достаточно развитое производство гидрируемого металла.

Чтобы прочувствовать масштаб задач, возникающих перед исследователями и инженерами при решении только одной част-

ной энергетической проблемы — возможного перевода автомобилей на водородное топливо, оценим потребности в гидридах при массовом производстве водородомобилей. Даже при минимальном массовом производстве — десятки тысяч в год (производительность одного конвейера на современном автозаводе) при весе одного гидридного аккумулятора водорода в сотни килограммов — разовая потребность составит тысячи тонн. Нормальный же выпуск — миллионы водородомобилей в год — потребует сотни тысяч тонн гидридов!



Типичные изотермы давления диссоциации (P_{H_2}) в системе $TiFe - H_2$ для $0^\circ C$ (нижняя кривая) и $70^\circ C$. Видно, что при $0^\circ C$ интерметаллид поглощает водород при давлении ~ 1 атм, а при $70^\circ C$ выделяет его (при составе близком к $TiFeH_2$) под давлением 80—40 атм, а при составах $TiFeH_{1,0} - TiFeH_{0,2}$ под давлением 20 атм.

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ ГИДРИДЫ

Уже к концу 50-х годов было установлено, что ни один простой двухкомпонентный гидрид не удовлетворяет всей совокупности предъявляемых инженерами требований, и начались интенсивные исследования процессов адсорбции и десорбции водорода в многокомпонентных интерметаллических соединениях и сплавах. Первые

работы в этом направлении были выполнены Дж. Либовицем с соавторами (США) и коллективом химиков, возглавляемых В. И. Михеевой, в Институте общей и неорганической химии АН СССР (ИОНХ). Исследования показали, что добавление к гидридообразующему металлу, такому как церий, титан или цирконий, металла, не поглощающего водород в обычных условиях (никель, молибден, магний, алюминий и т. д.), приводит к вовлечению последнего в гидрирование. При этом в большинстве случаев отмечается снижение термической устойчивости сложных гидридов по сравнению с соответствующим бинарным соединением.

Начало взрывоподобному развитию исследований в этой области положили работы голландской фирмы «Филлипс» по синтезу RNi_5 - и RCo_5 -гидридов (символ R обозначает редкоземельный металл). Эти соединения, например $LaNi_5H_6$, легко отдают водород уже при комнатной температуре, т. е. по сравнению с гидридом лантана температура разложения снижается более чем на 1000° . Для повторного насыщения интерметаллида водородом достаточно подключить реакционную систему к баллону технического водорода под давлением 10—20 атм. Хранение подобных гидридов не представляет существенных трудностей, поскольку при обычной температуре равновесное давление составляет всего 1,5—2 атм. Это означает, что в ряде случаев могут быть использованы простейшие тонкостенные контейнеры на основе гидрида $LaNi_5H_6$. В МГУ была разработана простая и удобная конструкция такого аккумулятора. Из баллона литровой емкости простым открыванием крана можно извлечь около 1000 литров газообразного водорода.

Соединение $LaNi_5$ вполне удовлетворяет первой половине требований, предъявляемых к аккумуляторам водорода, но содержание водорода, стоимость и дефицит исходных материалов оставляют желать лучшего.

Во множестве последующих работ исследовалось взаимодействие с водородом десятков интерметаллических соединений. Оказалось, что в наибольшей мере перечисленным условиям удовлетворяют гидриды на основе соединений $TiFe$ и Mg_2Ni .

Для первичного поглощения водорода соединением $TiFe$, в отличие от большинства остальных интерметаллидов, необходима предварительная термическая активация путем нагревания в вакууме. После нескольких циклов «абсорбция—десорбция водорода» образуется гидрид $TiFeH_2$,

обратимо десорбирующий водород в две стадии.

Благодаря высокому содержанию водорода, легкости, относительно малой стоимости и доступности магния, внимание практиков давно привлекает также гидрид магния. Однако существенным недостатком является относительная сложность его производства. Кроме высокой температуры (400°C) и давления (до 200 атм), необходимости активного перемешивания и применения катализаторов, технология осложняется еще и тем, что равновесие в системе устанавливается очень долго. Каталитические добавки гидридообразующих переходных металлов и металлоидов, такие как Pd, V, Ti, LaNi₅, TiFe, Mg₂Cu, существенно улучшают кинетику реакции, сокращая время образования гидрида с 5—6 ч до 15—20 мин. Механизм катализа процесса поглощения водорода металлами пока еще не ясен. При исследовании гидридов интерметаллических соединений магния наиболее подходящим оказался гидрид Mg₂NiH₄, выделяющий водород при температуре 300°C и регенерируемый при той же температуре и давлении водорода в 8—10 атм.

Ходовые испытания водородомобиля с аккумулятором водорода из гидрида TiFeH₂, проведенные фирмой «Даймлер-Бенц», дали следующие результаты. Микроавтобус с двигателем мощностью ~60 л. с. при весе гидрида в 200 кг и скорости движения 60 км/ч проходит без перезарядки расстояние 130 км. На перезарядку водородом требуется 15 мин при насыщении на 75% и 45 мин при насыщении на 100%.

Простые расчеты показывают, что плотность используемой энергии на единицу веса водородного аккумулятора с TiFe (60 Вт · ч/кг) более чем в два раза превышает плотность энергии современных электрических аккумуляторов (25 Вт · ч/кг). Тем не менее по аналогичным показателям водородомобиля пока еще значительно уступают автомобилям с бензиновыми двигателями. Но не надо забывать, что история водородомобилей на гидридных аккумуляторах не насчитывает и десяти лет и эти оценки относятся к гидриду, содержащему всего 1,9 вес.% водорода.

Таким образом, первые ходовые испытания автомобилей на водороде с гидридными аккумуляторами дают довольно таки обнадеживающие результаты, а дальнейший прогресс в этом направлении зависит как от новых конструктивных решений, так и от появления более эффективных аккумуляторов водорода. Поиски новых водо-

родоносителей продолжают и охватывают все большее число научных коллективов.

ЧТО ИЗВЕСТНО О ГИДРИДАХ?

На начальных стадиях изучения двойных систем элемент — водород исследователи имели дело с несколькими десятками объектов. При переходе к тройным системам число возможных объектов вырастает до сотен. При выходе же в поисках оптимального сочетания свойств на системы из четырех и более компонентов это число вырастет до многих тысяч. И если раньше выбор исходных интерметаллидов был, в основном, случайным, то в дальнейшем не обойтись без рационального прогнозирования таких свойств многокомпонентных гидридов, как теплота образования, емкость по водороду, равновесные давления диссоциации при различных температурах.

Уже установлено несколько общих качественных закономерностей гидридообразования. В одной из первых работ по изучению гидридов типа LaNi₅H, А. Р. Мидема (Голландия) сформулировал так называемое правило обратной стабильности, согласно которому, чем выше теплота образования исходного интерметаллида, тем ниже термическая стабильность гидрида. Ч. Лундин (США) указывает на связь между давлением диссоциации гидрида и размерами тетраэдрических пустот в интерметаллидах, занимаемых атомами водорода. К. Н. Семенов (МГУ) отметил, что для гидридов, имеющих один и тот же тип кристаллической структуры, давление диссоциации уменьшается с увеличением так называемой деформируемости решетки интерметаллида, которая определяется отклонением межатомных расстояний в кристаллической решетке интерметаллида от суммы размеров составляющих его элементов. В лаборатории гидридов ИОНХ показано, что устойчивость металлической матрицы гидрида к распаду (так называемому гидрогенолизу) связана с характером образования интерметаллидов в соответствующей металлической системе (кристаллизация из расплава или перитектическая реакция).

Эти и некоторые другие полуэмпирические правила помогают вести направленные поиски новых перспективных объектов. Но для количественного прогнозирования физико-химических свойств гидридов многокомпонентных соединений и сплавов требуются исчерпывающие сведения о взаимодействии водорода с чистыми компонентами, о физико-химических и, прежде

всего, термодинамических и кристаллохимических свойствах гидридов этих компонентов. Следовательно, необходимо возвратиться к тщательному изучению систем чистый металл — водород и проанализировать их свойства с новых позиций.

Но здесь при ближайшем рассмотрении всей совокупности накопленных данных о взаимодействии водорода с различными материалами вырисовывается следующая странная картина. Действительно, водород является важнейшим и самым распространенным элементом Вселенной, входит в

специальных монографий и многие параграфы основных курсов неорганической химии. Соединения на базе углерода и водорода, собственно, являются основными объектами такой обширной области, как органическая химия. Однако, как это ни парадоксально, до последних десятилетий такие простейшие соединения водорода, как бинарные гидриды переходных металлов VI—VIII групп, были изучены гораздо слабее, чем многие другие их соединения, скажем, окислы, карбиды или нитриды. Так, к середине 60-х годов только для одного из

VI	VII	VIII		
ε CrH	ε MnH _{0,96}	ε FeH _{0,81}	ε CoH _{0,5}	γ NiH _{1,25}
ε MoH	ε TcH _{0,83}	Ru	γ RhH _{0,85}	γ PdH
W	Re	Os	Ir	Pt

Гидриды переходных d-металлов. Цветом показаны гидриды, полученные в равновесных условиях при высоком давлении водорода; штриховкой — гидриды, ранее получавшиеся в неравновесных условиях электрохимически; не закрашен — гидрид, образующийся при низком давлении водорода. Буквы в левом верхнем углу клеток означают тип решетки: γ — гидриды с кубической гранцентрированной решеткой металла; ε — гидриды с гексагональной плотноупакованной решеткой.

группу основных компонентов биосферы, по своему атомному строению считается простейшим элементом, возглавляющим Таблицу Менделеева. Соединениям, содержащим водород, посвящены десятки

пятнадцати переходных металлов VI—VIII групп — палладия — были известны равновесные условия образования гидрида и для двух других — хрома и никеля — удавалось получать гидриды электрохимическим методом в метастабильных условиях. Остальные 12 металлов считались негидридообразующими элементами.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Положение резко изменилось, когда появились экспериментально-методические возможности проводить исследования взаимодействия водорода с другими эле-

ментами и химическими соединениями при давлениях в десятки килобар.

Сжатие газов до таких давлений является чрезвычайно сложной задачей. В случае водорода технические трудности значительно усугубляются тем, что водород, диффундируя в стенки стальных судов и трубопроводов, вызывает падение их пластичности и разрушение. По таким причинам длительное время исследователям не удавалось изготовить аппаратуру для сжатия водорода в статических условиях до давлений, превышающих 10—12 кбар. Большой шаг в этом направлении сделали сотрудники Института физической химии Польской академии наук, возглавляемые Б. Барановским. В середине 60-х годов они разработали метод сжатия водорода до 20 кбар (позднее подняв этот предел до 30 кбар), определили давление образования и диссоциации гидрида никеля и хрома, получили гидрид марганца состава $MnH_{0,8}$ и изучили фазовые равновесия с водородом в ряде двойных сплавов палладия и никеля.

В середине 70-х годов в Институте физики твердого тела АН СССР (ИФТТ) были развиты методы сжатия водорода до 70 кбар, позволяющие исследовать взаимодействие водорода с различными материалами при этих давлениях в интервале температур от -150 до $+500^\circ\text{C}$.

За сравнительно короткий промежуток времени сотрудники лаборатории физики высоких давлений ИФТТ В. Е. Антонов, И. Т. Белаш, И. О. Башкин вместе с автором этой статьи Е. Г. Понятовским получили гидрид марганца состава $MnH_{0,83}$ (одновременно со специалистами из ПНР), впервые синтезировали гидриды кобальта, молибдена, технеция, родия составов $CoH_{0,5}$; MoH ; $TcH_{0,8}$. Недавно в ИФТТ был получен и гидрид железа $FeH_{0,8}$. Содержание водорода в гидриде скандия было повышено с $ScH_{2,0}$ до $ScH_{2,7}$, а в гидриде иттербия с $IbH_{2,55}$ до $IbH_{2,75}$. В гидриде никеля удалось повысить содержание водорода до атомного отношения $H/Me = 1,25$, перейдя через стехиометрию NiH , в сплаве $Ni_{0,7}Co_{0,3}$ — до $H/Me = 1,38$.

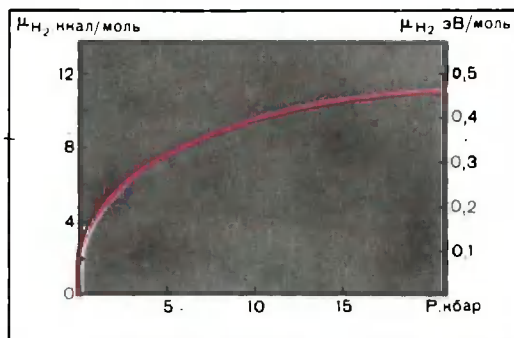
Исследования показали, что сжатие сильно увеличивает химическую активность водорода. При давлении в десятки килобар даже молибден и родий, растворимость водорода в которых при атмосферном давлении ничтожно мала, образуют гидриды составов, близких к MeH . Гидриды всех переходных металлов VI—VIII групп, независимо от исходной структуры металла, образуются на основе одной из двух плотноупакованных кристаллических решеток

металла — гексагональной (ϵ) или гранцентрированной кубической (γ), в которых ионы водорода располагаются в октаэдрических междоузлиях. Все вновь синтезированные гидриды могут длительно сохраняться при атмосферном давлении в жидком азоте. При нагревании они диссоциируют на металл и водород, причем температура диссоциации варьируется в широких пределах от -120°C для гидрида железа до $+120^\circ\text{C}$ для гидрида марганца.

Все гидриды этих переходных металлов — типичные металлические вещества, электропроводность которых примерно равна электропроводности исходных металлов. Сам водород в них следует рассматривать как типичный металлический компонент внедрения, являющийся донором электронов (он отдает в d-зону металла $\sim 0,5$ электрона/атом H). Оказалось, что влияние водорода на физические свойства (магнитные, электрические, сверхпроводимость) во многом аналогично действию других металлических элементов, поэтому такие гидриды подобны сплавам переходных металлов и могут обладать интересными магнитными, а в случае палладия и сверхпроводящими свойствами. Например, металлический марганец — антиферромагнетик, а его гидрид является ферромагнетиком; точка Кюри сплава $Ni_{0,33}Fe_{0,67}$ при насыщении водородом до состава $H/Me = 1$ повышается на 500°C . Невысокопроводящий металл палладий при насыщении водородом до состава PdH становится сверхпроводником с критической температурой $T_c \sim 9\text{ K}$.

К настоящему моменту из пятнадцати переходных металлов VI—VIII групп пока остаются «негидридообразующими» уже только шесть наиболее упорных: W, Ru, Re, Os, Ir, Pt. Однако есть основания предполагать, что по мере дальнейшего развития экспериментальной техники сжатия водорода в диапазоне давлений 100—200 кбар будут получены гидриды и этих металлов и даже можно предсказать кристаллохимические свойства пока еще не синтезированных гидридов. Например, элементы VI группы Периодической системы — хром, молибден, вольфрам — имеют близкие физические свойства, изменяющиеся с ростом атомного номера по определенным законам. Хром образует гидрид CrH с гексагональной плотноупакованной решеткой металла при температуре 200°C и $p \sim 15$ кбар. Молибден образует гидрид MoH с аналогичной структурой при более высоком давлении (30—40 кбар). Гидрид вольфрама при давлении

ниях до 70 кбар не образуется и поэтому пока еще не синтезирован. Но имеющиеся данные о взаимодействии хрома и молибдена с водородом позволяют сделать вывод о том, что и вольфрам при более высоких давлениях (100—150 кбар) должен образовать гидрид состава WH с аналогичной структурой. Параметры его решетки можно оценить по известному ионному радиусу вольфрама и известным объемным эффектам образования гидридов хрома и молибдена.



Зависимость химического потенциала молекулярного водорода (μ_{H_2}) от давления (P).

Возникает вопрос: а какая связь существует между явлениями, происходящими при давлениях в несколько и десятки килобар, с процессами, протекающими при давлениях в одну атмосферу и ниже? Оказывается, самая прямая. Экспериментальные исследования систем металл — водород при высоких давлениях указывают, что с ростом давления существенно возрастает химическая активность водорода, увеличивается так называемое химическое сродство водорода к металлам, фазовые равновесия сдвигаются в сторону образования все более насыщенных водородом соединений. Это обуславливается прежде всего быстрым ростом химического потенциала водорода. По своему физическому смыслу химический потенциал элемента в растворе или химическом соединении характеризует изменение внутренней энергии системы, находящейся в условиях тепловой изоляции при постоянном объеме, при изменении концентрации этого элемента в системе на единицу (на атом, грамм-атом и т. д.). При сжатии любого вещества его внутренняя энергия повышается

и зависимость химического потенциала μ от объема и давления P выражается простой формулой:

$$\mu = \mu_0 + \int_{P_0}^P v(p) dp,$$

где μ_0 — значение химического потенциала при начальном давлении P_0 . Водород, как известно, обладает наибольшим из всех элементов удельным объемом, и, следовательно, его химический потенциал наиболее чувствителен к повышению давления.

Давление в 20 кбар увеличивает химический потенциал водорода на 11 ккал/моль, или 0,45 эВ/моль. Эти цифры мало о чем говорят в отрыве от физико-химических свойств самого водорода и конкретных параметров работы с ним. Поэтому сравним их со значениями энергии атомизации водорода 4,8 эВ/моль H_2 и энергией ионизации 13,5 эВ/атом. Как видно, эти энергии намного превышают энергию водорода, сжатого до давлений в десятки килобар. Следовательно, когда атомарный, а тем более ионизированный водород контактирует при низком давлении с металлами, могут возникать условия для образования тех же самых гидридов, синтеза которых требуют давлений молекулярного водорода в десятки и даже сотни килобар.

Именно такие условия могут создаваться при контакте водородо-гелиевой плазмы с металлическими стенками в термоядерных устройствах. Как показывают расчеты, значения химического потенциала водорода в плазме при температуре в миллионы градусов и плотности 10^{14} — 10^{16} ионов/см³ на порядок превосходят величину химического потенциала молекулярного водорода, сжатого при 20°C до 100 кбар, и соответствуют статическому сжатию до астрономических давлений в десятки и сотни мегабар! Эти цифры делают понятными многие экспериментально обнаруженные факты образования метастабильных гидридов. Например, при кратковременном контакте со стальными стенками водородной плазмы, характеризующейся гораздо более низкими значениями температур (десятки тысяч градусов) и плотностей, происходит насыщение поверхностного слоя до составов MeH. А ведь при атмосферном давлении (плотности 10^{19} г/см³) растворимость водорода в сталях вплоть до точки плавления не превышает 10^{-3} вес. %.

При взаимодействии водородной плазмы с молибденом, по данным А. Н. За-

харова с сотрудниками (Институт физической химии АН СССР), наблюдается образование поверхностных слоев гидридов MoH и MoH_2 . Заметим, что в контакте с молекулярным водородом гидрид молибдена состава MoH образуется лишь при $P \approx 40$ кбар, а гидрид состава MoH_2 не возникает вплоть до давления 70 кбар.

Аналогичные причины — повышение химического потенциала водорода, но здесь уже за счет приложения электрического поля — вызывают образование метастабильных гидридов при электрохимических процессах и т. д.



Таким образом, начав статью с проблемой водородной энергетики и роли гидридов как аккумуляторов водорода и кратко рассмотрев роль исследований при высоких давлениях в понимании процессов образования гидридов, мы снова «вышли» на водородную энергетику, но теперь уже к совершенно другому ее аспекту — использованию водорода не в качестве энергоносителя, а как ядерного горючего в термоядерных установках. Однако, если в водородных двигателях процессы образования и диссоциации гидридов составляют часть полезного цикла использования водорода в виде энергоносителя, то в случае термоядерных установок эти процессы являются побочными и вредными, приводящими к постепенной эрозии стенок установки, потере водорода и его изотопов из горячей зоны и загрязнению плазмы за счет вещества стенок. И при дальнейшем усовершенствовании термоядерных установок знание физико-химических свойств систем металл — водород необходимо для рационального выбора конструктивных материалов.

Следовательно, данные о взаимодействии металлов с водородом при экстремальных условиях — высоких давлениях, температурах — в электрических и магнитных полях приобретают особое значение для инженерии термоядерных установок и вообще устройств, использующих плазму. Прежде всего это важно для правильного, физически обоснованного выбора конструктивных материалов, контактирующих с плазмой.

Авторы уверены, что дальнейшие успехи в области физики и химии гидридов наряду с проблемой создания удобных и экономически выгодных контейнеров для водорода помогут решить целый ряд других не менее трудных и важных народ-

нохозяйственных проблем, таких как защита материалов от водородной хрупкости и коррозии в средах, содержащих водород, создание новых видов топлива и т. д. Некоторые из этих вопросов, например вопрос о водородной хрупкости стенок газопроводов, деталей водородных двигателей и плазменных установок, имеют непосредственное отношение к водородной энергетике; другие, в том числе замедление гидридами нейтронов, удельная теплота сгорания гидридного топлива, гидридные гипотезы строения Земли, выходят далеко за пределы темы нашей статьи. И мы надеемся еще не раз встретиться на страницах журнала «Природа» с материалами об этом удивительном элементе — водороде — и его простейших соединениях — гидридах.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Михеева В. И. ГИДРИДЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ. М., 1960.

Кост М. Е., Михеева В. И. ГИДРИДЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ. — «Журнал неорганической химии», 1977, т. 22, № 11.

Андреевский Р. А. ФИЗИКОХИМИЯ ГИДРИДОВ КАК КОМПАКТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОРОДА. — «Известия АН СССР, сер. Неорганические материалы», 1978, т. 14, № 9.

Понятовский Е. Г., Антонов В. Е., Белаш И. Т. ПЕРЕХОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ VI—VIII ГРУПП ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ ВОДОРОДА. — «Известия АН СССР, сер. Неорганические материалы», 1978, т. 14, № 9.

Семенов К. Н. ВОДОРОД — ОСНОВА ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ БУДУЩЕГО. М., 1979.

ГИДРИДЫ МЕТАЛЛОВ. Под ред. Мюллера В., Блэкледжа Д., Либовица Дж. М., 1973.

Wiswall R. HYDROGEN STORAGE IN METALS. — In.: Topics in Applied Physics, v. 29. Berlin — Heidelberg — New York, 1978.

Положительные мюоны в физике твердого тела

А. Н. Пономарев



Александр Николаевич Пономарев, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник Института атомной энергии им. И. В. Курчатова. Научная деятельность связана с применением положительных мюонов в физике твердого тела.

Нарушение зеркальной симметрии в слабых взаимодействиях элементарных частиц — явление, на первый взгляд, весьма далекое от прикладных исследований. Тем не менее в течение последнего десятилетия в СССР и за рубежом интенсивно развивается новая экспериментальная методика изучения вещества, основы которой базируются на несохранении пространственной четности в процессах рождения и распада мюонов.

Суть метода заключается в определении поляризации положительных мюонов по асимметрии углового распределения рождающихся при их распаде позитронов. Наблюдая изменение поляризации, возникающее из-за магнитного взаимодействия мюонов со средой, можно получить обширную информацию как о физико-химических свойствах различных материалов, так и о взаимодействиях с веществом самого мюона.

В этой статье речь будет идти только о положительных мюонах, т. е. о мюонах-античастицах. Применение отрицательных мюонов в физике твердого тела еще не получило такого широкого распространения, поскольку эти частицы быстро захватываются ядрами вещества.

Рождением метода принято считать знаменитый эксперимент 1957 г. по обнаружению несохранения пространственной

четности при распаде мюонов (Р. Гарвин, Л. Ледерман, М. Вейнрих, США). В этой работе было отмечено, что в будущем поляризованные мюоны, вероятно, послужат для изучения структуры магнитных полей в различных материалах.

Спустя 20 лет довольно экзотические эксперименты физики элементарных частиц превратились в мощное орудие научных исследований в физике твердого тела, физической химии и даже в некоторых областях биохимии. Осенью 1978 г. в Швейцарии состоялась первая международная конференция, полностью посвященная новому методу исследований вещества. Конференция вызвала исключительно высокий интерес, почти 100 участников из многих стран мира представили на нее более 70 оригинальных экспериментальных и теоретических работ. Вторая конференция была проведена в августе этого года в Канаде.

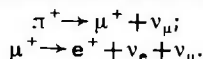
В настоящее время приложения метода исследования вещества с помощью положительных мюонов весьма разнообразны. Осветить в одной небольшой статье все решаемые и уже решенные проблемы совершенно невозможно. Поэтому, ни в коей мере не претендуя на полноту изложения, мы постараемся на примере нескольких экспериментов проиллюстрировать возможности мюонной методики в об-

ласти физики твердого тела, давая, по возможности, качественное объяснение описываемым явлениям.

Однако прежде всего необходимо сделать ряд предварительных пояснений общего характера.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ

Мюон — элементарная частица, принадлежащая классу лептонов. Масса мюона примерно в 200 раз превышает массу электрона, а магнитный момент мюона примерно в 3 раза больше магнитного момента протона. Среднее время жизни мюона $\tau_\mu = 2,19711(8)$ мкс. Мюоны рождаются и распадаются в реакциях с сильно нарушенной пространственной четностью:



Здесь π^+ — положительный π -мезон, μ^+ — мюон, ν_μ и ν_e — мюонное и электронное нейтрино, e^+ — позитрон. У мюонного нейтрино спин и импульс всегда направлены противоположно. Поскольку спин π -мезона равен нулю, из закона сохранения момента количества движения следует, что в системе покоя π -мезона спин и импульс положительного мюона также направлены в противоположные стороны. Другими словами, положительные мюоны в системе покоя π -мезонов полностью поляризованы против импульса. В современных ускорителях пучки мюонов обычно получают от распада π -мезонов на лету. Получаемая при этом поляризация мюонных пучков близка к максимально возможной. Мюонные пучки могут быть поляризованы как вдоль, так и против импульса. Позитроны, возникающие в результате распада мюонов, вылетают преимущественно вдоль направления спина мюона и легко могут быть зарегистрированы. Таким образом, слабое взаимодействие обеспечивает нас источником высокополяризованных частиц и предоставляет удобный способ наблюдения за их поляризацией.

В пределах достигнутой экспериментальной точности распад мюона находится в полном соответствии с предсказаниями теории слабых взаимодействий. Эта теория, в частности, определяет энергетическое и угловое распределение позитронов, образующихся при распаде поляризованных мюонов. Спектр позитронов, вылетающих под углом θ к направлению спина мюонов в малом телесном угле, описывается формулой:

$$dN(x, \theta) = \frac{x^2(3-2x)}{2\pi} \left(1 - P_0 \frac{1-2x}{3-2x} \cos \theta \right) dx,$$

где $x = \frac{E}{E_{\max}}$ — энергия позитрона в долях его максимальной энергии $E_{\max} = 52,8$ МэВ, P_0 — степень поляризации мюонов.

Асимметрия углового распределения позитронов распада является основой всех исследований с помощью положительных мюонов. Среднее значение коэффициента асимметрии равно $P_0/3$. Обычно позитроны с малыми энергиями регистрируются менее

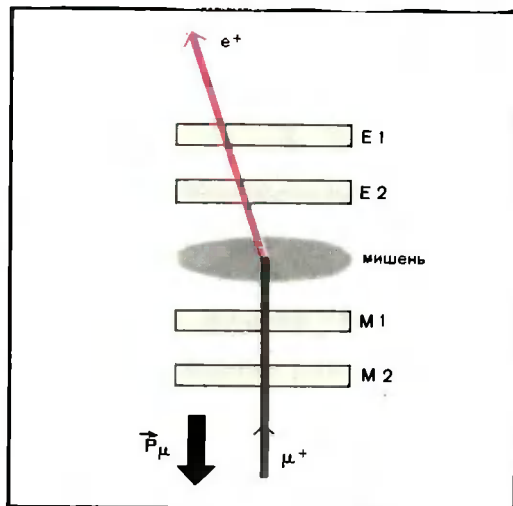


Схема экспериментов по изучению вещества с помощью положительных мюонов. Сцинтилляционные счетчики M1 и M2 регистрируют мюоны, счетчики E1 и E2 — позитроны распада. $\vec{P}_\mu$ — направление вектора поляризации пучка мюонов (в данном случае они поляризованы против импульса). Обычно изучаемый образец помещают в магнитное поле, напряженность которого направлена параллельно (продольное поле) или перпендикулярно (поперечное поле) поляризации пучка мюонов. Как правило, пучок мюонов предварительно пропускают через замедлитель — материал, который поглощает примесные π -мезоны и притормаживает мюоны так, чтобы они останавливались в середине изучаемого образца. Деполяризации пучка мюонов на стадии торможения практически не происходит.

Электронная схема запускает «часы», когда мюон входит в мишень, и останавливает их, когда позитрон пересекает телескоп E1—E2. Измеренное время жизни каждого мюона записывается в соответствующее место электронной памяти многоканального запоминающего устройства. Таким образом составляется гистограмма временных интервалов.

эффективно, чем высокоэнергетичные позитроны. Поэтому измеряемый коэффициент асимметрии должен немного превышать теоретическое среднее значение. На практике этот эффект компенсируется уменьшением асимметрии за счет регистрации позитронов в конечном телесном угле, определяемом геометрией экспериментальной установки.

В веществе мюоны взаимодействуют как с внешним, так и с различными внутренними магнитными полями, вследствие чего поляризация мюонов изменяется во времени. Определение временной зависимости поляризации является первичной экспериментальной информацией в мюонном методе изучения вещества.

Временной спектр можно описать выражением

$$N(t) = N_0 e^{-t/\tau_\mu} (1 + aP(t)),$$

где a — экспериментальный коэффициент асимметрии углового распределения позитронов распада, функция $P(t)$ определяется средним значением распределения проекции мюонных спинов на ось детектора позитронов. Эта функция характеризует временную зависимость поляризации мюонов в исследуемом образце.

В магнитном поле $\vec{H}$ магнитный момент мюона и его спин вращаются, подобно гироскопу, вокруг вектора напряженности магнитного поля. Такое вращение называется ларморовской прецессией. Частота ларморовской прецессии мюонов определяется известным соотношением $eH/m_\mu c$, где e — заряд электрона (равный заряду мюона), c — скорость света. Говоря более строго, мюоны с течением времени проходят через последовательность состояний, отвечающих полной поляризации в направлении, которое прецессирует вокруг вектора напряженности поля $\vec{H}$. Это явление дало название всему методу изучения вещества с помощью положительных мюонов: μSR — «muon spin rotation». Букву «R» можно расшифровать и в более широком смысле как *research, relaxation* и т. д. В этой статье мы будем употреблять сокращение μSR : «мюонная спиновая релаксация». Часть экспериментального спектра, описываемого функцией $P(t)$, мы будем называть μSR -сигналом.

В веществе мюоны попадают под воздействие магнитных полей, неодинаковых по величине и направлению. В результате взаимодействия с этими магнитными полями угловое распределение направлений мюонных спинов со временем «расплывается» и величина поляризации мюо-

нов уменьшается — наблюдается релаксация μSR -сигнала. Информация о физической природе процессов деполаризации мюонов в веществе извлекается при сравнении экспериментальных гистограмм временных интервалов с теоретическими распределениями, основанными на различных моделях.

Перед тем, как перейти к рассмотрению некоторых приложений μSR -метода, хотелось бы сказать несколько слов о чисто технической стороне дела.

Естественно, в описанной схеме проста только идея. Прежде всего, для успешного применения мюонного метода необходимы пучки мюонов с высокой поляризацией. Получение таких пучков представляет сложную инженерную задачу. В настоящее время известно семь крупных исследовательских центров с хорошими источниками поляризованных мюонов. Сюда входят четыре синхроциклотрона: в Объединенном институте ядерных исследований (Дубна, СССР), в Ленинградском институте ядерных исследований им. Б. П. Константинова АН СССР, в Ньюпорт Ньюс (США), в ЦЕРНе (Женева, Швейцария) — и три новых сильноточных ускорителя протонов, используемых для генерации пучков вторичных частиц (так называемые мезонные фабрики): в Виллигене (Швейцария), Лос-Аламосе (США) и в Ванкувере (Канада).

Сама экспериментальная установка включает в себя большое количество разнообразного оборудования. Мощные магниты создают в объеме изучаемых образцов однородные магнитные поля с напряженностью в тысячи эрстед. Набор криостатов и нагревательных устройств позволяет очень точно устанавливать температуру образца в интервале от многих сотен до сотых долей кельвина. Для измерения магнитных полей и температур применяются различные типы прецизионных датчиков. Чтобы избежать систематических ошибок, обусловленных корреляциями сигналов от счетчиков, регистрирующих позитроны и мюоны, используются сложные электронные схемы, включающие десятки функциональных блоков. При исследовании свойств мюона применяется быстросрабатывающая электроника с высокой разрешающей способностью. Предварительная обработка экспериментальных данных в процессе измерений осуществляется мини-ЭВМ, находящейся на линии с установкой. Для сравнения экспериментальных результатов с предсказаниями теории применяются большие вычислительные машины типа БЭСМ-6.

Рассмотрим теперь некоторые направления исследований, проводимых с помощью положительных мюонов в физике твердого тела.

ПРОЦЕСС ДИФфуЗИИ

Диффузия атомов водорода в металлах, как и диффузия более тяжелых элементов, уже на протяжении многих лет является предметом интенсивных исследований. Изучение диффузии мюонов дает количественную информацию о поведении в кристаллах легкой примесной частицы с электрическим зарядом $Z = +1$. Рассматривая положительный мюон как легкий изотоп протона и в 27 раз легче ядра трития), μ СР-исследования можно считать составной частью физики водорода в металлах. Эксперименты по диффузии мюонов позволяют существенно расширить изучаемый диапазон изотопических эффектов, дают возможность исследовать процесс диффузии в металлах, где водород не может быть растворен в количествах, достаточных для применения таких методов, как ядерный магнитный резонанс (ЯМР) или дифракция нейтронов. Изучение диффузии мюонов является именно тем случаем, когда число диффундирующих частиц минимально и можно полностью пренебречь их взаимодействием: как правило, в мишени в анализируемом временном интервале находится только один мюон.

Изучение диффузии мюонов возможно в пара- и ферромагнетиках, а также в немагнитных материалах, ядра атомов которых обладают отличными от нуля магнитными моментами¹. Мы остановимся на диффузии мюонов в немагнитных металлах. В них мюоны попадают под воздействие магнитных полей невысокой напряженности (порядка нескольких эрстед), создаваемых ядрами решетки и внешним магнитным полем, напряженность которого перпендикулярна начальной поляризации мюонов и обычно составляет несколько десятков эрстед.

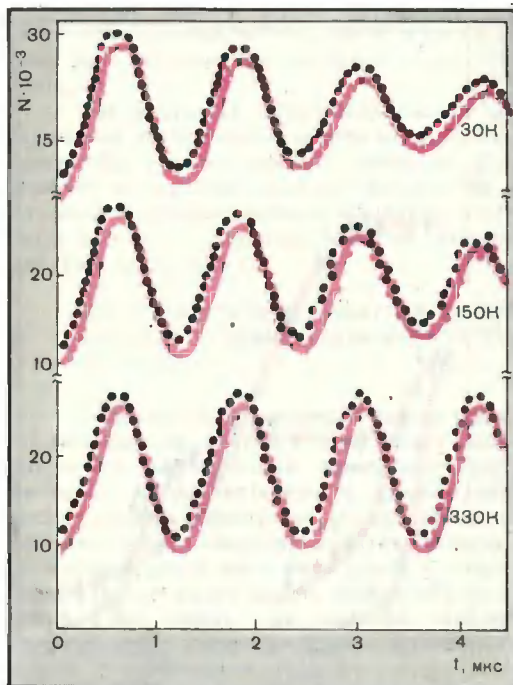
Прежде всего рассмотрим, как выглядит наблюдаемый в экспериментах μ СР-сигнал в случае, когда мюоны практически не диффундируют, т. е. когда случайные перемещения мюонов по междоузлиям (образно говоря — порам) кристаллической

решетки за время наблюдения происходят очень редко. Непосредственно о локализации мюонов будет рассказано в следующем разделе.

Если бы поперечное магнитное поле на всех локализованных мюонах было одинаково, μ СР-сигнал описывался бы функцией:

$$P(t) = P_0 \cos \omega t,$$

где P_0 — величина начальной поляризации мюонов, ω — частота ларморовской прецессии. На самом деле из-за того, что маг-



Прецессия спина мюона в монокристалле меди в поперечном магнитном поле напряженностью 62 Э при различных температурах. Сплошными линиями проведены расчетные кривые.

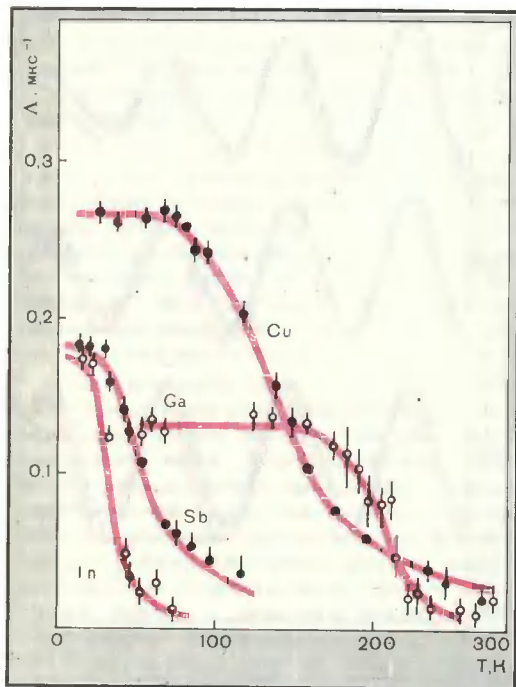
нитные моменты ядер ориентированы случайным образом, локальные поля, воздействующие на отдельные мюоны, неодинаковы. В результате спины одних мюонов прецессируют быстрее, других — медленнее и синхронность прецессии спинов различных мюонов нарушается. Это приводит к характерному затуханию μ СР-сигнала, и процесс затухания поляризации описывается функцией Гаусса:

$$F(t) = e^{-a^2 t^2} \quad (1)$$

¹ Gurevich I. I., Mel'eshko E. A., Muratova I. A., Nikolsky B. A., Roganov V. S., Selivanov V. I., Sokolov B. V. "Phys. Lett.", 1972, v. 40A, p. 143.

Величина σ характеризует скорость затухания поляризации.

При высоких температурах мюоны могут диффундировать очень быстро. Вклады дипольных полей в поворот спина мюона взаимно компенсируются, и в результате не происходит нарушения синхронности движения спинов отдельных мюонов. Каждый мюон «ощущает» воздействие среднего магнитного поля, почти равного внешнему; и затухание прецессии очень мало. В ядерном магнитном резонансе подобная ситуация называется «суже-



Температурные зависимости скорости релаксации спина мюона Λ в меди, индии, сурьме и галлии. Величина Λ характеризует время уменьшения амплитуды прецессии спина мюона в «сз» раз (число e — основание натурального логарифма, $e \approx 2,7$). Сплошными линиями проведены расчетные кривые.

нием линии вследствие движения». Быстрая диффузия характеризуется экспоненциальным законом деполаризации:

$$F(t) = e^{-2\sigma^2 t \tau}, \quad (2)$$

где τ — среднее время пребывания мюона в междоузлии. В промежуточной области, когда величина τ сравнима с временем наблюдения, затухание прецессии описы-

вается довольно сложной зависимостью, впервые полученной А. Абрагамом.

В большинстве металлов диффузионная деполаризация происходит за время порядка микросекунды и поэтому легко может быть зарегистрирована.

Наблюдая деполаризацию мюонов при различных температурах, можно получить весьма ценные сведения о диффузионном процессе. Для этого полученные при обработке временных спектров величины τ сравниваются с предсказаниями теоретических моделей.

Подбарьерная диффузия. С точки зрения «классической» физики, процесс диффузии заключается в том, что частица прыгает из одной ямы потенциальной энергии в другую, преодолевая в прыжке потенциальный барьер. В этом простейшем случае температурная зависимость диффузии описывается широко известным законом Аррениуса:

$$1/\tau = f e^{-U/kT}, \quad (3)$$

где f — частота колебаний частицы в потенциальной яме междоузлия, U — энергия активации, необходимая для преодоления потенциального барьера, k — постоянная Больцмана. Коэффициент диффузии пропорционален величине $1/\tau$.

Классический режим является преобладающим в случае диффузии тяжелых частиц. Экспериментальное значение параметра f для протонов во всех исследованных металлах составляет около 10^{13} с^{-1} . Такие же значения f характеризуют диффузию изотопов водорода и атомов более тяжелых элементов (C, N, O).

Диффузия мюонов в металлах также хорошо описывается функциональной зависимостью (3), однако получаемые при обработке экспериментальных данных значения f на много порядков меньше величины 10^{13} с^{-1} . Например, для меди экспериментальное значение f составило всего $10^{7.5} \text{ с}^{-1}$. Такая величина слишком мала, чтобы ее можно было интерпретировать как частоту колебаний мюона в междоузлиях кристаллической решетки меди. Этот факт привел к открытию явления подбарьерной диффузии мюонов².

Физика этого процесса заключается в том, что мюон не перескакивает через потенциальный барьер за счет флуктуаций

²Гребинник В. Г., Гуревич И. И., Жуков В. А., Маныч А. П., Мелешко Е. А., Муратова И. А., Никольский Б. А., Селиванов В. И., Суевин В. А. «ЖЭТФ», 1975, т. 68, с. 1548.

тепловой энергии, а квантовомеханически «просачивается» под барьером. Характерное время τ в этом случае можно описать формулой:

$$1/\tau = fe^{-\gamma} \sqrt{\frac{Umd^2}{h^2}} \cdot e^{-E/kT}. \quad (4)$$

Экспоненциальный множитель, не зависящий от температуры, определяет вероятность туннелирования мюона под барьером. Величины U и d определяют высоту и ширину потенциального барьера, ϵ — коэффициент порядка единицы, зависящий от формы потенциального барьера. Величина E — энергия, необходимая для того, чтобы «раздвинуть» ядра решетки металла, окружающие то междоузлие, в которое туннелирует мюон ($E \ll U$).

Подбарьерный механизм очень хорошо описывает данные, полученные в экспериментах с кристаллами меди, индия, галлия, сурьмы и многих других металлов.

Когерентная диффузия. Открытие подбарьерной диффузии мюонов можно считать шагом на пути к познанию еще более глубоких квантовых эффектов. Положительные мюоны оказываются весьма подходящим объектом для изучения еще одного квантовомеханического явления — процесса когерентной диффузии³. Собственно говоря, это уже не диффузия в обычном понимании данного слова, а быстрое перемещение частицы в периодическом потенциале кристаллической решетки, подобное движению электрона в зоне проводимости металла.

Проявление когерентного характера диффузии наиболее вероятно в экспериментах с легкими частицами. Концентрация диффундирующих частиц должна быть очень малой, поскольку их взаимодействие друг с другом приводит к нарушению когерентности процесса. Понятно, что эксперименты с положительными мюонами полностью удовлетворяют этим требованиям.

Эксперименты по наблюдению когерентной диффузии необходимо проводить при достаточно низких температурах. В самом деле, рассеивание частицы на фотонах и электронах должно нарушать процесс когерентной диффузии, а с ростом температуры такие «столкновения» становятся слишком частыми.

Согласно результатам последних экспериментов⁴, в чистом алюминии наблюдается очень быстрое движение мюонов по кристаллу вплоть до температуры 0,03 К, т. е. измеряемая скорость релаксации σ много раз меньше расчетного значения σ_d , характеризующего дипольные магнитные взаимодействия мюонов с ядрами. Весьма правдоподобной интерпретацией этого явления служит предположение о когерентном характере диффузии мюонов. Однако это предположение не является единственным. Альтернативным объяснением быстрого перемещения мюонов в алюминии может быть и очень малая глубина «ям» потенциальной энергии в междоузлиях кристаллической решетки этого металла.

Убедительное доказательство существования когерентной диффузии мюонов имело бы весьма важное значение. Это требует дополнительных экспериментов с чистыми монокристаллами металлов в области низких температур. Такие исследования уже проводятся.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЮОНА С КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКОЙ

Положениям равновесия положительно заряженных частиц в кристаллах соответствуют междоузлия кристаллической решетки. В соответствии с симметрией расположения ближайших атомов кристалла различают междоузлия октаэдрического и тетраэдрического типа (окта- и тетрапоры). Локализация частиц наиболее устойчива в тех порах, где меньше энергия кулоновского взаимодействия примесных частиц с кристаллом. Прямой расчет этой энергии затруднителен, поскольку необходимо учитывать экранирование положительных зарядов ядер и примесной частицы электронами.

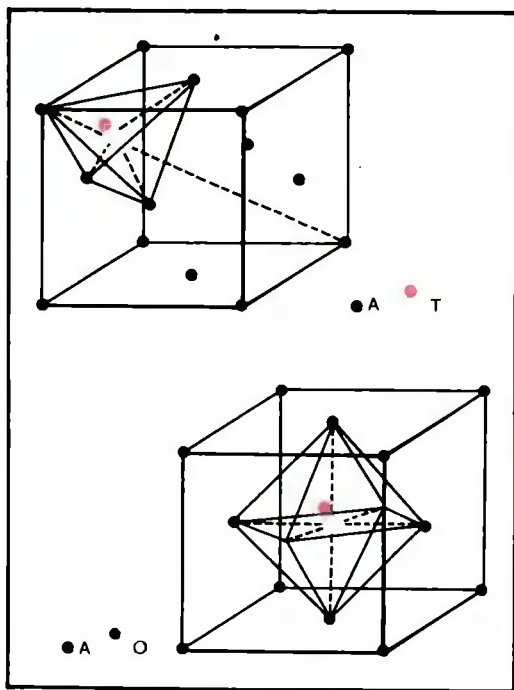
μ СР-метод позволяет экспериментально определить вид междоузлий, в которых локализуется мюон, и тем самым дать ответ на вопрос, какие положения в решетке кристалла занимают ядра водорода, дейтерия и трития.

Идея метода такова. При достаточно большой напряженности внешнего магнит-

³ Андреев А. Ф., Лифшиц И. М. «ЖЭТФ», 1969, т. 56, с. 2057; Kagan Yu., Klinger M. I. «J. Phys.», 1974, v. C7, p. 2791.

⁴ Hartmann O., Karlsson E., Narlin L. O., Niinikoski T. O., Kehr K., Richter D., Walter J.-H., Yaouanc A., Le Hercey T. «Phys. Rev. Lett.», 1980, v. 44, p. 337.

ного поля, поперечного к поляризации мюонов, наблюдаемая скорость релаксации определяется проекциями магнитных дипольных моментов решетки на направление напряженности магнитного поля. Поворот кристалла в магнитном поле приводит к изменению скорости релаксации. Расчет показывает, что это изменение существенно зависит от того, в каком типе междоузлий локализируются мюоны. Сравнивая расчетные и экспериментальные значения скорости релаксации, можно определить искомый тип пор.



Расположение междоузлий в гранцентрированной кубической решетке. Т — тетраэдрическая пора, О — октаэдрическая пора, А — атомы кристаллической решетки.

Впервые подобные исследования были проведены с монокристаллами меди⁵. Измерения проводились при достаточно низких температурах, когда практически нет диффузии мюонов. Было убедительно показано, что в гранцентрированной куби-

ческой решетке меди мюоны локализируются в октаэдрических порах.

μСР-метод позволяет не только указать тип междоузлий, в которых останавливаются мюоны, но и определить степень расширения кристаллических ячеек из-за кулоновского отталкивания мюонами ядер решетки. Увеличение расстояния между мюоном и ближайшими ядрами решетки приводит к уменьшению наблюдаемой скорости дипольной релаксации мюонных спинов по сравнению с величиной, рассчитываемой без учета локального расширения решетки.

Степень расширения кристаллических ячеек была определена в меди, ванадии и ниобии⁶. Деформация решеток оказалась довольно слабой. Например, в меди коэффициент объемного расширения составил величину $(4 \pm 1)\%$.

ДЕФЕКТЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

Положительные мюоны можно использовать для изучения различных дефектов в твердых телах. Идея такого применения μСР-метода основана на том, что при наличии дефектов (дислокаций, вакансий, примесей) температурная зависимость скорости релаксации спина мюона существенно отличается от зависимостей, предсказываемых для правильных кристаллов⁷. Особенно яркая аномальная зависимость скорости релаксации от температуры была обнаружена в висмуте⁸. Она столь резко отличалась от плавных диффузионных кривых, наблюдаемых ранее, что обнаруженный эффект получил название «странный» диффузии.

Этот эффект можно объяснить следующим образом. В процессе диффузии в кристалле висмута в какой-то момент времени мюон наталкивается на дефект

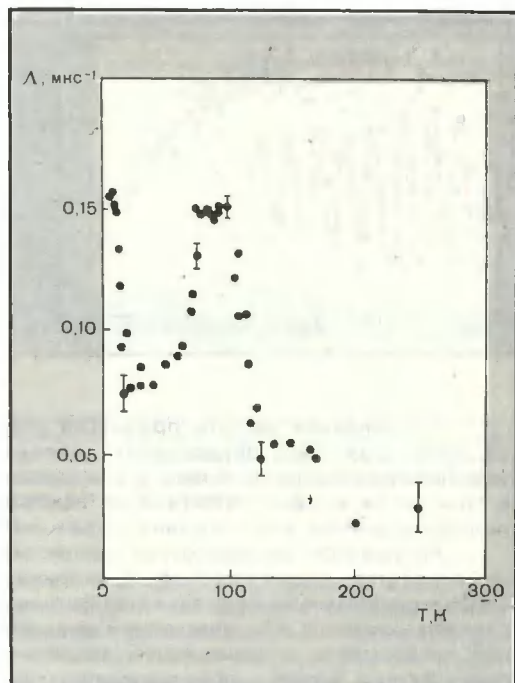
⁴Гребинник В. Г., Гуревич И. И., Жуков В. А., Ивантер И. Г., Климов А. И., Майоров В. Н., Маныч А. П., Никольский Б. А., Пирогов А. В., Пономарев А. Н., Селиванов В. И., Суетин В. А. «ЖЭТФ», 1979, т. 75, с. 1989.

⁷Seeger A. "Phys. Lett.", 1975, v. 53A, p. 324.

⁸Гребинник В. Г., Гуревич И. И., Жуков В. А., Климов А. И., Майоров В. Н., Маныч А. П., Мельников Б. В., Никольский Б. А., Пирогов А. В., Пономарев А. Н., Селиванов В. И., Суетин В. А. «Письма в ЖЭТФ», 1977, т. 25, с. 322.

⁵Camani M., Gyax F. N., Rüegg W., Schenck A., Schilling H. "Phys. Rev. Lett.", 1977, v. 39, p. 836.

кристаллической структуры и захватывается в соответствующую ловушку — глубокую «яму» потенциальной энергии. При достаточно быстрой диффузии такой захват осуществляется почти мгновенно. Поэтому затухание прецессии спина мюона увеличивается по сравнению со значением, наблюдаемым в случае диффузии без ловушек. Когда среднее время, проводимое мюоном в ловушке, становится больше времени жизни мюона, функция релаксации приобретает типичный гауссовский вид. С понижением температуры процесс диффузии



Экспериментальная зависимость скорости релаксации спина мюона от температуры в висмуте. Характерный минимум в области 30 К объясняется захватом мюонов в «ловушки», обусловленные дефектами кристаллической структуры.

замедляется, момент захвата мюона в ловушку как бы отодвигается и затухание прецессии уменьшается. При очень низких температурах мюоны практически перестают диффундировать и затухание прецессии опять увеличивается. В результате зависимость скорости релаксации спина мюона от температуры приобретает характерный минимум. Положению такого минимума в висмуте соответствует температура около 30 К. При температуре выше 110 К

скорость релаксации постепенно уменьшается — это объясняется быстрой диффузией мюонов в условиях, когда глубина ловушек становится недостаточной для захвата мюонов на длительное время.

Сопоставляя экспериментальные данные с теоретическими моделями, можно получать разнообразную количественную информацию о концентрации ловушек, температурной зависимости среднего времени пребывания мюона в ловушке и т. п.

Систематическое экспериментальное изучение дефектов в кристаллах с помощью положительных мюонов только начинается. Однако уже первые выполненные работы ярко продемонстрировали широкие возможности таких исследований. Это открывает еще одну многообещающую область применения μ SR-метода.

ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА АТОМОВ МЮОНИЯ В ДИЭЛЕКТРИКАХ И ПОЛУПРОВОДНИКАХ

Положительный мюон в процессе торможения в веществе может захватить электрон и образовать водородоподобный атом мюония — связанное состояние (μ^+e^-). Такой атом во многом похож на свободный атом мюония. Основное отличие заключается в некотором изменении электронной волновой функции, определяющей движение электрона в поле мюона. Мюоний может образоваться в одном из двух состояний: триплетном (спины μ^+ и e^- параллельны, спин мюония $I=1$) или синглетном (спины μ^+ и e^- — антипараллельны, спин мюония $I=0$). В триплетном состоянии мюоны сохраняют поляризацию в силу сохранения момента количества движения. В синглетном состоянии за счет взаимодействия магнитных моментов мюона и электрона (сверхтонкого взаимодействия) периодически происходит взаимный переворот спинов мюона и электрона. Качественно этот процесс можно описать как прецессию спина мюона в эффективном поле магнитного момента электрона с частотой ω_0 . В результате сверхтонкого взаимодействия каждый уровень энергии мюония расщепляется на две компоненты, отстоящие одна от другой на величину $\delta E = \hbar\omega_0$. Поэтому частоту ω_0 называют частотой сверхтонкого расщепления. Для свободного атома мюония величина $\omega_0 \approx 3 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$. Поскольку атом мюония в веществе имитирует атом водорода, большой интерес представляет определение

величины плотности волновой функции электрона на мюоне $|\Psi(0)|^2$.

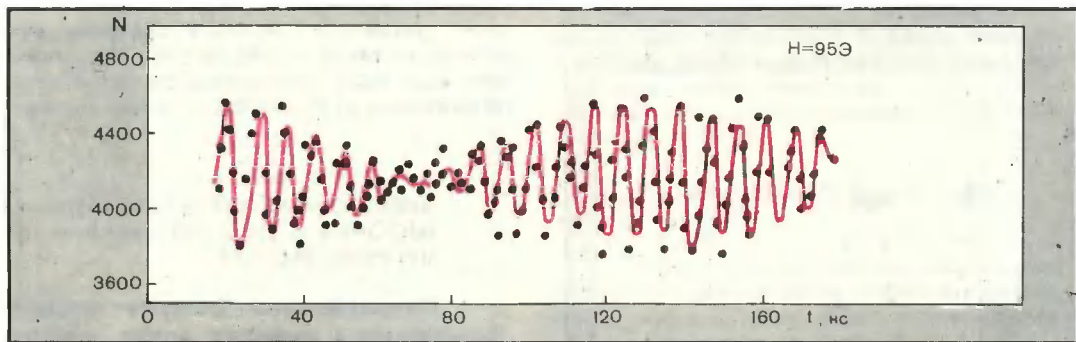
Эта величина связана с частотой сверхтонкого расщепления соотношением Ферми:

$$\omega_0 = \frac{32\pi}{3\hbar} \mu_0 \mu_\mu |\Psi(0)|^2,$$

где μ_0 и μ_μ — величины магнитных моментов электрона и мюона. Временное разрешение порядка 10^{-10} с пока еще остается за пределами возможностей совре-

$$\omega_{1,2} = \omega_T \pm \frac{\omega_T^2}{\omega_0}.$$

Здесь $\omega_T = eH/2m_\mu \hbar$ — частота ларморовской прецессии спина триплетного мюония. Она примерно в сто раз больше ларморовской частоты прецессии спина свободного мюона, ее непосредственное наблюдение в свое время явилось существенным экспериментальным достижением и послужило доказательством образования мюония. Наблюдение частот ω_1 и ω_2 позволяет определить частоту ω_0 .



Двухчастотная прецессия спина мюона в плавном кварце. Сплошной линией проведена расчетная кривая*.

менной аппаратуры, регистрирующей позитроны распада. Поэтому для определения частоты ω_0 применяются различные косвенные методы.

Метод двухчастотной прецессии. В диэлектриках и в полупроводниках при низких температурах частота сверхтонкого расщепления атома мюония определяется способом, получившим название метода двухчастотной прецессии. В атоме мюония спин мюона взаимодействует как с внешним магнитным полем, так и с магнитным полем, создаваемым электроном.

В магнитном поле напряженностью порядка 100 Э, направленном перпендикулярно спину мюона, прецессия спина наблюдается одновременно на двух частотах ω_1 и ω_2 :

Расщепление частоты прецессии спина мюона за счет образования мюония уже наблюдалось в нескольких веществах, в том числе в таких практически важных полупроводниках, как германий и кремний.

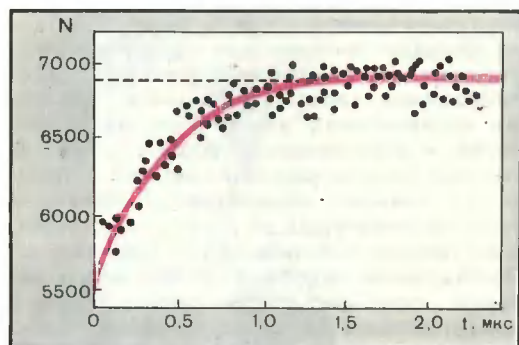
Разумеется, двухчастотная прецессия не относится исключительно к мюонию. Рассматриваемый эффект является частным случаем сложной многочастотной временной зависимости, описывающей движение спина ядра в атоме с произвольной электронной конфигурацией. Атом мюония выделен тем, что позволяет наблюдать картину движения ядерного спина весьма наглядным способом.

Метод продольного поля. Красивый и наглядный метод двухчастотной прецессии применяется, когда число свободных электронов в исследуемом веществе достаточно мало. При большой плотности свободных электронов мюониевая прецессия не наблюдается. Например, в германии метод двухчастотной прецессии «не работает» уже при температурах более 80 К. Однако это не означает отсутствия орбитально связанного парамагнитного состояния (μ^+e^-). Просто триплетное состояние мюония становится неустойчивым. Перевероты спина электрона мюония из-за взаимодействий с электронами проводимо-

* Gurevich I. I., Ivanter I. G., Makarina L. A., Meleshko E. A., Nikolsky B. A., Roganov V. S., Selivanov V. I., Smilga Y. P., Sokolov B. V., Shestakov V. D., Jakovleva I. V. "Phys. Lett.", 1969, v. 29B, p. 387.

сти приводят к частым переходам триплетного состояния мюония в синглетное состояние и обратно. Происходит полная расфазировка прецессии спинов мюонов в различных атомах мюония, и характерная картина двухчастотной прецессии исчезает.

Для определения частоты сверхтонкого расщепления атомов мюония в полупроводниках при большой плотности свободных электронов применяется метод измерения скорости релаксации спина мюона в продольных магнитных полях.



Временной спектр позитронов от распада положительных мюонов, полученный при температуре 233 К в продольном магнитном поле напряженностью около 4800 Э. Сплошной линией проведена расчетная кривая¹⁰.

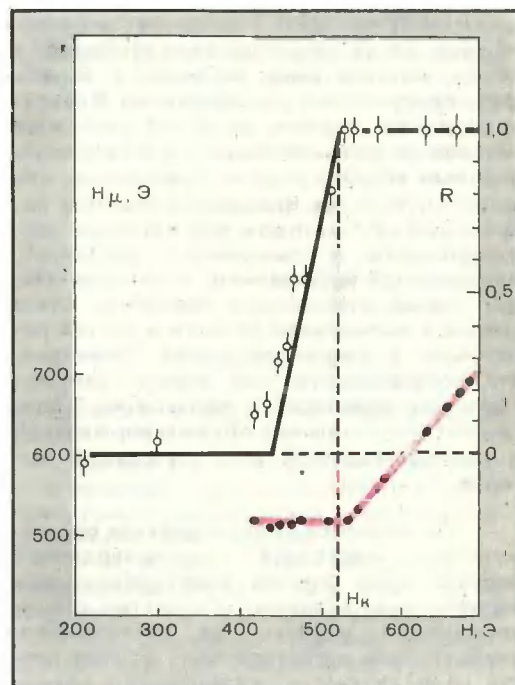
Магнитное поле, направленное вдоль первоначальной поляризации мюонов, затормаживает релаксацию спина мюонов в синглетном состоянии мюония. Это объясняется существенной разницей в величинах магнитных моментов электрона и мюона. Продольное магнитное поле уменьшает вероятность взаимных переворотов спина мюона и электрона, т. е. замедляет процесс деполяризации.

Сопоставление экспериментальных зависимостей скорости релаксации спина мюона от напряженности продольного магнитного поля с предсказаниями феноменологической теории деполяризации мюонов позволяет определить и частоту сверхтонкого расщепления атома мюония в изучаемом веществе, и частоту опрокидывания спина электрона в мюонии, обу-

словленную взаимодействием с электронами проводимости.

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

В сверхпроводящем состоянии внешнее магнитное поле не проникает в объем металла (эффект Мейсснера) и на мюон воздействуют только хаотически направленные внутренние магнитные поля от ядер кристаллической решетки. Среднее значе-



Экспериментальные зависимости относительного объема нормальной фазы R и локального магнитного поля $H_{\text{л}}$ в свинце от напряженности внешнего поля H . Измерения проводились при температуре 4,3 К. Критическое значение магнитного поля $H_K = 520$ Э. Исследуемый образец представлял собой плоский эллипсоид вращения, большая ось которого была направлена параллельно внешнему полю H . Сплошные линии представляют результаты расчетов. Некоторое отличие экспериментальных значений R от теоретической линейной зависимости объясняется небольшим отклонением исследуемого образца от строго эллипсоидальной формы. Локальное поле на мюоне в промежуточной области не зависит от напряженности внешнего поля и равно критическому значению H_K ¹¹.

¹⁰Гуревич И. И., Никольский Б. А., Селиванов В. И., Соболев Б. В. «ЖЭТФ», 1975, т. 68, с. 806.

¹¹Гребинник В. Г., Гуревич И. И., Жуков В. А., Левина Л. А., Лазарев А. Б., Майоров В. Н., Маныч А. П., Никольский Б. А., Селиванов В. И., Суетин В. А. «Письма в ЖЭТФ», 1979, т. 29, с. 82.

ние локальных магнитных полей на мюонах равно нулю. Поэтому зависимость поляризации мюонов от времени имеет чисто релаксационный характер. Если ядра не имеют магнитного момента, релаксационный сигнал отсутствует.

В нормальной, несверхпроводящей фазе наблюдается ларморовская прецессия спина мюона с частотой, отвечающей величине магнитного поля, проникающего внутрь металла. Неоднородность магнитного поля в нормальной области приводит к затуханию прецессии.

В определенных условиях термодинамически устойчивым становится такое состояние, когда магнитное поле проникает в объем металла лишь частично, т. е. обе фазы присутствуют одновременно. В сверхпроводниках первого рода это состояние называется промежуточным, а в сверхпроводниках второго рода — смешанным, или фазой Шубникова. Временные спектры, получаемые μ СР-методом при изучении промежуточного и смешанного состояний, описываются выражением, в которое входят члены, отвечающие прецессии спина мюона в нормальной области и чистой релаксации в сверхпроводящей. Очевидно, что коэффициенты при членах, соответствующих прецессии и релаксации, определяют относительные объемы нормальной и сверхпроводящей фаз изучаемого металла.

Остановимся на исследовании промежуточного состояния сверхпроводников первого рода (группа сверхпроводников первого рода включает все чистые сверхпроводящие металлы, за исключением ниобия). Если магнитное поле во всех точках на поверхности исследуемого образца одинаково, то при некотором критическом значении поля H_k процесс перехода в сверхпроводящее состояние у таких металлов осуществляется скачком. Подобная ситуация характерна для образцов, выполненных в виде длинных тонких цилиндров с осью, направленной вдоль напряженности внешнего магнитного поля. У образцов иной формы магнитное поле поверхности металла может быть сильно неоднородным. Поэтому на некоторых участках поверхности магнитное поле достигает критического значения при напряженности внешнего поля вдали от образца заметно меньшей величины H_k . При дальнейшем увеличении магнитного поля объем металла разделяется на чередующиеся слои нормальных и сверхпроводящих областей. Размеры этих областей определяются напря-

женностью внешнего поля. При внешнем поле, равном H_k , весь образец переходит в нормальное состояние.

Впервые образование промежуточного состояния было обнаружено на поверхности сверхпроводников с помощью миниатюрных висмутовых зондов и методом порошкового декорирования. μ СР-метод позволяет измерять магнитные поля в нормальных областях промежуточного состояния не на поверхности, а внутри металла, причем с высокой точностью.

Методика μ СР с успехом применялась и для изучения смешанного состояния сверхпроводников второго рода. Особенно большой интерес для практики представляют так называемые жесткие сверхпроводники, характеризующиеся большими критическими значениями магнитных полей и электрических токов. Состояние жестких сверхпроводников зависит не только от внешних параметров (магнитного поля, температуры), но и от предшествующего процесса изменения этих параметров. Исследование подобных гистерезисных явлений с помощью положительных мюонов представляется особенно перспективным.

Интенсивное развитие методов изучения свойств вещества с помощью положительных мюонов открыло множество интересных областей применения. Мы рассказали лишь о некоторых из них. Новая методика объединила столько различных направлений исследований, что даже простое их перечисление было бы весьма затруднительным. В настоящее время μ СР-метод можно считать таким же устоявшимся, как и ядерный магнитный резонанс, электронный парамагнитный резонанс или мессбауэровская спектроскопия. Особые перспективы нового способа изучения свойств вещества связаны с распространением мезонных фабрик. Сильноточные ускорители средней энергии позволяют существенно уменьшить размер изучаемых образцов, что весьма важно для повышения точности определения параметров μ СР-сигнала, зависящих от внешнего магнитного поля и температуры образца. Кроме того, на мезонных фабриках становится возможным систематическое изучение явлений в тонких пленках и газах. Исследования продолжаются.

Современный подводный вулканизм

Г. П. Авдейко



Геннадий Порфирьевич Авдейко, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией подводного вулканизма, Института вулканологии ДВНЦ АН СССР. Основные научные интересы связаны с вулканизмом океанов и их обрамления.

Вулканизм — одно из наиболее грандиозных явлений природы, определяющих облик нашей планеты. В результате вулканических извержений за несколько дней и даже часов вырастают новые вулканы, появляются вулканические острова, изливаются в виде лавовых потоков или выбрасываются вулканическими взрывами миллионы и даже миллиарды тонн расплавленного материала. Например, только за два первых месяца деятельности Северного прорыва Большого трещинного толбачикского извержения в 1975 г. было выброшено $1,13 \text{ км}^3$ пирокластического материала (вулканических бомб, песка, пыли, шлаков и т. д.) и $0,2 \text{ км}^2$ лав¹.

Породы магматического происхождения — излившиеся лавы, пирокластические продукты извержения и застывшие на глубине магматические тела — составляют более 2/3 объема земной коры. По данным сейсмических исследований, которые за последние годы были подтверждены результатами глубоководного бурения, залегающий под осадками так называемый второй слой океанической коры почти цели-

ком сложен подводными базальтовыми лавами².

Наряду с этим вулканизм островных дуг и активных окраин континентов также вносит существенный вклад в формирование континентальной коры.

Итак, вулканы служат основными поставщиками вещества из недр Земли на ее поверхность. Но непосредственному наблюдению доступны, главным образом, наземные вулканы. Сведения же о подводном вулканизме носят, вернее, до недавнего времени носили отрывочный характер.

ТИПЫ ПОДВОДНОГО ВУЛКАНИЗМА

За последние годы геолого-геофизические работы в океанах существенно расширились, при этом усовершенствовалась техника исследований. В частности, для изучения подводного вулканизма и связанных с ним геологических процессов построено специализированное научно-иссле-

¹ Чирков А. М. Толбачикское извержение, — «Природа», 1976, № 7.

² Океаническая кора состоит из трех слоев: первого — осадочного, второго — базальтового и третьего, сложенного интрузивными породами основного и ультраосновного состава.



Научно-исследовательское судно «Вулканолог» Института вулканологии ДВНЦ АН СССР, предназначенное для изучения подводных вулканов.

довательское судно «Вулканолог», принадлежащее Институту вулканологии Дальневосточного научного центра АН СССР. Это судно позволяет изучать вещественный состав подводных вулканов, их внутреннее строение, состояние активности, тепловую мощность и многие другие характеристики вплоть до количества выносимых из недр рудных компонентов. За три года, прошедших со времени спуска судна на воду, сотрудниками Института вулканологии обследованы многие активные и действовавшие относительно недавно (в чет-

вертичном периоде) подводные вулканы. Это вулканы Идзу-Бонинской и Марианской островных дуг, Филиппинского, Ново-Гвинейского и Южно-Китайского морей, а также некоторых других районов Тихого океана.

Особенно детально исследован вулкан Эсмеральда в Марианской дуге, ставший своеобразным полигоном для отработки методики поиска и изучения активных подводных вулканов. Этот вулкан обладает отчетливо выраженными вулканическим конусом и кратером. Наряду со свежими лавовыми потоками здесь обнаружены подводные выходы вулканического газа — фумаролы, действовавшие в период усиления вулканической активности. Тепловая мощность вулкана Эсмеральда

в этот период не уступала тепловой мощности наиболее активных вулканов Камчатки³.

Рейсы «Вулканолога» позволили оценить современный подводный вулканизм островных дуг и окраинных морей. Они показали, что мелководные вулканы островных дуг, так же как и наземные, относятся обычно к типу стратовулканов⁴ и сложены преимущественно андезито-базальтовыми лавами, среди которых лишь местами встречаются толеитовые базальты, близкие к океаническим. Для окраинных же морей характерны трещинные излияния очень жидких толеитовых лав.

Интересные сведения о вулканизме ложа океанов получены благодаря применению глубоководных исследовательских аппаратов⁵. Первые же погружения американского аппарата «Архимед» и французских аппаратов «Алвин» и «Циана» в 1973—1974 гг. показали, что через рифтовую долину Срединно-Атлантического хребта тянутся цепочки лавовых куполов и небольших кратеров с расходящимися от них свежими потоками лавы. Наиболее крупные из лавовых куполов представляют собой небольшие и довольно плоские вулканы. Аналогичные вулканические образования, окруженные гидротермальными источниками, обнаружены и в пределах Галапагосского рифта в Тихом океане во время погружения подводного аппарата «Алвин». Первые сведения о проявлении вулканизма в рифтовой зоне Красного моря получены с помощью подводного обитаемого аппарата «Пайсис» во время экспедиции Института океанологии АН СССР⁶.

Много нового о вулканических процессах в пределах срединно-океанических хребтов узнали мы благодаря работам бурового судна «Гломар Челленджер» по международной программе глубоководного бурения⁷. В частности, они подтвердили представления сторонников плитовой

тектоники о том, что осевые зоны срединно-океанических хребтов на всем своем протяжении являются ареной подводной вулканической деятельности⁸.

В настоящее время принято выделять четыре основных типа современного вулканизма ложа океана и его обрамления. Это океанический рифтовый вулканизм, характерный для рифтовых зон срединно-океанических хребтов, вулканизм островных дуг и активных окраин континентов, вулканизм внутриокеанических островов и вулканизм окраинных морей.

Географическое распределение наземных и подводных вулканов всех перечисленных типов и их положение относительно основных тектонических структур показано на одном из рисунков. Причем подводные вулканы ложа океанов и окраинных морей объединены на карте в зоны вулканической активности.

Области наземного и подводного вулканизма пространственно совпадают с сейсмоактивными районами и районами повышенного теплового потока из недр Земли. Иными словами, вулканы характерны для тектонически наиболее подвижных, механически ослабленных зон земной коры. Интересно, что широкое проявление вулканизма в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов первоначально было предсказано сторонниками гипотезы разрастания дна океана (на базе которой была разработана теория плитовой тектоники) и лишь позже подтвердилось прямыми наблюдениями.

ОКЕАНИЧЕСКИЙ РИФТОВЫЙ ВУЛКАНИЗМ

Рифтовый вулканизм океанов локализован в пределах рифтовых зон срединно-океанических хребтов, т. е. на границе между раздвигающимися плитами. Тот факт, что рифтовым зонам свойственно растяжение, был установлен сейсмологами, а затем подтвержден детальными геологическими исследованиями. Так, в рифтовых долинах Срединно-Атлантического и Галапагосского хребтов, а также Красного моря обнаружено много сбросов, грабенов и зияющих трещин.

О характере извержений в глубоководных рифтовых зонах можно судить по вулканическим продуктам, поднимаемым драгами, по подводным фотографиям, а в последнее время — по прямым наблюдениям с борта обитаемых глубоководных аппаратов.

³ Гавриленко Г. М., Горшкова А. П., Скрипко К. А. «Вулканология и сейсмология», 1980, № 2, с. 19—29.

⁴ Стратовулкан — конусовидный вулкан, тело которого сложено застывшими потоками лавы и рыхлым взрывным материалом.

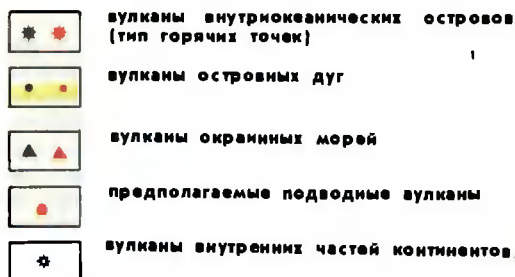
⁵ Эти работы проходили в рамках франко-американского проекта изучения срединно-океанических хребтов FAMOUS.

⁶ Монин А. С., Ястребов В. С. Экспедиция в Красное море. — «Природа», 1980, № 9.

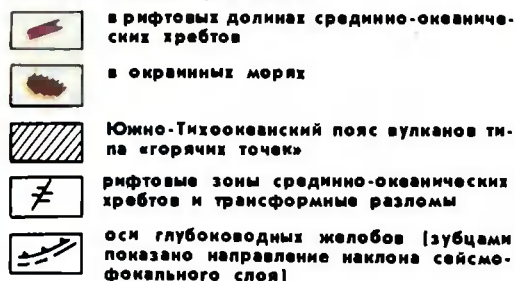
⁷ Результаты бурения по отдельным рейсам периодически публикуются в нашем журнале начиная с 1969 г.

⁸ Менард Г. У. Глубоководное дно океана. — В кн.: Океан. М., 1971.

Распределение активных вулканов на земном шаре. Подводные вулканы выделены цветом.



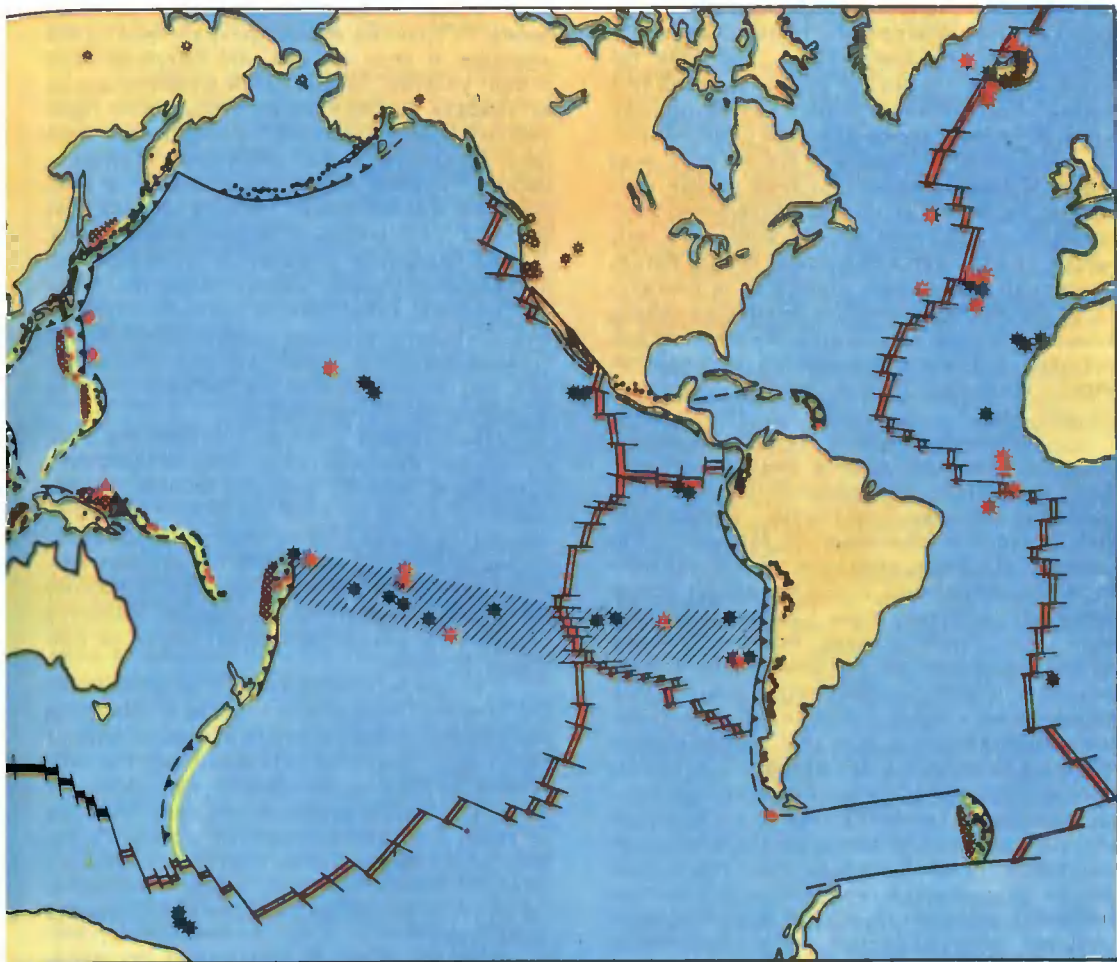
зоны подводного вулканизма:



водных аппаратов. Судя по отсутствию пирокластических продуктов извержения, в рифтовых зонах преобладают лавовые излияния трещинного типа. Именно они формируют протяженные цепочки вулканических куполов высотой 200—300 м и длиной 2—4 км при ширине около 0,5 км. Так как для глубоководных излияний характерны потоки подушечных лав, то их фрагменты и составляют наибольшую часть свежих лав, поднимаемых при драгировании. Подушечными лавами сложены и уже упоминавшиеся вулканические образования в пределах Срединно-Атлантического, Галапагосского и Красноморского рифтов, которые были обследованы в ходе многочисленных погружений подводных обитаемых аппаратов.

Продукты современной подводной вулканической деятельности в рифтовых

зонах представлены, главным образом, однородными по химическому составу толеитовыми базальтами. Особенно четко однородность состава проявляется в свежих базальтах с незначительным числом крупных кристаллов. Тем не менее, среди лав рифтовых зон встречаются минералогические разновидности, появление которых вызвано кристаллизационной дифференциацией магмы в близкой к поверхности магматической камере. По степени раскристаллизации вещества и соотношению количества крупных кристаллов здесь выделяют порфировые (оливиновые, плагиоклазовые, плагиоклаз-оливин-пироксеновые) и афировые базальты. Крайними продуктами кристаллизационно-гравитационной дифференциации являются пикрит-базальты, содержащие больше кристаллов пироксена и особенно оливина.



В результате океанического рифтового вулканизма формируется второй слой океанической коры средней мощностью около $1,5 \text{ км}^2$. Если считать, что скорость спрединга, т. е. раздвижения океанической коры в обе стороны от рифтовой зоны, составляет в среднем 3 см в год, а второй слой океанической коры лишь на $2/3$ своего объема сложен вулканическими породами, то при протяженности срединно-океанических хребтов 65 тыс. км общая «производительность» всех вулканов рифтовых зон составит $4 \text{ км}^3/\text{г}$. Это, по-видимому, минимальная оценка, так как второй слой океанической коры почти целиком сложен вулканическими породами, да и скорости раздвижения обычно выше. Так,

для Тихоокеанской плиты средняя скорость раздвижения за 70 млн лет , по данным бурения в 55-м рейсе судна «Гломар Челленджер», составляет 8 см/г . По-видимому, вулканы рифтовых зон океанов поставляют на поверхность Земли, вернее на дно океанов, не менее 10 млрд т вулканического материала в год.

ВУЛКАНИЗМ ВНУТРИОКЕАНИЧЕСКИХ ОСТРОВОВ

Практически все острова и подводные горы внутренних частей океанов либо являются активными вулканами, либо были ими в прошлом. Обычно они образуют линейные цепи островов и подводных гор, причем активный вулканизм проявляется на одном конце такой цепи, а с удалением от активного центра возраст вулканов уве-

⁹Ботт М. Внутреннее строение Земли, М., 1974.

личивается. Например, Гавайские о-ва вместе с Императорским подводным хребтом образуют единую цепь, которая тянется от о-ва Гавайи до зоны, где сходятся Курило-Камчатская и Алеутская островные дуги. Активные вулканы в этой цепи имеют лишь на о-ве Гавайи и на востоке о-ва Мауи. К северо-западу от о-ва Гавайи возраст вулканических пород постепенно увеличивается, достигая 40—43 млн лет в том месте, где сходятся Гавайские о-ва и Императорский подводный хребет. Если двигаться вдоль Императорского хребта на север, возраст их еще увеличится. Вулканические породы, вскрытые скважиной в северной части Императорского хребта, древнее 72 млн лет¹⁰.

Увеличение возраста вулканических пород Гавайского хребта явилось отправным моментом для разработки гипотезы «горячих точек», которую предложил Дж. Вильсон и обосновал В. Морган¹¹. По мнению Моргана, «горячие точки» являются фиксированными и представляют собой округлые в плане зоны, где так называемые мантийные струи, поднимающиеся непосредственно от границы ядра и мантии, достигают поверхности Земли. Над такими мантийными струями возникают активные подводные вулканы, наращивание которых приводит к образованию вулканических островов. Эти острова, как на ленте конвейера, движутся вместе с литосферной плитой, перемещаясь в направлении от рифтовой зоны. В результате такого движения прерывается связь острова с фиксированной мантийной струей и вулкан прекращает свое активное существование, а над мантийной струей вырастает новый вулкан. Таким образом, мантийная струя как бы прожигает движущуюся литосферную плиту, оставляя на ней шов в виде вулканического хребта, вернее цепи вулканов. При этом создается эффект миграции вулканизма в направлении, противоположном движению плиты. Изгибы цепей вулканов возникли в результате изменения направления, в котором движется плита. По такому принципу развивается вулканизм «горячих точек», расположенных внутри литосферных плит.

«Горячие точки» могут располагаться также на границе между раздвигающимися плитами. В этом случае они представляют собой участки повышенной вулканической активности в пределах рифтовых зон. Примерами таких «горячих точек» могут служить Исландия и Азорские о-ва. Вулканические хребты, образовавшиеся в результате деятельности таких вулканов, отходят в обе стороны от рифтовой зоны.

В развитии отдельных вулканов типа «горячих точек» можно выделить главный период, включающий стадии образования щитового вулкана, кальдерную и посткальдерную, а также период омоложения, наступающий обычно после перерыва в несколько миллионов лет.

Наибольший объем вулканического материала извергается на стадии щитового вулкана, в течение которой вулкан поднимается с глубины 4—5 км и достигает поверхности океана. Для этой стадии характерны спокойные излияния толеитовых лав. Лавы эти имеют низкую вязкость и потому растекаются на большой площади, образуя пологие вулканические сооружения — щитовые вулканы.

Когда вулкан доходит до поверхности океана, спокойные лавовые излияния сменяются вулканическими взрывами; их называют гидромагматическими. Но как только вулкан поднимается над уровнем океана и изливающийся расплав уже не вступает в непосредственный контакт с водой, извержения вновь становятся спокойными с излиянием лав низкой вязкости. Такой тип извержений принято называть гавайским.

На кальдерной стадии в теле вулкана близ его поверхности формируется магматическая камера. Ее частичное опустошение во время извержений приводит к обрушению верхней части вулкана в образовавшуюся полость. Сформированные таким образом депрессии округлой формы называются кальдерами. На этой стадии, наряду с толеитовыми, изливаются и щелочные базальты. Они более насыщены газами, поэтому на кальдерной стадии кроме лавовых излияний наблюдаются и эксплозивные извержения, т. е. извержения, сопровождающиеся вулканическими взрывами. Последующей посткальдерной стадии свойственны как эксплозивные извержения, так и спокойные излияния лавы.

Период омоложения характеризуется излиянием лавы через мелкие побочные конусы на склонах щитовых вулканов. В дальнейшем вулканические острова раз-

¹⁰ Такой возраст имеют залегающие выше осадки, а интервал между окончанием вулканической деятельности и отложением морских осадков составляет несколько миллионов лет.

¹¹ О дискусионности идеи «горячих точек» см. вступление к статье Казимира В. Г. «Горячие точки» Земли, — «Природа», 1977, № 7, с. 104.

рушаются и, опускаясь, превращаются в атоллы и гайоты¹².

В южной части Тихого океана существует целый пояс островных и подводных вулканов типа «горячих точек»¹³. По меньшей мере 10 вулканов этого пояса были активны в плейстоцене и голоцене. Пояс состоит из нескольких близко расположенных цепей вулканов типа рассмотренной выше Гавайско-Императорской цепи, поэтому зависимость возраста вулкана от расстояния до активной «горячей точки» здесь затушевывается. Этот вулканический пояс расположен перпендикулярно рифтовой зоне Восточно-Тихоокеанского поднятия и приурочен к участку, где скорость раздвижения в обе стороны от рифтовой зоны максимальна. В таких участках могут возникать конвективные течения, являющиеся, вероятно, причиной образования данного пояса «горячих точек».

Общий объем вулканического материала, поставляемого на поверхность всеми активными вулканами типа «горячих точек», достоверно неизвестен. Американские вулканологи К. Бергер и Э. Джексон подсчитали, что суммарный объем вулканов Гавайского хребта составляет свыше 1 млн км³. Средняя «производительность» гавайской «горячей точки» за последние 40 млн лет составляет, таким образом, примерно 0,03 км³/год. В настоящее время на о-ве Гавайи изливается в среднем 0,17 км³ вулканического материала в год. Общий же объем вулканического материала, поставляемого на поверхность Земли всеми вулканами типа «горячих точек», вряд ли превышает 0,3—0,4 км³/год, так как гавайские вулканы являются наиболее активными. Во всяком случае, вклад вулканов типа «горячих точек» в транспортировку вещества из недр Земли на поверхность более чем на порядок ниже вклада вулканов рифтовых зон срединно-океанических хребтов.

ВУЛКАНЫ ОСТРОВНЫХ ДУГ И АКТИВНЫХ ОКРАИН КОНТИНЕНТОВ

Эти вулканы наиболее широко известны, так как они составляют подавляющее большинство среди вулканов, возвышающихся над уровнем моря. К тому же извержения их часто носят катастрофический эксплозивный характер. Большая часть

известных на Земле активных вулканов (по подсчетам А. Ритмана, около 62%) расположена по периферии Тихого океана, образуя так называемое Тихоокеанское «огненное» кольцо.

С точки зрения сторонников теории плитовой тектоники, вулканы островных дуг располагаются на краю надвигающейся на континент плиты, а очаги плавления питающей вулканы магмы сконцентрированы в сейсмофокальном слое (где расположены очаги землетрясений)¹⁴ и, вероятно, в верхней мантии выше сейсмофокального слоя.

Некоторые вулканы островных дуг в своем раннем развитии прошли через подводную стадию. Современные подводные вулканы наиболее часто встречаются в Идзу-Бонинской и Марианской дугах, где их в последние годы изучают сотрудники нашего института, используя для этой цели судно «Вулканолог».

И для подводных, и для наземных вулканов островных дуг характерны эффузивные породы от базальтов до дацитов. Судя по образцам, поднятым при драгировании, вершины глубоководных вулканов сложены подушечными лавами. Эксплозивные же продукты извержения преобладают у мелководных вулканов.

Для наземных вулканов островных дуг характерны как спокойные излияния гавайского типа, так и катастрофические взрывы, подобные извержению вулкана Тамбора в Индонезии (1815 г.), в результате которого было выброшено почти 200 км³ вулканического материала.

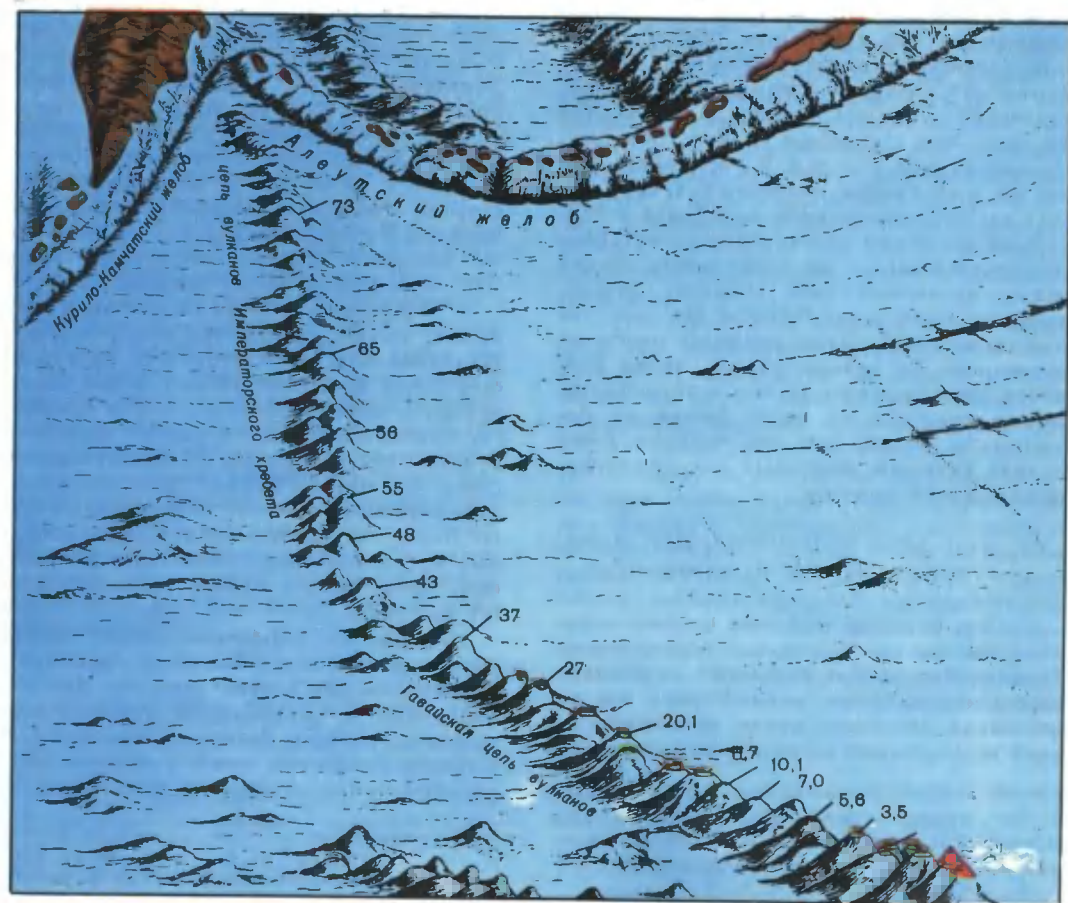
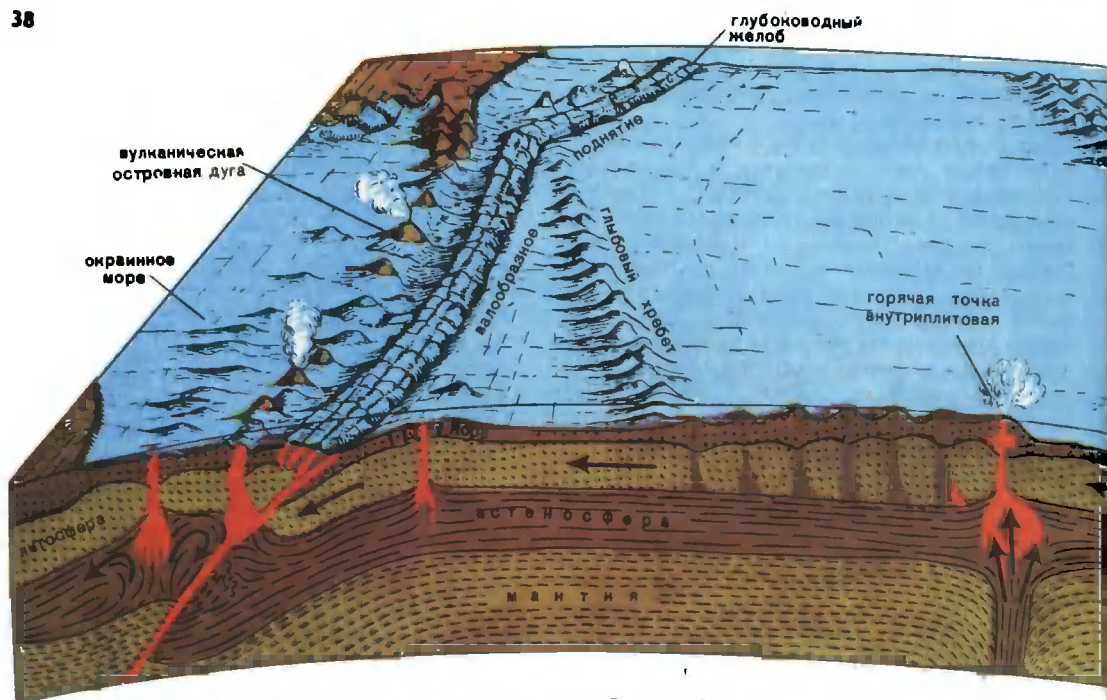
Несмотря на такие гигантские извержения, объем вулканического материала, доставляемого на поверхность вулканами островных дуг, значительно ниже, чем у вулканов срединно-океанических хребтов. По подсчетам Е. К. Мархинина, наземные вулканы поставляют 1—1,5 км³ вулканического материала в год. Для подводных вулканов такой подсчет затруднен, но судя по тому, что подводных вулканов островных дуг значительно меньше, чем наземных, вряд ли эта цифра превысит 0,3—0,5 км³/год.

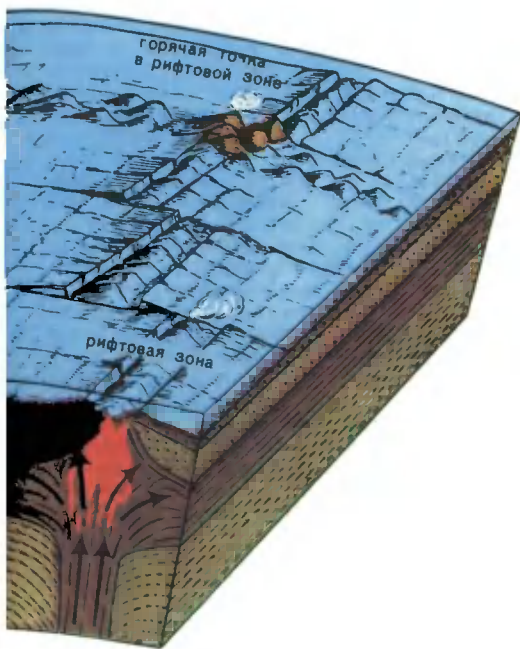
Вулканизм окраинных морей изучен пока еще очень слабо, да и сведения о проявлении здесь вулканической деятельности крайне малочисленны. Мелководные вулканы, такие как Ветеран и Иль-де-Сандр в Южно-Китайском море, расположенные на коре континентального типа, были, ве-

¹² Гайоты — подводные горы с плоскими вершинами.

¹³ Авдейко Г. П. «Вулканология и сейсмология», 1979, № 3, с. 83—97.

¹⁴ Токарев П. И. «Известия АН СССР, сер. физика Земли», 1970, № 3, с. 384—391.





Схематическое изображение соотношения современного вулканизма с тектоническими структурами.

Изменение возраста вулканов в цепи Гавайские о-ва — Императорский подводный хребет. Цифры на рисунке — возраст вулканов, млн лет.

роятно, когда-то вулканами островных дуг и, следовательно, не могут быть отнесены к типу вулканов окраинных морей.

Свежие толеитовые базальты, близкие по составу к толеитам рифтовых зон срединно-океанических хребтов, найдены в Марианской впадине в тыловой части Марианской островной дуги, а также в бассейне Лая в тыловой части островной дуги Тонга. Во время 4-го рейса судна «Вулканолог» со дна Ново-Гвинейского моря с глубины 2000 м также подняты образцы толеитовых базальтов, свидетельствующие об активной вулканической деятельности. Если судить по отсутствию отдельных вулканических центров и наличию обширных лавовых полей, то следует предположить, что извержения глубоководных котловин окраинных морей являются трещинными. Они проявляются, вероятно, в структурах типа рифтов, являющихся зонами растяжения.

Объем продуктов вулканизма ок-

раинных морей пока еще не известен. Можно лишь сказать, что предполагаемая площадь распространения вулканизма этого типа уступает вулканизму островных дуг и, тем более, вулканизму рифтовых зон срединно-океанических хребтов.

Проявление подводного вулканизма возможно также и в пределах валообразных поднятий, ограничивающих глубоководные желоба со стороны океана. Здесь в поле сжатия отмечаются локальные зоны растяжения, обусловленные изгибанием океанической плиты при ее пододвигании под континентальную. Однако имеются лишь единичные сведения об извержениях подводных вулканов на валообразных поднятиях.

Таким образом, современная подводная вулканическая деятельность значительно превосходит деятельность наземных вулканов вокруг океанов и в континентальных областях. Наиболее значителен вклад вулканизма рифтовых зон срединно-океанических хребтов, в результате которого изливается более 4 км^3 лав в год. Он проявляется исключительно в подводных (преимущественно глубоководных) условиях. Трещинные подводные излияния характерны и для вулканизма окраинных морей. Два других типа вулканизма — островных дуг и внутриплитовых «горячих точек» — проявляются как в подводных, так и в наземных условиях.

В целом, в результате современной подводной вулканической деятельности извергается примерно в 4 раза больше вулканического материала, чем в результате деятельности наземных вулканов. Близкие соотношения подводного и наземного вулканизма имели место и в более древние геологические эпохи.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Авдейко Г. П., Мархинин Е. К. СОВРЕМЕННЫЙ ВУЛКАНИЗМ ОКЕАНОВ.— В кн.: Геология океана, т. 1. Осадкообразование и магматизм океана. М., 1979.

Лучицкий И. В. ОСНОВЫ ПАЛЕОВУЛКАНОЛОГИИ, т. 1. СОВРЕМЕННЫЕ ВУЛКАНЫ. М., 1971.

Макдональд Г. ВУЛКАНЫ. М., 1975.

Мархинин Е. К. РОЛЬ ВУЛКАНИЗМА В ФОРМИРОВАНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ. М., 1967.

Ритман А. ВУЛКАНЫ И ИХ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ. М., 1964.

Рэдулеску Д. П. ВУЛКАНЫ СЕГОДНЯ И В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ПРОШЛОМ. М., 1979.



«Всемирная стратегия охраны природы»

С. А. Остроумов,
кандидат биологических наук
Московский государственный
университет им. М. В. Ломоносова

5—6 марта 1980 г. во многих странах мира, в том числе в СССР, была оглашена «Всемирная стратегия охраны природы»¹, которую в течение нескольких лет готовил Международный союз охраны природы и природных ресурсов². Наряду с общими принципами в «Стратегии» приведены некоторые новые факты и цифры, представляющие интерес.

По данным ФАО за 1977—1978 гг., недоедают в мире 500 млн чел.; 1500 млн чел. используют в качестве топлива только древесину, помет и отходы сельского хозяйства; 800 млн чел. имеют доход не более 50 долл. в год.

Только около 11% суши (исключая Антарктику) имеют условия, благоприятные для сельского хозяйства. Сельскохозяйственные культуры занимают 14 млн км². В развитых странах ежегодно застраивается не менее 3 тыс. км² сельскохозяйственных угодий. За 1960—1970 гг. Япония потеряла 7,3% своих сельскохозяйственных угодий в результате строительства домов и дорог, Нидерланды — 4,3%, Норвегия — 1,5%. Если сохранятся существующие темпы деградации земель, через 20 лет будет утрачена или деградирует третья часть пашни.

Сведение лесов привело к нарушениям режима рек. Так, удаление наносов со дна в устье реки, на которой стоит Буэнос-Айрес, ежегодно обходится в 10 млн долл. Сведе-

ние лесов приводит в конечном счете к быстрому заилению водохранилищ. Только в основных водоемах США ежегодно отлагается более 1 млрд м³ различных осадков.

Одним из факторов, снижающих генетическое разнообразие ресурсов биосферы, является широкое распространение немногих сортов сельскохозяйственных культур. Так, лишь 4 сорта пшеницы дают 75% урожая, выращиваемого в Канаде. Более половины площади заняты одним сортом. В США 72% урожая картофеля обеспечивается лишь четырьмя сортами картофеля. В Бразилии почти все кофейные деревья происходят от единственного растения. В США при культивировании сои используются в основном потомки всего лишь шести экземпляров одного вида сои, привезенных из Азии. Многие дикие сорта окультуренных растений уже исчезли. На грани вымирания находятся 115 пород домашних животных, разводившихся ранее в Европе и районе Средиземного моря.

Сохранение генетического разнообразия в дикой природе необходимо, в частности, для медицинских целей. Более 40% рецептов, выписываемых ежегодно в США, содержат лекарства природного происхождения: из высших растений — 25%, микроорганизмов — 13%, животных — 3%. В США стоимость лекарств, изготовляемых из высших растений, составляет около 3 млрд долл., и эта сумма растет год от года.

Около 25 тыс. видам диких растений угрожает опасность исчезновения. Под угрозой вымирания находятся также более 1000 видов и подвидов позвоночных животных. Учитывая другие группы животных, в частности членистоногих, моллюсков и кораллы, общее число видов, которым может угрожать исчезновение к

концу столетия, составляет от 500 тыс. до 1 млн.

При рассмотрении проблем долгосрочного рационального использования видов и экосистем приведены следующие цифры. Белки морских животных составляют 6% всего белка и 17% животного белка в питании человечества. В целом, в общемировой диете 65% белков люди получают от растений, 16% — с мясом и 9,5% — с молоком. Население 32 стран получает около 34% всех животных белков из морских продуктов. В 11 странах морские продукты вдвое больше морских продуктов, чем средний общемировой уровень. В 1978 г. суммарная стоимость экспорта рыбы и продукции рыболовства составила 10,8 млрд долл., т. е. на 15% выше, чем в предыдущем году. В результате чрезмерного промысла рыбы в недалеком прошлом общемировые уловы сейчас уменьшились на 15—20 млн т, т. е. на 20—25% ниже, чем они могли бы быть.

В некоторых частях Ганы, Заира и других африканских стран до 75% животного белка население получает от диких животных. Большой размах приобрела торговля дикими животными, растениями и изделиями из них. Так, в 1975 г. в США импортировали их на сумму более 1 млрд долл. В Канаде лицензия на право охоты имеет 11% населения, в США — 8% (на право рыбной ловли — 13%). В Швеции лицензии на право рыбной ловли имеют до 18% населения.

Стоимость годовой продукции лесов мира превышает 115,5 млрд долл. 30 стран (из них 8 развивающихся) имеют более 100 млн долл. дохода ежегодно от экспорта продукции лесов, из них 5 стран получают каждая более 1 млрд долл. ежегодно. В Африке дрова составляют 58% всех источников энергии, в юго-восточной Азии — 42%, в Латинской Америке — 20%. В не-

¹ World Conservation Strategy. Gland, 1980.

² См.: «Природа», 1979, № 5, с. 24.

которых районах южнее Сахары в результате дефицита древесины стоимость приготовления пищи и обогрева жилища доходит до 25% от бюджета семьи.

Постоянные пастбища занимают в мире 30 млн км², или 23% поверхности суши. Их продуктивность низка: в центральной Европе для пропитания 3—5 голов скота требуется 1 га, в Саудовской Аравии для пропитания 1 головы скота надо 50—60 га.

Потенциально доступны и должны использоваться в качестве удобрений для культивируемых растений в развивающихся странах 113 млн т питательных веществ, содержащихся в отходах животноводства, растениеводства и жилищно-коммунального хозяйства.

Анализ водных ресурсов показывает, что имеется более 200 международных речных бассейнов: в Африке — 57, в Европе — 48, в Азии — 33. Среди них встречаются бассейны, на территории которых наблюдается высокая водная эрозия почвы. Вынос твердых частиц, суспензированных в речной воде, для Ганга составляет 1451 млн т, Брахмапутры — 726 млн т, Инда — 435 млн т, Миссисипи — 312, Миссури — 218, Колорадо — 135 млн т. Нила — 111 млн т ежегодно.

В конце «Стратегии» приводится список рекомендуемых мероприятий на уровне отдельных государств. Он включает в себя следующее: 1) подготовка и реализация национальных стратегий охраны природы; 2) принятие профилактических, предупреждающих мер при использовании природных ресурсов 3) принятие системы природоохранных мер, охватывающих все секторы хозяйственного механизма; 4) включение в систему государственного учета неденежных критериев для оценки совершенства природоохранных мер; 5) оценка состояния экосистем; 6) предварительная экологическая экспертиза всех крупных народнохозяйственных мероприятий; 7) узаконивание такой процедуры принятия решений об использовании земель и водных ресурсов, которая бы

основывалась на оценке состояния экосистем и на экологической экспертизе; 8) пересмотр и усиление законодательства о живых биологических ресурсах с тем, чтобы была уверенность, что она обеспечивает цели охраны природы — причем особое внимание должно уделяться воплощению этого законодательства в жизнь; 9) пересмотр и улучшение статуса, организации, финансирования и кадрового обеспечения служб, ответственных за живые ресурсы; 10) создание комитета по охране почв и водных ресурсов на уровне принятия государственных решений; 11) создание новых организаций или принятие специальных мер по координации существующих для успешного управления морскими живыми ресурсами; 12) пересмотр и улучшение учреждений для подготовки кадров; 13) усиление исследований по улучшению управления живыми ресурсами; 14) вовлечение более широких слоев общественности в принятие решений о живых ресурсах; 15) программы и компании по природоохранному образованию, в частности, для тех, кто использует живые ресурсы, для лиц, разрабатывающих законодательство и принимающих ответственные решения, для студентов и школьников; 17) программы развития в сельской местности, которые сочетают неотложные меры для улучшения условий жизни людей и долгосрочные меры для сохранения природных ресурсов.

Думается, этот список следовало бы дополнить еще несколькими пунктами: 18) пересмотр технологий в промышленности и энергетике в сторону их экологизации; 19) пересмотр принципов работы проектных институтов с тем, чтобы уже на стадии проекта каждое предприятие, институт, животноводческая ферма были обеспечены собственными автономными системами минимизации загрязнения среды, в случае не-

обходимости — собственными эффективными системами очистки сточных вод и отходящих газов; 20) пересмотр и развитие системы выявления, сбо-

ра, транспортировки, хранения и утилизации вторичных ресурсов, в том числе использованной бумаги, деревянной тары и упаковки, отходов переработки биологических ресурсов.

Основные задачи охраны природы в «Стратегии» сформулированы следующим образом: поддержание главных экологических процессов и экосистем, от которых зависит само существование человека; сохранение генетического разнообразия живых организмов; долгосрочное рациональное использование видов и экосистем, при котором они сохраняются и воспроизводятся.



История науки

Л. А. Файнберг. ПУТЕШЕСТВИЕ ДЛИННОЕ В ЖИЗНЬ. КНУД РАСМУССЕН — ИССЛЕДОВАТЕЛЬ СЕВЕРА. М., «Мысль», 1980, 93 с., ц. 20 к.

Полярные путешествия, по словам отважного датчанина Кнуда Расмуссена (1879—1933), были для него «обычной, естественной формой труда». Возглавляемые им экспедиции, о которых рассказывается в этой книге, носили комплексный характер: проводились картографические, метеорологические, археологические, биологические исследования. Но главным делом своей жизни Расмуссен считал изучение материальной и духовной культуры эскимосских племен Гренландии, канадской Арктики, Аляски.

Результатом восьми экспедиций Расмуссена явилось многогранное собрание сочинений, этнографическое и естественнонаучное значение которых непреходящее. Откровением для цивилизованного мира были изданные в Копенгагене, а затем переведенные на европейские языки мифы и саги эскимосов, записанные Расмуссеном.

Заслуги Расмуссена в области полярных исследований, как отмечает автор книги, были высоко оценены в научных кругах. Копенгагенский

Каменные узоры скарнов

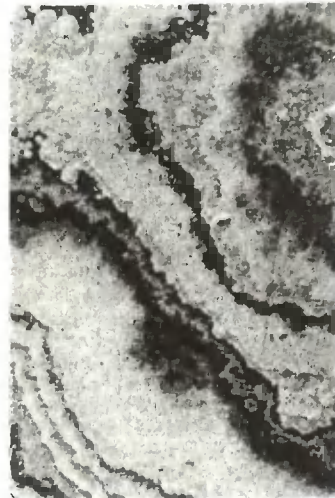
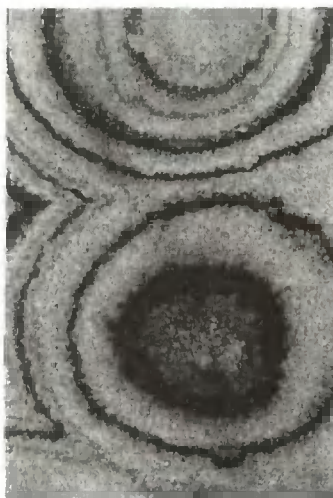
М. И. Ефимова,
кандидат геолого-минерало-
гических наук
В. Н. Шабанов

Дальневосточный геологический
институт ДВНЦ АН СССР
Владивосток.

Поделочные камни нашей страны удивительно разнообразны. Здесь самоцветы Урала, прибалтийский янтарь, халцедоны и агаты Подмосковья, забайкальские аметисты и т. д. А в последние годы к многочисленному семейству поделочных камней присоединились и скарны Приморья.

Скарн¹ — это метасоматическая горная порода, сложенная главным образом известково-железистыми силикатами и алюмосиликатами. Образуется она в области контакта внедряющейся в земную кору магмы и окружающих ее карбонатных пород — известняков, доломитов.

Скарны, как правило, рудоносны. С ними связаны крупнейшие месторождения вольфрама и молибдена, свинца и цинка, железа и меди, а также нерудное сырье. Скарны Приморья не составляют исключения. Всем минералам мира известно дальнегорское скарново — полиметаллическое месторождение «Верхний рудник», в рудах которого встречаются пустоты — «продуши-



Разные виды текстур, характерных для датолитового скарна.

¹ Термин «скарн» введен в конце прошлого века шведским геологом А. Тернсбохом; первоначально им обозначали пустую горную породу вокруг рудного тела.

ны», заполненные прекрасно ограниченными кристаллами кальцита, флюорита, датолита и различных сульфидов. Для скарнов этого месторождения, состоящих из типично скарновых ми-

нералов — геденбергита, волластонита, граната, ильваита и аксинита, характерны радиально-лучистые или же полосчатые текстуры (рисунки). Обусловлены они расположением тонких призм — «лучей» геденбергита.

Рядом со скарново-полиметаллическим месторождением в том же дальнегорском рудном поле находится датолитовое месторождение.

Породы его имеют аналогичный состав (геденбергит, гранат, волластонит, гизингирит), но содержат еще и силикаты бора — датолит, аксинит, данбурит.

Текстурированный узор датолитового скарна поистине фантастичен. В нем чередуются темно-коричневые полоски гизингирита и светло-кремового волластонита, жемчужного

хитом. Но если малахит с его пленительной шелковистостью зеленых тонов — лето, то дальнегорский скарн скорее напоминает умиротворенную позднюю осень Приморья — пору теплых дождей и «пылающей» тайги.

Среди огромного разнообразия текстур скарна преобладают полосчатые и сферические. Полосчатые скарны сложены чаще всего двумя минералами. Например, розово-кремовым волластонитом и зеленовато-жемчужным датолитом или темно-зеленым геденбергитом и светло-зеленым датолитом. Могут также появляться полоски коричнево-бурого граната. Ширина отдельных полосок меняется от 0,05 до 0,5 см. Полоски могут быть строго параллельными, и тогда скарн напоминает листы нотной бумаги. В случае же мелкой складчатости («гофрировки») создаются удивительные кружевные узоры. Причем отдельные участки этих сложных узоров обладают концентрически-зональным строением.

Сочетание различных типов строения скарна рождает своеобразные картины, которые способны соперничать со знаменитыми «пейзажными яшмами». В скарне можно увидеть и суровые ландшафты Севера, и бурные реки Сихотэ-Алиня, и яростный натиск океанских волн... Надо только немного фантазии, и проявится рисунок, задуманный самой природой.

Один из авторов этой заметки, В. Н. Шабанов, используя приморские скарны, создал серию каменных гравюр, тематических навеяны экспедиционными поездками по различным районам нашей страны. Выставка каменных картин демонстрировалась на XIV Тихоокеанском научном конгрессе в Хабаровске, на ВДНХ в Москве, побывала в Румынии и Турции. Некоторые из картин представлены в этом номере журнала.



«Сванетия». Скарн, селенит, флюопит, аурипигмент.

датолита и темно-зеленого лучистого геденбергита. Чередование полосок создает такое разнообразие рисунков камня, что невольно хочется сравнить его со знаменитым мала-

Молекулярная спектроскопия межзвездной среды

Д. А. Варшалович, В. К. Херсонский



Дмитрий Александрович Варшалович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник теоретического отдела Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе АН СССР. Работает в области теоретической ядерной физики, квантовой теории и астрофизики. В последние годы занимается исследованием физических процессов в межзвездной среде, космическими мазерами и межзвездными молекулами. Монография (совместно с А. Н. Москаленковым и В. К. Херсонским): Квантовая теория углового момента: Л., 1975. Член Международного астрономического союза и проблемной группы по физике межзвездной среды.



Валерий Кельманович Херсонский, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник Специальной астрофизической обсерватории АН СССР, член проблемной группы Астрономического Совета АН СССР по физике межзвездной среды. Занимается исследованием физических процессов, протекающих в межзвездном газе, а также некоторыми вопросами теоретической физики.

РАДИОСПЕКТРОСКОПИЯ — НОВЫЙ МЕТОД АСТРОНОМИИ

В 1937 г. при изучении оптических спектров поглощения ярких звезд впервые в межзвездной среде были обнаружены химические соединения, которыми оказались радикалы циана (CN) и метинила (CH), а также ион метинила (CH^+). Это открытие вызвало удивление астрономов: ведь мощное ультрафиолетовое излучение звезд должно разрушать все химические связи. Действительно, содержание обнаруженных молекулярных фрагментов в межзвездной среде оказалось очень малым — измеренные концентрации в среднем составили 10^{-7} — 10^{-9} частиц/см³. Столь ма-

лые концентрации, казалось, исключали возможность использовать спектры молекул для изучения свойств межзвездного газа. И лишь с развитием в послевоенные годы радиоастрономии появились сверхчувствительные методы, позволяющие получать и исследовать спектры вещества в столь малых концентрациях.

Дело в том, что спектры молекул в радиодиапазоне позволяют достаточно детально изучать их состав и природу химических связей. Но помимо этого они несут важную информацию о физических и химических условиях окружающей межзвездной среды. С этой точки зрения, межзвездные молекулы представляют собой высокочувствительные зонды. Впервые

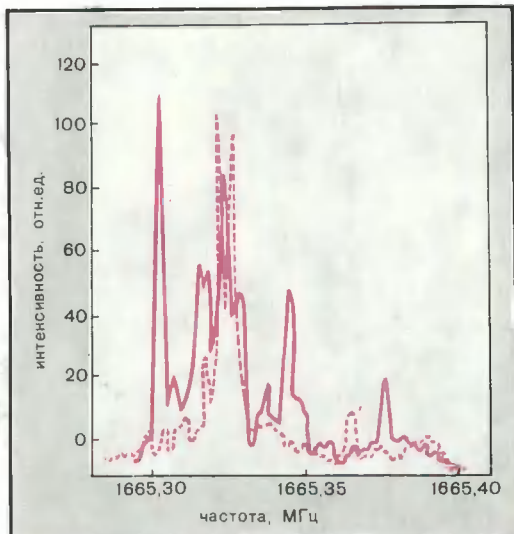
идею о том, что радиоспектроскопические наблюдения межзвездных молекул могут служить для эффективного зондирования межзвездной среды, была высказана И. С. Шкловским¹ еще в 1946 г.

В 1963 г. группа исследователей из Национальной радиоастрономической обсерватории США при наблюдениях центральных областей Галактики на частотах около 1660 МГц впервые в радиодиапазоне зарегистрировала спектр гидроксила (OH), состоящий из четырех слабых линий поглощения. Уже через два года изучение спектров гидроксила привело к открытию космических мазеров: Г. Уивер и его сотрудники (Национальная радиоастрономическая обсерватория, США), исследуя некоторые источники космического радиоизлучения на частоте, характерной для гидроксила, обнаружили излучение чрезвычайно высокой интенсивности со спектром необычной формы². Малая ширина отдельных линий в этом спектре и аномальное соотношение их интенсивностей не могли быть объяснены ничем, кроме когерентного стимулированного излучения в облаках межзвездного газа. Таким образом, стало очевидно, что и в природе, а не только в лаборатории могут реализоваться условия, приводящие к возникновению мощных космических мазеров.

Дальнейшее развитие молекулярно-спектроскопических методов исследования межзвездной среды за последние 10 лет привело не только к обнаружению в облаках межзвездного газа большого числа различных молекул, в том числе и менее распространенных, чем OH, но и к существенному изменению наших представлений о самой межзвездной среде. Этому способствовал ряд обстоятельств. Во-первых, вступили в строй новые радиотелескопы сантиметрового и миллиметрового диапазона, а именно в нем и сосредоточено большое число молекулярных линий. Во-вторых, была создана высокочувствительная спектральная аппаратура, которая необходима при радиоастрономических наблюдениях относительно слабых молекулярных линий.

И, наконец, были значительно усовершенствованы лабораторные методы спектроскопии высокого разрешения. Дело в том, что для обнаружения или наблюде-

ния линии излучения (или поглощения) межзвездной молекулы необходимо очень точно знать ее частоту, поскольку радиоспектрометр, являющийся конечным каскадом спектрального приемника космического радиоизлучения и действующий подобно призме, имеет, как правило, довольно узкую полосу частот, лишь в 6—10 раз превышающую ширину самой наблюдаемой линии. Поэтому линия может наблюдаться только в том случае, когда после различных преобразований в приемнике ее частота попадает в полосу спек-



Спектр излучения гидроксила на частоте межзвездной мазерной линии 1665 МГц от области галактического радионисточника W 49, представляющего собой гигантскую зону ионизованного водорода. Различные пики на спектре соответствуют нескольким облакам, движущимся с различными скоростями и из-за эффекта Доплера излучающими на разных частотах. Излучение сильно поляризовано, что обусловлено его мазерной природой; интенсивности правой и левой круговой поляризации показаны сплошной и пунктирной линиями.

трома. Иногда, при достаточно большой полосе анализа, удается наблюдать сразу несколько близких линий, как например при исследовании источника Стрелец B2. Здесь мы можем видеть сразу линии межзвездных молекул CH_3OCH_3 , HC_3N и NH_2CN .

Следует подчеркнуть, что хотя большая часть информации о молекулах в межзвездной среде получена методами радиоастрономии, спектроскопия межзвездных молекул в последние годы все больше становится «всеволновой». Интенсивно развиваются исследования в ультрафиоле-

¹ Шкловский И. С. «Астроном. ж.», 1946, т. 26, с. 10; 1952, т. 29, с. 144.

² Weaver H. et al. "Nature", 1965, v. 208, p. 29.



Туманность Лагуна (M8, или NGC 6523), расположенная в созвездии Стрельца на расстоянии 1,5 кпс от Солнца; ее размер ~ 10 пс, масса $\sim 2000 M_{\odot}$. Вокруг горячих звезд этой туманности находится зона ионизованного водорода. [Фотография сделана на обсерватории «Тейбл Маунтин», штат Вашингтон, США.]

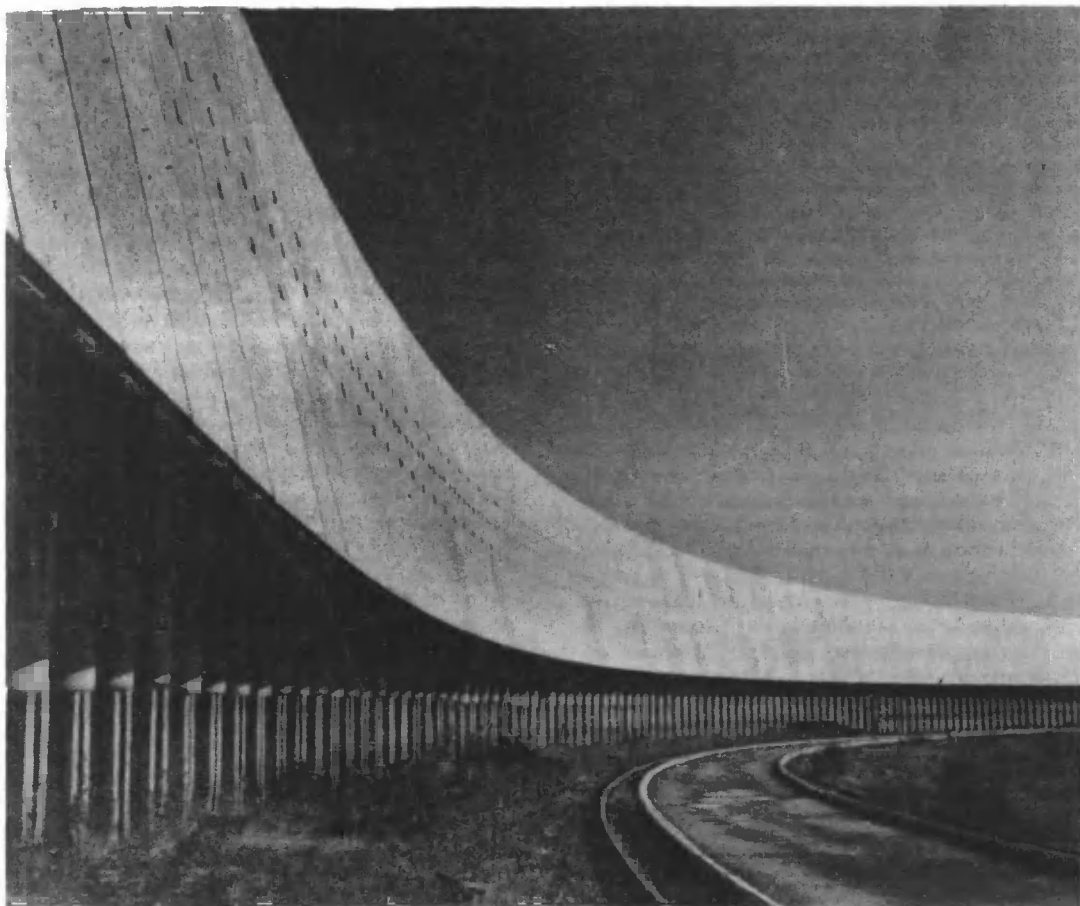
товой и инфракрасной частях спектра. Так, с помощью телескопа, установленного на борту американской орбитальной астрономической обсерватории «Коперник», в спектрах поглощения звезд в ультрафиолетовом диапазоне удалось зарегистрировать большое число линий, характерных для молекул H_2 , HD и CO.

ФОРМИРОВАНИЕ МЕЖЗВЕЗДНЫХ МОЛЕКУЛ

До 1968—1969 гг. считалось, что в межзвездной среде имеются лишь двухатомные молекулы, да и то в ничтожных количествах, а сложные молекулы в таких

условиях существовать не могут. Однако это оказалось не так. Существенную роль в образовании молекул играет межзвездная пыль: внутрь плотных газо-пылевых облаков не проникает не только ультрафиолетовое, но и видимое излучение. Там темно в буквальном смысле слова. Межзвездная пыль надежно экранирует молекулы от губительного для них излучения. Поэтому молекулы могут там накапливаться не разрушаясь.

Кроме того, межзвездные пылинки играют роль катализаторов — некоторые реакции образования молекул идут на их поверхности более эффективно, например рекомбинация атомарного водорода в молекулярный. Однако реакциями на поверхности пылинок, так же как и столкновениями с нейтральными атомами, трудно количественно объяснить образование сложных молекул. Поэтому в течение нескольких лет вопрос оставался открытым. Лишь в 1973 г. выяснилось, что в образовании многоатомных молекул в меж-



Главное зеркало 600-метрового радиотелескопа РАТАН-600 Специальной астрофизической обсерватории АН СССР. На этом телескопе наряду с другими исследованиями проводится изучение галактических и внегалактических объектов на частоте молекул нейтрального водорода, гидроксила, формальдегида и т. д.

звездной среде существенную роль играют ионно-молекулярные реакции. Первоначально казалось, что их роль ничтожна, поскольку степень ионизации газа внутри газо-пылевого облака чрезвычайно низка из-за отсутствия ионизирующего излучения. Лишь позже выяснилось, что необходимая ионизация возникает под действием жестких космических лучей³. Кроме того, важную роль в формировании межзвездных молекул играют реакции, идущие на поверхности межзвездных пылинок⁴.

Таким образом, в последние годы были получены принципиально новые данные о молекулярном составе межзвездной среды. Молекулярные процессы разного рода, и прежде всего реакции образования и разрушения, а также механизмы возбуждения межзвездных молекул оказались в центре внимания астрофизиков, занимающихся межзвездной средой. Все это и привело к рождению новой области исследований — молекулярной астрофизики.

КАКИЕ МОЛЕКУЛЫ НАБЛЮДАЮТСЯ В МЕЖЗВЕЗДНОЙ СРЕДЕ?

Хотя, как уже отмечалось, первые молекулы⁵ CN и CH были открыты с по-

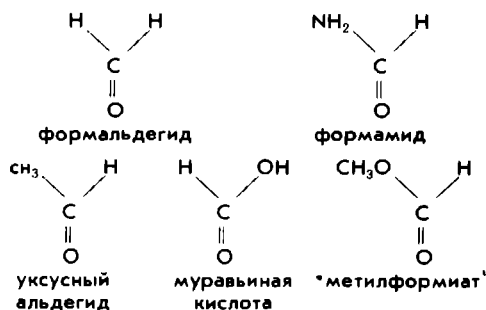
³ «Природа», 1980, № 7, с. 102.

⁴ Goldansky V. I. "Nature", 1979, v. 279, p. 109.

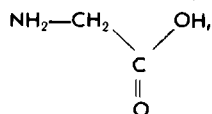
⁵ Обычно в астрофизике термин «молекула» употребляют в более широком смысле, подразумевая не только стабильные молекулы с насыщенными связями, но и свободные радикалы, а также молекулярные ионы.

мощью оптических методов еще в 1937 г., а первая «радиомолекула» OH была обнаружена в 1963 г., настоящий поток открытий начался в 1968—1969 гг., когда радиоастрономы зарегистрировали излучение молекул воды (H_2O), аммиака (NH_3) и формальдегида (H_2CO). Это уже трех- и четырехатомные молекулы. Более того, формальдегид является одним из простейших органических соединений и играет важную роль в биологическом синтезе белков.

В настоящее время в межзвездной среде обнаружено более 50 видов молекул. Среди них имеются даже одиннадцатиатомные, например молекула цианотетраацетилен HC_9N . Наряду с молекулами, обладающими насыщенными связями, такими как вода (H_2O), сероводород (H_2S), аммиак (NH_3), сернистый ангидрид (SO_2), в облаках межзвездного газа зарегистрировано большое количество различных свободных радикалов — гидроксил (OH), формил (HCO), этинил (C_2H), цианэтинил (C_3N) и другие. Можно указать целые семейства межзвездных молекул, генетически связанных друг с другом, например молекулы формальдегида и его производных — муравьиной кислоты, формамида, уксусного альдегида, уксусной кислоты, метилформиата, которые уже обнаружены в межзвездной среде:



Эти молекулы близки по своей структуре к молекулам глицина



представляющего одну из 20 основных аминокислот, из которых построены все живые организмы на Земле. Поиски глицина в межзвездной среде пока оказались безуспешными. Тем не менее существование этой молекулы в достаточно плотных и холодных облаках вполне вероятно. Отметим также, что глицин, наряду с дру-

гими аминокислотами, найден в метеоритах.

В межзвездной среде обнаружено большое число молекул, представляющих собой линейные цепи с шестью, семью и даже девятью атомами углерода; это производные от углеводородов ацетилена, этилена и других, например полиины, или полиацетилены, среди которых обращает на себя внимание линейная молекула $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$ с атомной массой 123 а. е. и длиной 1,25 нм. Сами родительские молекулы углеводородов долго не удавалось обнаружить, и лишь недавно в инфракрасном диапазоне смогли наблюдать некоторые линии молекулы ацетилена. Вместе с тем ацетилен легко полимеризуется, и, казалось бы, в межзвездной среде должны находиться продукты этой полимеризации, в частности циклические молекулы типа бензола (C_6H_6). Однако поиски бензола, а также пиримидина, бензонитрила и некоторых других циклических молекул до настоящего времени не увенчались успехом.

В результате спектральных исследований межзвездной среды, проведенных в последние 5—7 лет наблюдений на различных радиотелескопах в широком диапазоне длин волн, астрофизики обнаружили более пятисот спектральных линий, принадлежащих различным молекулам и молекулярным фрагментам.

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МОЛЕКУЛ В МЕЖЗВЕЗДНОМ ГАЗЕ

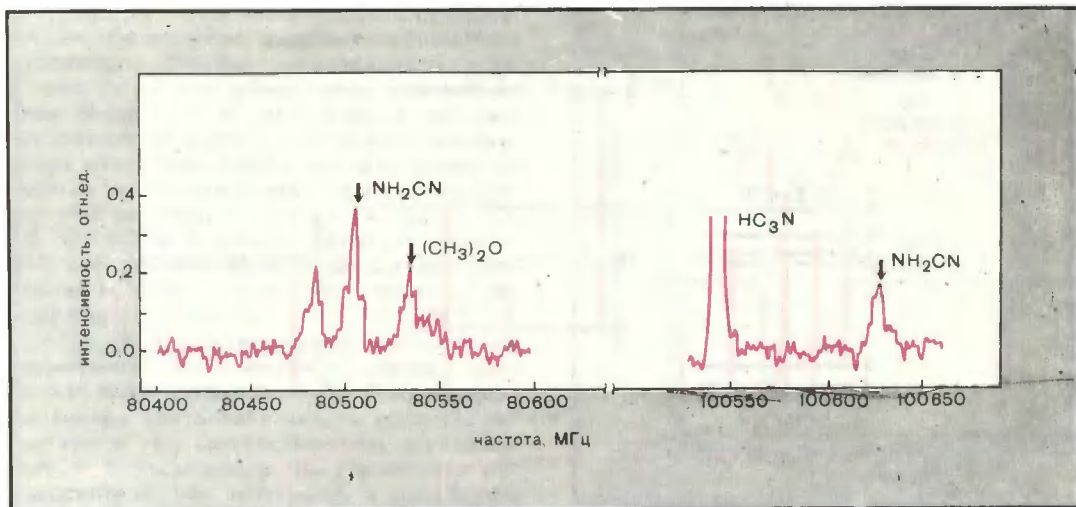
Основными химическими элементами межзвездной среды являются водород (~92%) и гелий (~8%), т. е. мы живем в водородно-гелиевом мире. Остальные элементы, все вместе взятые, составляют по числу атомов лишь около 0,13%, да и то часть из них конденсируется в виде пыли и выпадает из газовой фазы. Поэтому и относительное количество молекул, содержащих эти элементы, не может быть большим. Наиболее распространены в газопылевых облаках молекулы водорода (H_2), которые удалось наблюдать непосредственно в инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах (в видимом и в радиодиапазонах они не проявляются). Следующей по распространенности оказалась молекула окиси углерода (CO). Она имеет аномально высокие потенциалы ионизации и диссоциации. В типичных облаках с концентрацией 10^3 частиц/см³ этих молекул

содержится в 10^1 — 10^5 раз меньше, чем водорода, причем сам водород почти полностью находится в молекулярном состоянии. Что касается других молекул, то, согласно наблюдениям, их относительное количество не превосходит величины 10^{-7} — 10^{-11} от общего числа частиц. Тот факт, что такие ничтожные количества молекул, находящиеся к тому же на расстояниях в тысячи световых лет от нас, удается надежно регистрировать, свидетельствует о чрезвычайно высокой чувствительности радиоастрономических систем.

следовать межзвездный газ. Именно использование молекулярно-спектроскопических методов вынудило астрофизиков коренным образом пересмотреть существовавшие ранее представления о межзвездной среде.

ЧТО ДАЛО ОТКРЫТИЕ МЕЖЗВЕЗДНЫХ МОЛЕКУЛ АСТРОФИЗИКЕ?

Исследование излучения уже первых из обнаруженных межзвездных молекул CN еще в 1937 г. дало чрезвычайно важ-



Участки спектра радиоизлучения источника Стрелец В2, расположенного в центральной области Галактики. Видны линии излучения межзвездных молекул цианамид NH_2CN , метилового эфира $[\text{CH}_3]\text{O}$, цианацетилена HC_3N .

Разумеется, астрофизики не могут довольствоваться только созерцанием молекулярных линий. Один из главных вопросов, который сразу возникает при постановке наблюдательных задач, — как использовать наблюдаемое разнообразие молекул и молекулярных переходов для зондирования межзвездной среды, т. е. для определения тех физических условий, которые имеют место в облаках межзвездного газа, определяют их динамическую и химическую эволюцию, наконец, тех условий, в которых протекает начальная стадия одного из основных в астрофизике процессов — гравитационной конденсации звезд из межзвездного вещества. Вот тут-то и оказывается, что молекулы — исключительно эффективные зонды, дающие возможность чрезвычайно многосторонне ис-

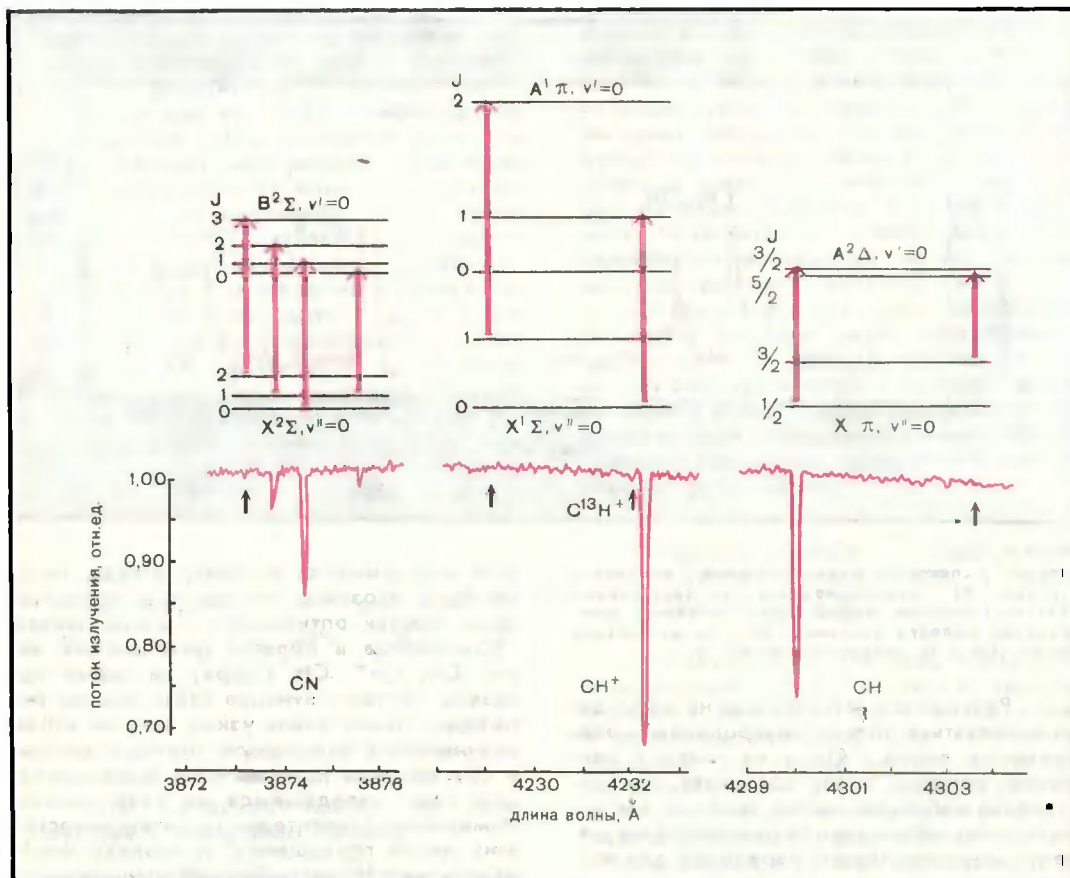
ную информацию, которая, правда, тогда не была осознана. На рисунке представлены участки оптического спектра звезды ζ Меееносца в области резонансных линий CN, CH^+ , CH. Сверху на схеме показаны соответствующие этим линиям переходы. Линии очень узкие, они не могли возникнуть в атмосфере горячей звезды, а обусловлены поглощением в межзвездном газе, находящемся на луче зрения. Измерение относительных интенсивностей этих линий поглощения⁶ позволило определить населенность нижних вращательных уровней молекул CN. Населенность этих уровней оказалась такой, как если бы молекулы циана находились в поле теплового излучения с температурой около 3 К. Что это за излучение, в то время было совершенно неясно. Лишь много позже, в

⁶ Swings P., Rosenfeld L. "Astrophys. J.", 1937, v. 86, p. 483; Duncham T., Adams W. "Publ. Astronom. Soc. Pacific", 1937, v. 49, p. 26; Jenkins F., Woolridge D. "Phys. Rev.", 1938, v. 53, p. 137.

1965 г. американские радиоастрономы А. Пензиас и Р. Вильсон сделали открытие, за которое им позже была присуждена Нобелевская премия по физике 1978 г.⁷ Они обнаружили так называемое реликтовое радиоизлучение, однородно заполняющее всю нашу Вселенную и возникшее на ранней, дозвездной стадии ее расширения, когда все вещество еще было горячим и более плотным. Это излучение характеризуется планковским спектром с температурой, составляющей в нашу эпоху 3 К. После этого открытия стало ясно,

что именно реликтовое радиоизлучение и определяет населенности уровней молекулы CN в разреженной межзвездной среде вдали от звезд. Таким образом, этот фундаментальный факт, на котором базируется современная космологическая модель — горячая модель Вселенной, по существу впервые был обнаружен при исследовании межзвездных молекул.

Итак, измерение населенностей нижних уровней молекул CN, находящихся в разреженной межзвездной среде, дает сведения об излучении, точнее о радиацион-



Оптический спектр поглощения межзвездных молекул CN, CH⁺ и CH в направлении на яркую звезду ζ Эрионса. Вверху для этих молекул даны схемы энергетических уровней, на которых указаны переходы, соответствующие наблюдаемым оптическим линиям.

ной температуре, которая характеризует это излучение. Иначе говоря, молекула CN служит для астрофизиков своеобразным радиометром.

Однако, если аналогичным методом мы попытались бы определить эффективную температуру возбуждения вращательных уровней молекулы CO в том же самом межзвездном облаке, то получили бы совершенно иное, значительно большее значение T_{rot} . Чем обусловлено такое

⁷Подробнее об этом см.: Зельдович Я. Б., Сюняев Р. А. Нобелевская премия по физике 1978 г.— А. Пензиасу и Р. Вильсону.— «Природа», 1979, № 1.

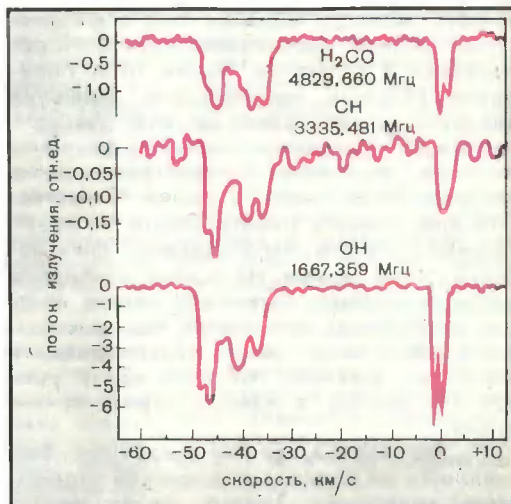
различие? Дело в том, что для молекул CN взаимодействие с излучением более эффективно, чем их столкновения с окружающими атомами. Поэтому именно излучение «заселяет» нижние энергетические уровни этих молекул. Для молекул CO, наоборот, более эффективными оказываются столкновения. Поэтому, изучая радиолинии молекул CO, мы можем исследовать такие параметры, как концентрация и кинетическая температура газа. В этом смысле молекулы типа CO могут служить «денситометрами» и «термометрами» межзвездной среды.

Кроме того, межзвездные молекулы — чрезвычайно удобные индикаторы изотопного состава межзвездного газа. У многих из них обнаружены изотопические аналоги, т. е. молекулы, у которых некоторые из ядер представлены различными изотопами. Например, для окиси углерода независимо наблюдаются вращательные переходы молекул $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$, $^{12}\text{C}^{17}\text{O}$, $^{13}\text{C}^{17}\text{O}$, $^{12}\text{C}^{18}\text{O}$ и $^{13}\text{C}^{18}\text{O}$. В случае синильной кислоты наряду с основной модификацией $\text{H}^{12}\text{C}^{14}\text{N}$ в заметном количестве обнаружены молекулы $\text{D}^{12}\text{C}^{14}\text{N}$, $\text{H}^{13}\text{C}^{14}\text{N}$, $\text{H}^{12}\text{C}^{15}\text{N}$. По относительным интенсивностям радиолиний таких молекул можно определить относительные распространенности различных изотопов в разных областях Галактики и тем самым получить информацию о происходящих там процессах нуклеосинтеза. Так, например, в результате исследования излучения молекул CO и H_2CO было установлено, что отношение содержания изотопов $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ повышено в центральной части Млечного Пути почти в два раза по сравнению с периферией. Такое аномально высокое содержание изотопа ^{13}C в центре нашей Галактики может свидетельствовать о том, что вещество там находится на более поздней стадии эволюции химического состава.

В 1973 г. большой резонанс вызвали сообщения об определении с помощью метода молекулярной спектроскопии распространенности дейтерия, который, согласно современной теории нуклеосинтеза, является реликтовым, т. е. образовался на ранней, дозвездной стадии эволюции Вселенной⁵. Относительное содержание дейтерия D/H было определено исходя из интенсивности спектральных линий молекул HCN и DCN в туманности Ориона и позже в мощном газо-пылевом комплексе Стре-

лец В2. Таким образом, именно радионаблюдения молекул в межзвездной среде дали величину отношения концентрации D/H, которая чрезвычайно важна для решения вопроса о средней плотности вещества во Вселенной — основного вопроса в космологии.

Радионаблюдения межзвездных молекул дают возможность исключительно эффективно исследовать кинематику и пространственную структуру как отдельных газо-пылевых комплексов, так и общего распределения газа в Галактике, поскольку



Спектры поглощения межзвездных молекул формальдегида H_2CO , радикалов метинила CN и гидроксила OH в направлении на Кассиопею A — мощный источник радиоизлучения, являющийся остатком сверхновой. Линии в спектре образуются за счет поглощения в облаках межзвездного газа, находящихся в спиральных рукавах Млечного Пути — в Ормоновом рукаве (скорость облаков относительно наблюдателя — 5 ± 0 км/с) и в Персеевом рукаве (-50 ± -33 км/с).

все линии в спектре оказываются сдвинутыми относительно лабораторных частот из-за эффекта Доплера. Характерная ситуация представлена на рисунке, где изображен спектр поглощения в межзвездном газе, наблюдавшийся на фоне мощного удаленного источника радиоизлучения в Кассиопее A. Даны три участка спектра, соответствующие линиям формальдегида H_2CO , CN и гидроксила OH. Наличие нескольких пиков поглощения для каждой линии обусловлено присутствием на луче зрения нескольких облаков межзвездного газа, движущихся с различными скоростями. Видно, что спектральные профили линий весьма похожи.

⁵ Jefferts K., Penzias A., Wilson R. "Astrophys. J. Lett.", 1973, v. 179, p. 57.

Вообще говоря, значительное различие в скорости этих облаков, в принципе, еще не говорит об их большом пространственном разделении. Однако в данном случае это так, и обе группы облаков относятся к разным рукавам нашей Галактики. Именно таким методом по относительному сдвигу водородной линии 21 см Я. Оорт изучил распределение по скорости и пространственное распределение облаков межзвездного газа, нашел их крупномасштабное движение, соответствующее вращению всего вещества относительно центра Галактики⁹. Таким образом удалось связать скорость облаков газа с их пространственным расположением, с их координатами в Галактике. Более того, определив скорость орбитального движения как функцию расстояния до галактического центра, Оорту удалось, пользуясь законами Кеплера, восстановить пространственное распределение массы в нашей Галактике. Эта классическая работа Оорта — яркий пример умелого использования спектроскопических данных. На основе огромного наблюдательного материала разных авторов для разных источников был выведен фундаментальный закон распределения массы в Галактике, который сразу свел все эти данные в единую стройную систему.

Этот анализ, как уже говорилось, был выполнен по сдвигам радиолиний атомарного водорода. Однако молекулярные линии оказались еще удобнее для этой цели, поскольку тепловая скорость тяжелых молекул значительно меньше, чем водорода, а следовательно, сами линии — уже. В последние годы на основе анализа сдвига линий молекул CO и H_2CO были предприняты попытки детально исследовать кинематику ряда областей межзвездного газа, в частности центральной области нашей Галактики, которая совершенно не видна в оптическом диапазоне из-за сильного поглощения в межгалактической пыли. Это наиболее загадочная область нашей Галактики; некоторые астрофизики полагают, что здесь находится сверхмассивная черная дыра с массой около миллиона солнечных масс.

При анализе структуры и кинематики отдельных облаков межзвездного газа, а также при изучении физических условий в облаках существенное значение имеет прозрачность облака на наблюдаемой ча-

стоте. Если облако непрозрачно, то регистрируется лишь его «внешний вид», т. е. излучение, идущее почти с поверхности облака. Только в том месте, где имеется значительный градиент скорости, излучение может выходить из внутренней, более горячей части облака. Если на какой-либо частоте облако прозрачно, то излучение такой частоты может беспрепятственно выходить из его внутренней части. Поэтому в таких лучах получается как бы «рентгеновский снимок», непосредственно показывающий внутреннее строение облака.

Подобные соображения играют большую роль при изучении так называемых коллапсирующих облаков газа, т. е. газовых конденсаций, неустойчивых по отношению к гравитационному сжатию. Такие конденсации представляют значительный интерес, поскольку являются начальными стадиями сложного гидродинамического процесса, приводящего к рождению звезд.

Итак, в последние годы возникла и бурно развивается новая область астрофизики — молекулярная спектроскопия межзвездной среды. Уже сейчас ее достижения весьма значительны: открыты межзвездные мазеры, их исследование позволило существенно продвинуться в решении одной из фундаментальных проблем астрофизики — проблемы образования звезд; радикально изменились наши представления о химическом составе межзвездного газа, о распространенности изотопов и органического вещества во Вселенной. В межзвездной среде ведется интенсивный поиск биологически важных молекул.

В будущем роль молекулярно-спектроскопических методов в исследовании межзвездной среды будет все более возрастать, поскольку эти методы будут широко применяться не только в радиодиапазоне, но и во всех других диапазонах. При этом, разумеется, число объектов, доступных исследованию, резко возрастет.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Тернер Б. Е. Межзвездные молекулы. — В кн.: Галактическая и внегалактическая радиоастрономия. М., 1976.

Стрельницкий В. С. Межзвездные молекулы. М., 1974.

КОСМИЧЕСКИЕ МАЗЕРЫ. Сб. статей под ред. В. И. Слыша. М., 1974.

Townes C. H. INTERSTELLAR MOLECULES. — «The Observatory», 1977, v. 97, No 1017.

⁹ Oort J. et al. "Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.", 1958, v. 118, p. 379.



На Айновых островах

А. Б. Георгиевский,
кандидат биологических наук
Кандалакшский государственный
заповедник.

Удивительна и многообразна природа Кольского полуострова. На его сравнительно небольшой территории разместились три природные зоны: темнохвойная тайга, березовое лесотундровое редколесье, субарктические тундры. В Баренцевом море вдоль Мурманского побережья разбросаны скалистые острова. Самый известный из них — архипелаг Семь островов — еще в XVII в. стал «государевой заповедью», где охранялись места ловли кречетов для царских соколиных охот. Уже тогда эти крупные соколы были редкостью. В 1932 г. на Семи островах для охраны птичьих базаров и всего уникального природного комплекса был организован государственный заповедник. После Великой Отечественной войны в состав Кандалакшского заповедника вошли новые группы островов, в том числе Малый и Большой Айновы, расположенные в Печенгском заливе Баренцева моря неподалеку от п-ова Рыбачий. Небольшие по площади (57 и 208 га), они являются настоящими жемчужинами в ожерелье заповедных островов.

Довольно плоские, казались бы ничем не примечательные, если смотреть с большого расстояния, Айновы острова вблизи удивляют богатством своей растительности. В то время как на суровых скалах материка господствуют кустарничковые и кустарничково-лишайниковые тундры, эти острова поражают густотой травянистой растительности, необычайно пышной для столь высокой северной широты — 69°50'. Сойдя на берег в середи-

не лета, буквально утопаешь в крупнотравных лугах из зонтичных растений, рябит в глазах от пестроты цветов. Совсем нетрудно заблудиться на о-ве Б. Айнов в густых зарослях приозерных ивняков.

Столь замечательный уголок природы на Крайнем Севере возник благодаря удачному сочетанию морских течений, особого типа почв, обильного животного населения. Круглый год, днем и ночью, несет мимо островов свои теплые воды мощное Северо-Атлантическое течение — часть Гольфстрима. Течение постоянно смягчает суровое дыхание Арктики, умеряет годовые климатические колебания, в результате чего среднегодовая температура воздуха у побережья составляет около 0°C. Лето на островах влажное, прохладное, сравнительно короткое, но весна и осень затягиваются надолго. Зима теплая, обычны оттепели, снеговой покров неоднократно стает. Берегового припая никогда не образуется, и в самый холодный период море у островов свободно от льда. В последние годы вместе с теплым течением на острова приплывает из северной Атлантики все больше банок, бутылок и другого мусора. Наглядно видно, как по вине человека заметно возрастает загрязнение просторов океана.

Айновы острова поднялись из морских глубин в результате отступления моря и постепенного поднятия всего Мурманского берега. Они сложены песчаниками, глинистыми сланцами, известняками и доломитами палеозойского возраста, которые кое-где покрыты рыхлыми четвертичными отложениями.

На большей площади островов даже по склонам и возвышениям сформировались мощные залежи торфа, достигающие полутора-двух метров толщины. В настоящее время

торфяники — основной тип почв на Айновых островах. Не являясь в узком смысле почвой, они создают благоприятные воздушный и тепловой режимы для развития растений. Особые почвы возникли на карбонатных горизонтах из рыхлых ракушечников и ракушечного песка под крупнотравной растительностью. Буро-черный гумусированный слой здесь достигает 10—15 см, приближаясь по своим свойствам к дерново-луговой почве.

Формирование растительности на Айновых островах началось в атлантический период, 6,5—7,5 тыс. лет назад; как показали разрезы торфяников, тогда преобладали хвощи и осоки. Позднее, в более сухие и прохладные суббореальный и субатлантический периоды, болотные растения сменились водяникой, моршшкой, папоротниками, луговыми травами, т. е. и ныне существующими растениями¹.

Однако при всех благоприятных условиях растительность на островах вряд ли достигла бы такого расцвета без животного населения. Млекопитающие, за исключением серых тюленей, здесь отсутствуют. На островах полновластными хозяевами являются птицы. Ежегодно сюда для гнездования собираются десятки тысяч чаек, тупиков, гагарок, уток, куликов, различных воробьиных. Среди других птиц господствуют чайки — серебристая и большая морская с размахом крыльев до полутора метров. Колонии чаек занимают самые лучшие возвышенные места. Щеголеватые тупики гнездятся под камнями или в вырытых ими торфяных норах. Среди

¹ Парфентьева Н. С. Растительность Айновых островов. — Труды Кандалакшского госзаповедника, 1969, вып. VII.



Дутеныши серого тюленя, занесенного в «Красную Книгу СССР», рождаются в середине полярной ночи.

Фото Р. Г. Чамякина.

На приморских скалах цветет родиола розовая.

Фото И. П. Татарниковой.

Туллик красна даже среди пестрых растений.

Фото И. П. Татарниковой.

других птиц мало заметна ценная своим пухом гага. Она прячет гнезда в густых прибрежных зарослях.

В полярный летний день круглосуточно не смолкает на островах многоголосый птичий гомон: то возникают драки между чайками, то они, на время забыв о ссорах, дружно отгоняют вороватых ворон. В последние годы у большой морской чайки участились случаи хищничества и даже каннибализма — поедания ослабевших птенцов своего вида. На островах повсюду попадаются остатки расклеванных чайками птиц. Одна из причин — сокращение запасов сельди и мойвы, основного корма чаек.

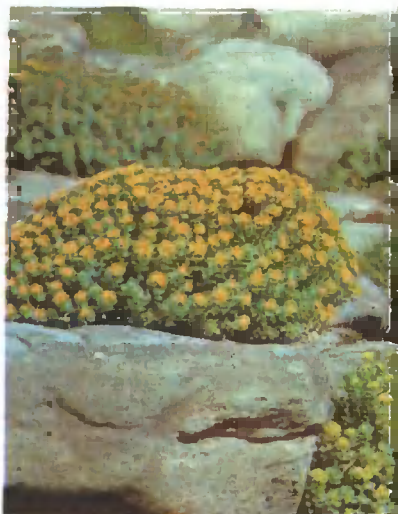
От птиц постоянно поступает в почву большое количество помета, обогащая ее азотом, фосфором, калием. В результате охранных мер этот

процесс даже усилился, так как численность птиц и соответственно их биомасса возросли с 34 кг на 1 га в 1958 г. до 89 кг в 1966 г.²

На обогащенной азотом почве густо разрослись нитрофилы: купырь (*Anthriscus silvestris*), дягиль (*Archangelica norvegica*), крапива (*Urtica dioica* var. *Sondenii*), обыкновенный щавель и особенно специфичные для птичьих колоний трехреберник Гукера, или крупноцветковая ромашка (*Tripleurospermum hookeri*), лекарственная ложечница (*Cochlearia officinalis*), овсяница холодолубивая (*Festuca cryophila*), воробьиный щавель (*Rumex acetosella*).

Яркое разнотравье пестрым красновато-белым ковром покрывает пологие склоны северных экспозиций. По выходам скал произрастают мощные кусты родиолы (*Rhodiola rosea*), знаменитого золотого корня, добываемого для медицинских целей.

На плоских вершинах и пологих склонах растут морошка, обычно совместно со щаве-



лем и папоротником. На плотном красно-коричневом фоне морошки поднимаются ярко-зеленые заросли папоротника-щитовника австрийского (*Dryopteris austriaca*). Морошка ежегодно щедро плодоносит. Прежде, по летописным данным, айновскую морошку ежегодно отправляли к царскому столу монахи Трифоно-Печенгского монастыря, которому принадлежали Айновы острова.

Разнотравье, морощечники — не редкость и на других островах Кандалакшского заповедника. Для ботаники наибольший интерес представляют уникальные айновские крупнотравные и злаково-разнотравные луга. Своеобразие этих лугов состоит в том, что в них соединились экологический разнородные группы растений. Как правило, здесь произрастают виды приморских лугов: колосняк, дягиль, водяной щавель, лапландская дрема. Растут обычные луговые растения: красная овсяница, луговой мялик, мышиный горошек, ползучий и едкий лютики и другие травы. В понижениях нередки растения, характерные для заболоченных мест: калужница, таволга, гравилат, вейник Лангсдорфа. Изредка проникают в луга растения с птичьих колоний: ложечница, трехреберник Гукера. Также интересно, что на лугах Айновых островов обильны лесные растения: купырь (*Anthriscus silvestris*), евро-

²Татарникова И. П. О влиянии птиц на растительность острова Большого Айнова (Западный Мурман). — Тезисы конференции «Структура и функционально-биогеоценотическая роль животного населения суши». М., 1967.



пейская купальница (*Trollius europaicus*), лесная звездчатка (*Stellaria nemorum*), лесная герань (*Geranium silvaticum*), бор (*Milium effusum*), адокса (*Adoxa moschatellina*). А из лесных древесных пород на о-ве Б. Айнов есть всего несколько согнутых ветрами деревьев березы и единичные кусты рябины. Условия морского климата мало благоприятны для роста деревьев.

В крупнотравье преобладают зонтичные: купырь, дягиль. Среди них кое-где возвышаются кочки колосняка. Они примечательны своими размерами — выше метра при диаметре более полуметра. Общая высота травостоя 110—140 см, но отдельные экземпляры дягиля выше роста человека — достигают 2 м 30 см при толщине стебля до 8 см. Уже на высоте пояса человека полог зонтичных настолько густой, что в нем могут выжить только высокие растения — бор, валериана (*Valeriana murmanica*), крапива, дрема (*Melandrium lapponicum*), купальница, которые тянутся к свету на высоту 70—110 см. Под самим пологом способны расти лишь лесные теневыносливые травы — лесная звездчатка, адокса. Почва под травостоем оголена. Мхи, характерные для северных лугов, полностью отсутствуют.

На островах совсем нет растительноядных животных, если не считать немногочис-

ленных насекомых, однако скопления отмершей травы с годами не происходит. К началу следующего вегетационного периода большая часть ветоши травянистых растений разрушается, а к концу лета разлагается почти полностью (это происходит и с мощными стеблями зонтичных).

На южном берегу о-ва Б. Айнов среди крупнотравной растительности встречаются участки злаково-разнотравных лугов. На них преобладают луговые растения: красная овсяница, луговой мятлик, мышиный горошек, лютики, среди которых нередко золотая розга, живородящий горец, лук скорода, но растут также купырь, колосняк, дрема, валериана. Всего в состав таких луговин входит до 20 и более видов растений. Разнотравные луговины напоминают по составу более южные суходольные луга и выглядят красочнее крупнотравных от обильно цветущих купальницы, герани, лютиков, дремы, золотой розги. Травяной покров лугов довольно густой, но не везде однородный, куртины злаков перемежаются в нем с пятнами разнотравья.

Еще в конце пятидесятых годов у научных сотрудников Кандалакшского заповедника возникла мысль, что участки мелкозлаково-разнотравных лугов имеют антропогенное происхождение и появились

под влиянием сенокосения. Мощные зонтичные не устояли под косой и уступили место другим растениям. Для проверки предположения в 1971 г. в крупнотравных лугах заложили несколько опытных площадок, на которых растительность ежегодно скашивалась в фазе цветения. В 1978 г. автор провел вторичное обследование площадок. Наблюдения показали, что на всех площадках происходит процесс обогащения травяного покрова злаками и луговыми травами как в количественном, так и в качественном отношении. При этом уменьшилось число тенелюбивых растений — лесной звездчатки, адоксы. Это подтверждает, что первичной луговой растительностью на островах являются крупнотравные луга. Стало понятно название «Айновы», что в переводе с финского означает «сенные» острова. Изменения в составе лугов произошли в результате длительного сенокосения.

Природа стремится восстанавливать до первоначального состояния измененную вмешательством человека растительность. Рано или поздно зарастают вырубки, гари, заброшенные сенокосы. Этот процесс восстановления наблюдается и на заповедных Айновых островах. Злаково-разнотравные луга медленно замещаются аборигенными крупнотравными сообществами.

Жидкокристаллическое состояние и метаболизм

Н. В. Усольцева, В. А. Усольцева,



Надежда Васильевна Усольцева, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник проблемной лаборатории жидких кристаллов Ивановского государственного университета. Специалист в области исследования биологических и модельных жидкокристаллических систем.



Валентина Алексеевна Усольцева, доктор химических наук, профессор Ивановского текстильного института им. М. В. Фрунзе. Автор работ по физико-химическим и биохимическим аспектам жидкокристаллического состояния веществ.

Открытие жидкокристаллического состояния важнейших биологических структур — хлоропластов, биологических мембран, миелиновой оболочки нервов и пр.— поставило вопрос о роли этого фазового состояния в осуществлении процессов метаболизма.

Напомним, что структура жидкого кристалла по степени молекулярной упорядоченности занимает промежуточное положение между строгой трехмерной упорядоченностью молекул в твердом кристалле и хаотичной — в аморфной жидкости. Это фазовое состояние (так называемая мезофаза), обладает уникальным сочетанием свойств, весьма характер-

ным для структурных элементов живых организмов.

Жидкие кристаллы, образующиеся в процессе плавления твердого вещества, называются термотропными, а жидкие кристаллы, образующиеся в процессе растворения, — лиотропными.

Ферментативный катализ, гидролиз, ассоциации и т. д. в экспериментальных условиях обычно воспроизводятся в изотропных средах водных растворов, что чаще всего не соответствует гетерогенным условиям клеточных структур. Можно предположить, что в условиях целостного организма жидкокристаллическое состояние среды оказывает многообразное влияние на протекание всех этих процессов. Следовательно, изучение метаболизма на

современном этапе требует наиболее адекватных моделей, позволяющих воспроизводить поведение биологически важных веществ в искусственных системах, наиболее приближенных по своему составу и фазовому состоянию к условиям клетки. Именно такими системами могут стать лиотропные жидкокристаллические фазы.

Число типов биоорганических соединений с термотропным жидкокристаллическим состоянием сравнительно невелико. Это, главным образом, стериды, фосфатиды, цереброзиды, а также некоторые жирные кислоты и их производные. Водные системы нуклеиновых кислот, белков, полипептидов, растворимых мыл, а также такие системы, как холестерин — глицерин, холестерин — вода — соль жирной кислоты, холестерин — эфиры холестерина — фосфатиды и многие другие представляют собой лиотропные системы. Количество биологических лиотропных жидкокристаллических систем практически беспрельдно.

Поскольку свойства биологических структур определяются свойствами образующих их соединений, прежде всего рассмотрим биоорганические соединения и химические системы, обладающие жидкокристаллическим состоянием. Для биоорганических соединений, находящихся в жидкокристаллическом состоянии, характерны те же свойства, что и для прочих жидких кристаллов: термический эффект мезофазы, определенные рентгенографические и поляризационно-микроскопические аномальные изменения свойств в точке перехода жидкий кристалл — жидкость, кооперативность структурных изменений под влиянием различных воздействий и т. д.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕМБРАНЫ КАК ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Жидкокристаллическое состояние биологических структур в основном связано с липидными компонентами, которые составляют основу всех биологических мембран. Как известно, каждая биологическая мембрана состоит из двойного липидного слоя, в который встроены белковые молекулы. К числу мембранных липидов, например, относятся: холестерин, дифосфатидилглицерин, фосфатидилинозитол, фосфатидилсерин, фосфатидилэтаноламин, фосфатидилхолин, сфингомиелин и некоторые другие. Обычно структура таких липидов отчетливо подразделя-

ется на гидрофильную (полярную) часть, называемую головкой, и длинную гидрофобную (неполярную) часть. У глицеролипидов, например, неполярная часть включает глицерин, первичная и вторичная спиртовые группы которого замещены ацильной или простой эфирной группами, соединенными с длинными углеводородными цепями. Таким образом, неполярная и полярная части глицеролипидов связаны остатком глицерина. Полярная их часть включает остаток фосфорной кислоты, соединенный фосфоэфирной связью со

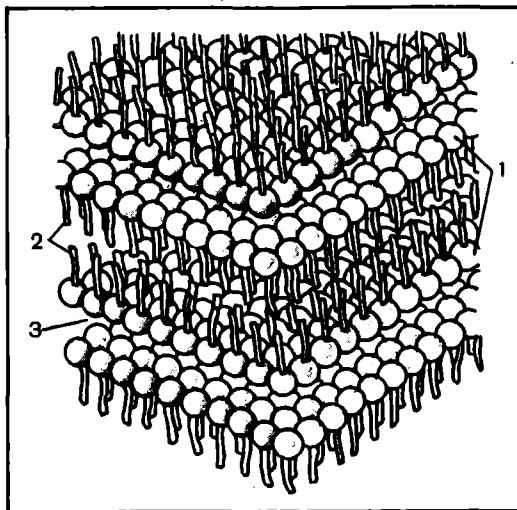


Схема ламинарной жидкокристаллической фазы. 1 — гидрофильная (полярная) зона амфифильной молекулы, 2 — гидрофобная часть молекулы, образуемая обычно длинными углеводородными цепями, 3 — водная среда.

вторым первичным гидроксильным остатком глицерина.

Липиды располагаются в мембранах асимметрично. Наружная половина мембран богаче холестерином, сфингомиелином, фосфатидилхолином, гликопротеидами. Во внутренней половине мембран содержится больше фосфатидилэтаноламина, фосфатидилсерина и некоторых других липидов.

Белковые молекулы размещаются в мембране также асимметрично. Они могут внедряться в липидную структуру (амфифильные белки) и прикрепляться к погруженным в липидную структуру белкам (периферические белки).

Пространственный характер белково-липидных соотношений зависит от биологической роли того или иного белка

мембраны. Например, рецепторы гормонов, компоненты транспортных систем, многие ферменты располагаются на наружной стороне клеточных мембран; аденилатциклаза размещается, по-видимому, на внутренней их стороне; Na^+ , K^+ — зависимая АТФаза пронизывает мембрану насквозь. Иначе говоря, белковые молекулы в липидной структуре мембран размещаются в соответствии с обменом веществ. В частности, поэтому ферменты, участвующие в процессах, протекающих по обе

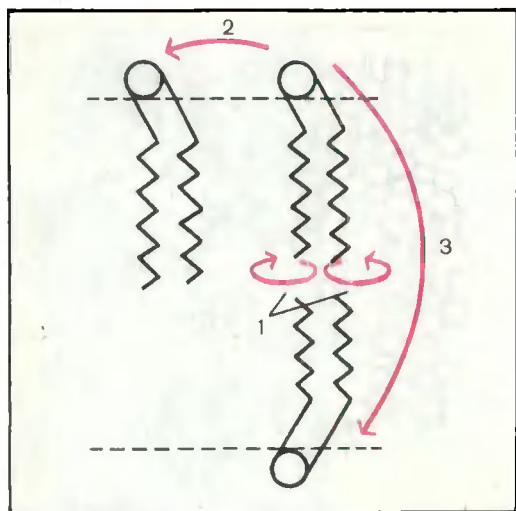


Схема движения липидных молекул в бислое. Липидные компоненты в мембране обладают типами движения: 1 — углеводородные цепи молекул липида могут совершать поворот на $\pm 120^\circ$ вокруг двух С—С связей, разделенных С—С связью; такая петля быстро диффундирует вдоль СН₂-цепи, что приводит к высокой текучести в гидрофобной области мембран; 2 — молекула липида в целом перемещается вдоль плоскости слоя, осуществляя латеральную миграцию (сдвиг), при этом головка остается в своей гидрофильной зоне бислоя; 3 — перескок (флип-флоп) — движение, при котором полярная часть молекулы из одной гидрофильной зоны бислоя перемещается в противоположную.

стороны мембраны, характеризуются сквозным размещением.

Многообразно и взаимное расположение белковых молекул, характеризующееся, в принципе, тремя вариантами: образованием строго упорядоченных характерных сочетаний; равномерным распределением молекул; плотной упаковкой белковых агрегатов. Первый тип характерен для цепей мультиферментных метаболических процессов, второй — для неспециализированных мембран, третий —

для строго специализированных мембран, например мембран фоторецепторов. Разумеется, выделение этих типов предусматривает дальнейшее подразделение, поскольку особенности метаболических функций каждой мембраны обеспечиваются индивидуальными особенностями строения. В настоящее время для более глубокого подразделения еще нет экспериментальных данных.

Функции мембран неразрывно связаны с их жидкокристаллическим состоянием. Установлено, что фазовое состояние липидов влияет на активность мембранных ферментов. Температуры перехода липидов из изотропно-жидкого состояния в жидкокристаллическое совпадают с точками перегиба на кривых Аррениуса для активности ряда ферментов. По-видимому, вязкость мембранных липидов обеспечивает определенное структурно-функциональное состояние субъединиц фермента.

Кроме физико-химических свойств липидов, на активность фермента влияют также их аллостерические свойства, т. е. возможность конформационных изменений ферментов путем взаимодействия липидов с их аллостерическими центрами.

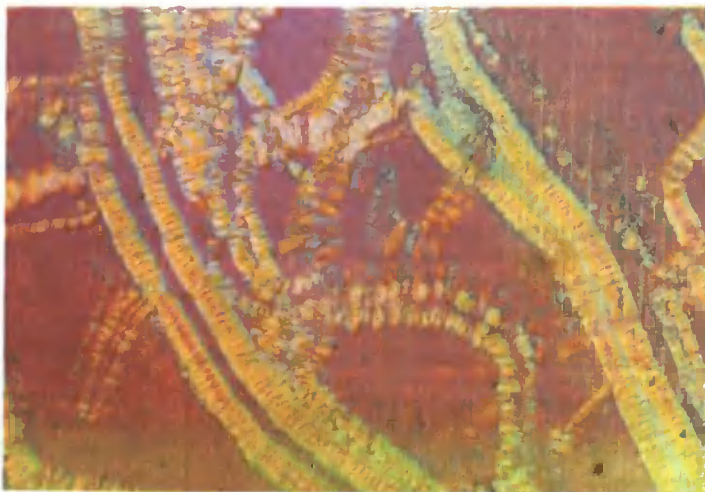
Изучение липид-белковых взаимодействий в мембранах показало, что в роли активаторов, трансформаторов и ингибиторов ферментов могут выступать не сами липиды, а их перекиси. Установлено, что ненасыщенные липиды, и в частности полиненасыщенные жирнокислотные остатки фосфолипидов, восприимчивы к окислению молекулярным кислородом. Такое окисление, называемое перекисным, характерно для различных внутриклеточных мембранных образований: эндоплазматического ретикулума, ядер, митохондрий, лизосом.

Предполагают, что перекисное окисление затрагивает только ненасыщенные цепи, делающие мембрану более жидкой. Ненасыщенные цепи при этом превращаются в насыщенные. Жидкокристаллический характер липидного бислоя при этом изменяется, что приводит, в частности, к изменению свойств ферментов, связанных с мембраной. Любое воздействие, вызывающее разрыхление структуры мембраны, усиливает перекисное окисление липидов, что, по-видимому, связано с активацией эндогенных ферментов.

В характеристике неоднородности липидов мембран наибольший интерес представляет липидное микроокружение

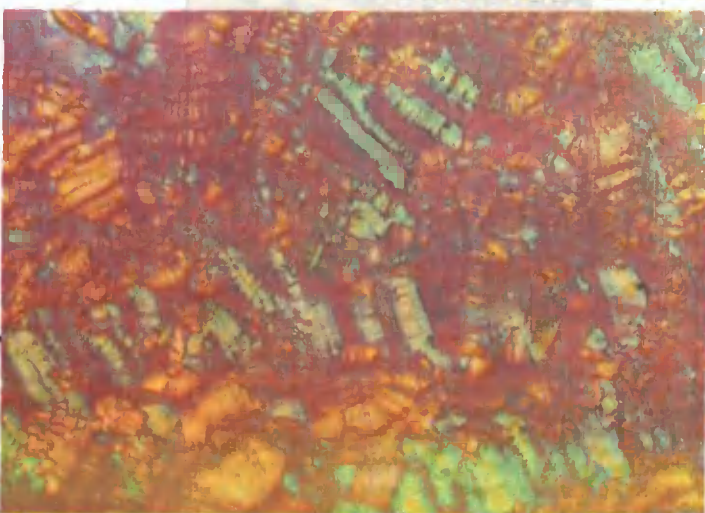
Микрофотографии анизотропных лиотропных жидкокристаллических фаз в системе яичный лецитин — вода, между скрещенными поляроидами (увел. в 200 раз).

Ламеллярная l_α -фаза лецитина. Образуется при комнатной температуре, если содержание воды в системе лецитин — вода составляет 16–20%. В поляризованном свете наблюдаются характерные так называемые миелиновые фигуры. Такая система, состоящая из бимолекулярных слоев биологического вещества в воде, может быть использована в качестве матрицы для изучения функционирования биологических молекул в гетерогенных средах, приближенных к условиям клетки.



При уменьшении водного компонента в системе лецитин — вода образуются новые жидкокристаллические фазы, характеризующиеся большей плотностью упаковки.

Аналогичные переходы жидкий кристалл — гель обнаружены различными методами в функционирующих биологических мембранах и в липосомах.



Жидкокристаллическая структура миелиновой оболочки нерва лягушки отчетливо прослеживается в поляризованном свете. Ориентированные в процессе приготовления лиотропные жидкокристаллические фазы лецитина могут давать подобную картину.



белковых молекул. Установлено, что функция таких липидов состоит в обеспечении оптимальных для работы данного белка условий. Температура фазового перехода этих липидов отвечает, например, температуре, при которой происходит изменение энергии активации данной ферментативной реакции.

ПРИНЦИП РАБОТЫ ФЕРМЕНТОВ

Каждый фермент обладает вполне определенным в химическом отношении

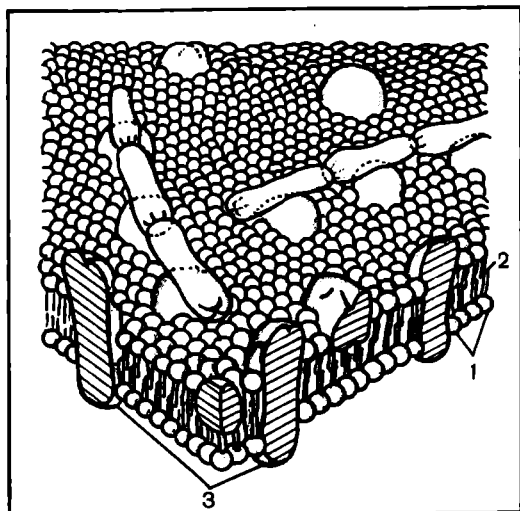


Схема строения биомембраны.

1 — гидрофильные части липидных молекул, 2 — гидрофобная зона биомембраны, 3 — молекулы белка.

активным центром, необходимым для целенаправленного взаимодействия с субстратом, а также определенной конформацией, обеспечивающей оптимальную работу активного центра.

Каталитическая активность ферментов проявляется путем ориентирования и многоточечного связывания субстрата с активным центром фермента. В результате образования фермент-субстратного комплекса меняется пространственная структура субстрата, что переводит его в наиболее реакционноспособную форму. Образование фермент-субстратного комплекса — это целый каскад геометрических и энергетических изменений, направленных или на повышение исходной энергии системы, или на понижение энергии активации.

Геометрические перестройки характерны и для взаимоотношений небелковой

и белковой частей фермента (так называемых кофермента и апофермента). Например, для апоферментов аминотрансфераз и их кофермента пиридоксальфосфата, за счет таких перестроек субстрат (аминокислота) и кофермент (пиридоксальфосфат) ориентируются друг относительно друга, и, кроме того, аминокислота принимает наиболее активную (ионную) форму.

При неясности многих аспектов работы ферментов очевидно следующее: фермент, обладающий общей четкой упорядоченностью структуры, характеризующейся высокой подвижностью и реакционной способностью отдельных группировок. Это позволяет выдвинуть предположение, что структуру и функцию ферментов можно рассматривать с позиций жидкокристаллического состояния. Такое предположение обосновано, во-первых, тем, что для водных систем белков и полипептидов (например, фермента трипсина) жидкокристаллическое состояние зафиксировано физическими методами. Во-вторых, с помощью определенных приемов фермент можно получить в твердом кристаллическом состоянии только *in vitro*. Очевидно *in vivo* твердые кристаллические белки не могут существовать, поскольку их функциональные группы не обладают необходимой подвижностью.

Каталитическая активность ферментов в различной мере зависит от характера их связей с биологическими структурами. Некоторые ферменты полностью утрачивают активность, например, при нарушении структуры мембран, с которыми они связаны, другие же ферменты сохраняют свою активность при выделении в виде индивидуального белка. В этом, очевидно, сказывается та роль, которую оказывают липидные компоненты мембран на геометрические и энергетические перестройки ферментных структур.

Особенно велико значение ассоциации ферментов с мембранами, когда ферменты катализируют цепи реакций, в которых продукт одного звена реакции служит субстратом для другого. К таким мультиферментным системам относятся системы транспорта электронов, системы биосинтеза ряда липидов (фосфолипидов, холестерина, глицеридов) и др. В этих случаях четкость фиксации компонентов мультиферментной системы в мембранах важна во многих отношениях: для соблюдения последовательности компонентов системы, для создания среды, обеспечивающей согласованное их действие при

различных условиях, для четкого взаимодействия компонентов системы с необходимыми низкомолекулярными веществами и т. д. К числу таких низкомолекулярных веществ относятся коферменты, молекулы которых содержат как реакционный центр, так и гидрофобный участок, фиксирующий их на поверхности мембраны. В связи с этим ферменты, связанные с мембранами, можно рассматривать как единые жидкокристаллические системы, обладающие биокаталитическими функциями. При этом липидная часть мембраны участвует в регуляции активности ферментов.

Особо необходимо остановиться на взаимоотношениях ферментов, связанных с мембранами, и так называемых вторых посредников. Установлено, что ряд гормонов (именуемых иногда первыми посредниками) проявляют свое регулирующее влияние на метаболизм путем изменения активности вторых посредников, к числу которых относится циклический аденозинмонофосфат (цАМФ) или 3'5'-АМФ. Это соединение образуется из АТФ при участии аденилатциклазы и цАМФ-фосфодиэстеразы. Циклический аденозинмонофосфат, как и другие вторые посредники, связан с белком-рецептором мембран. Гормоны, воздействуя на состояние мембранных структур, а значит и связанных с ними ферментов, активируют или подавляют активность аденилатциклазы. Таким образом, гормоны, находящиеся под контролем центральной нервной системы, обеспечивают межклеточную связь, которая за счет жидкокристаллического строения биологических структур носит характер кооперативного изменения свойств.

ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ В МЕТАБОЛИЧЕСКОМ ТРАНСПОРТЕ

Роль жидкокристаллического состояния в метаболическом транспорте характеризуется, в первую очередь, транспортными функциями биологических мембран, крови и желчи. С позиций практической медицины, интересна транспортная функция липосом.

Мембраны выполняют различные транспортные функции, без которых невозможен метаболизм, а следовательно и жизнь. Вещества проходят через мембраны без участия переносчиков (пассивный транспорт) и при участии переносчиков (активный транспорт). Пассивный транспорт обеспечивается трансмембранным градиентом концентраций (электрохимическим потенциалом), связан с преодолением энергетического барьера и обусловлен

специфической конфигурацией некоторых компонентов мембран, облегчающих, в частности, дегидратацию ионов и молекул, необходимую для прохождения молекул и ионов через липидный слой мембраны. Особое место при этом занимает перемещение молекул через углеводородную часть мембраны, которая выполняет контролирующую роль.

Транспорт веществ при участии переносчиков характеризуется высокой специфичностью, процессами насыщения, ингибирования, обменной диффузии, а также затратами метаболической энергии. В активном транспорте важную роль играют градиенты различных соединений, в частности ионов. Так, активный транспорт часто бывает связан с так называемым натриевым насосом, поддерживающим клетки в состоянии возбудимости. Отношение градиентов Na^+ и K^+ при этом равно 15:1. Некоторые процессы активного транспорта непосредственно сопряжены с использованием химической энергии за счет гидролиза АТФ или окисления субстратов.

Как активный, так и пассивный транспорт обеспечиваются за счет химических структур и жидкокристаллического состояния биологических структур, в первую очередь биологических мембран. Так, с помощью мембраноактивных комплексов как моделей некоторых молекулярных структур мембран была показана роль этих структур в трансмембранном переносе. С очевидностью доказана роль мембранных молекул-переносчиков в обменной диффузии (быстром трансмембранном обмене молекул одного и того же вещества) и противотранспорте — переносе веществ через мембрану в противоположных направлениях при участии одного переносчика. Возможность регуляции процессов трансмембранного переноса является одним из следствий жидкокристаллического состояния мембран.

Энергетические процессы в наибольшей мере связаны с мембранами митохондрий, в которых в строгой геометрической взаимосвязи располагаются мультиферментные системы цикла трикарбоновых кислот, цепей дыхательных ферментов и окислительного фосфорилирования. Энергия запасается либо в виде центрального агента энергетического обмена — АТФ, либо в виде промежуточных продуктов окислительного фосфорилирования — фосфатов. Она может и непосредственно черпаться для транспортных целей из окислительных процессов в виде, например, трансмембранной разности потенциалов.

транспортных целей из окислительных процессов в виде, например, трансмембранной разности потенциалов.

Сложно построенные мембраны митохондрий не только исключительно чувствительны к различным влияниям внешней среды, но и неизменно отзываются на возникновение патологических состояний. При этом наряду с компенсаторными их изменениями часто возникают структурно-функциональные изменения патологического характера.

Что касается транспортных свойств крови, то известно, что многие нерастворимые в воде вещества, в частности липиды, переносятся в виде различных комплексов, например гликопротеидов. К их числу относятся и хиломикроны — самые крупные частицы плазменных липопротеидов, обладающие жидкокристаллическим состоянием. Холестерин и его эфиры транспортируются в кровотоке также в виде жидкокристаллических агрегатов. Показано, что сдвиг соотношений между эфирами холестерина, холестерином и некоторыми другими липидами в этом комплексе приводит к резкому нарастанию вязкости крови и, следовательно, к нарушению гемодинамики. При этом создаются условия для кристаллизации холестерина на мембранах сосудистых клеток. На этом основана одна из теорий возникновения атеросклероза.

При некоторых заболеваниях жидкие кристаллы обнаруживаются в моче. Кристаллизация холестерина в мозговой ткани является причиной распада миелина и возникновения некоторых заболеваний центральной нервной системы. В процессе перехода систем, содержащих холестерин и его эфиры, из жидкокристаллического состояния в твердокристаллическое (в сосудистом русле или мозговой ткани) важную роль может играть выход углеводородных (алифатических) цепей липидных молекул за пределы плоскости молекул. Установлено, что длинные липидные молекулы укладываются в слои таким образом, чтобы облегчить их движение (вращательное движение, латеральная миграция, феномен флип-флоп). Алифатические группы, вышедшие на поверхность мембраны, становятся центрами кристаллизации холестерина. В мезофазном состоянии находится и система, образуемая компонентами желчи — холестерином, желчными кислотами, лецитином. За счет удлинения времени пребывания желчи в желчном пузыре и некоторых других факторов происходит дестабилизация жидкокристал-

лической системы. Возникают твердые кристаллы, приводящие к образованию желчных камней.

Интересной моделью транспортной биологической роли липидов могут служить липосомы, используемые в качестве переносчиков различных лекарств. На ряде примеров показано, что как сами липосомы, так и образующие ими в организме комплексы (в частности, с компонентами сыворотки крови) обладают жидкокристаллическим состоянием. Установлено, что липосомы с лекарством легко проникают в клетки. В настоящее время проводятся исследования по избирательному введению лекарств с помощью липосом в различные ткани путем изменения их состава, способа их введения в организм и встраивания в них иммуноглобулинов, а также введению хромосом с помощью липосом.

Не ставя перед собою цель рассмотреть достаточно полно все основные аспекты метаболической роли жидкокристаллического состояния, на основании приведенного материала мы считаем возможным утверждать, что жидкокристаллическое состояние является обязательным структурно-функциональным фактором биологического обмена веществ. Жидкокристаллические структуры, в которых сочетается закономерность пространственного размещения молекул с определенной геометрической подвижностью и химической активностью структурных компонентов, необходимы для участия в метаболических процессах и их регуляции.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Жен П., де. ФИЗИКА ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ. М., 1977.

Чистяков И. Г., Селезнев С. А. БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЛИОТРОПНЫХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ. — «Природа», 1977, № 9.

Усольцева В. А., Чистяков И. Г. ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ. — «Успехи химии», 1963, т. 32, № 9

Чистяков И. Г., Усольцева В. А. ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ И ИХ РОЛЬ В МЕДИЦИНЕ И БИОЛОГИИ. Иваново, 1962.

Чистяков И. Г. ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ. М., 1966.

Усольцева Н. В., Усольцева В. А. ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ БИОСТРУКТУР, КАК НЕОБХОДИМЫЙ ФАКТОР МЕТАБОЛИЗМА. ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ. — В кн.: Межвузовский сб. научных трудов. Иваново, 1978.

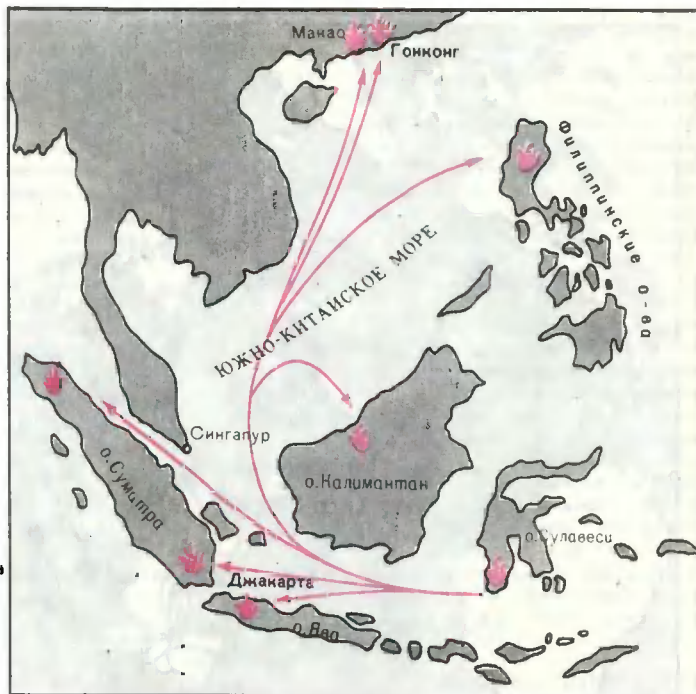
География пандемии холеры Эль Тор

Е. Я. Поршин

В. К. Ульянов,
кандидат медицинских наук
Астраханский филиал Центрального
научно-исследовательского
института эпидемиологии Мини-
стерства здравоохранения СССР

История цивилизации хорошо помнит о шести опустошительных пандемиях азиатской холеры (1817—1926), пришедших из Индии и унесших миллионы человеческих жизней во многих странах Азии, Европы и Африки. Справившись с последствиями шестой пандемии к середине 30-х годов нынешнего столетия и «загнав» инфекцию в ее исконные очаги, человечество сделало несколько преждевременное заключение об окончательном решении проблемы. В широких кругах сложилось впечатление, что возросшее благосостояние населения, высокая санитарная культура, широкое коммунальное строительство якобы должны стать непреодолимым барьером для холеры даже в случае ухудшения эпидемической ситуации на отдельных территориях¹. Однако в 1961 г. холера, приняв иное обличье (биотип Эль Тор), вновь начала свое поступательное движение по земному шару, которое продолжается и до наших дней.

«Колыбелью» седьмой пандемии холеры стал индонезийский остров Сулавеси (Целебес). Здесь еще в 1937 г.



Распространение холеры Эль Тор в 1961 г. на островах Малайского архипелага и ее проникновение на Евразийский континент.

среди местного населения была зарегистрирована болезнь, сначала названная «парахолерой», хотя по клиническим симптомам она мало чем отличалась от азиатской холеры. В последующие годы, вплоть до 1961, на островах неоднократно возникали небольшие вспышки «парахолеры».

Поначалу инфекция не вызывала большой тревоги, пока в 1961 г. она не была за-

везена на ближайшие острова Малайского архипелага — Яву, Суматру, Калимантан, на Филиппины, а также на евроазиатский континент — в Гонконг и Макао. Вслед за проникновением инфекции на большинство этих территорий в 1961 г. среди местного населения были отмечены крупные вспышки. Так, на Филиппинах эпидемия охватила 8 городов и 37 провинций; органы здравоохранения страны сообщили о заболевании около 10 тыс. человек, из которых 1228 погибли. Первые больные поступили из районов, прилегающих к побережью, и вспышка носила «взрывной» характер, т. е. число заболеваний быстро нарастало. В том же 1961 г. было созвано экстренное совещание экспертов Все-

¹Жуков - Вережников Н. Н., Ковалев Е. П. Актуальные вопросы теории и практики противохолерных мероприятий. Киев, 1971.

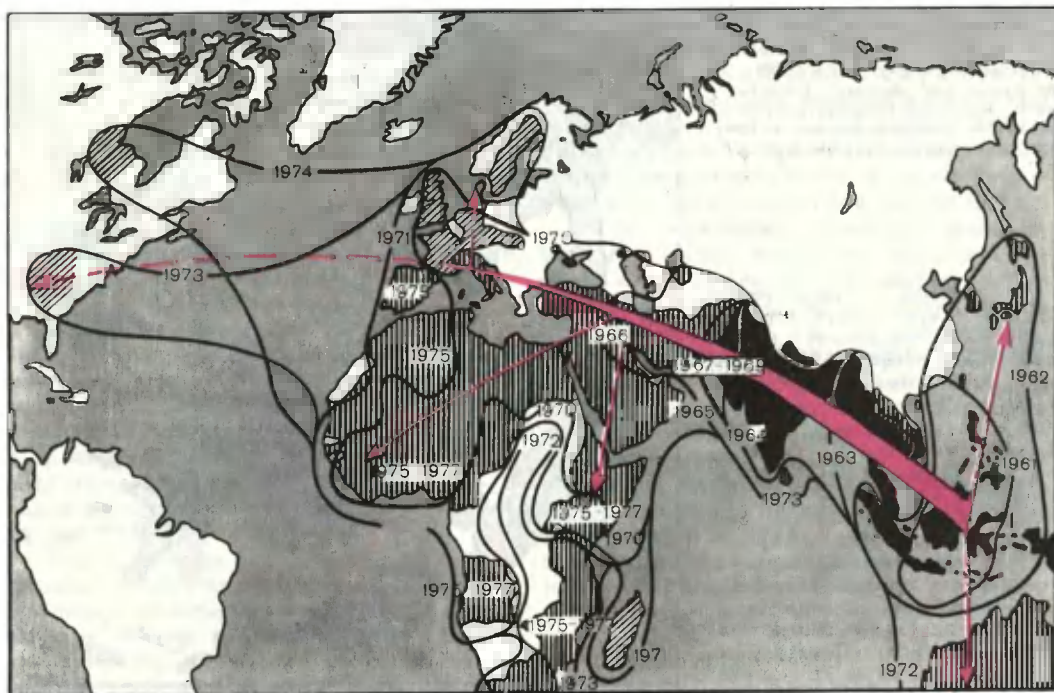
мирной организации здравоохранения (ВОЗ), на котором на основании анализа накопленных данных по лабораторной, клинической и эпидемиологической диагностике болезни было принято решение именовать ее холерой Эль Тор и рекомендовано отнести болезнь к карантинным особо опасным инфекциям.

Однако уже тогда воз-

проходят важнейшие морские магистрали.

В 1962—1964 гг. холера Эль Тор продолжала распространяться, ею были охвачены близлежащие островные и континентальные территории — Новая Гвинея, Бирма, Таиланд, Камбоджа (Кампучия), а также Южная Корея, Япония и о-в Тайвань. Возникновению эпидемии в Таиланде способствова-

продвигалась в северо-западном направлении, захватив большие районы Западного Пакистана, Ирана, Афганистана, проникла в Среднюю Азию — Каракалпакию и Хорезмскую область². На границе с Европой «шестая» холера было приостановлено на довольно продолжительный срок — вплоть до 1970 г. Однако эпидемиологический потенциал в



Многолетняя динамика пандемии холеры Эль Тор; основные направления ее распространения и структура ареала.

- гиперэндемичные районы
- гипозендемичные районы
- районы, куда инфекцию завозили, но где вспышек болезни не наблюдалось

никла реальная угроза дальнейшего распространения холеры Эль Тор на сопряженные и отдаленные территории, так как в данном районе расположены крупнейшие порты (Сингапур, Джакарта, Гонконг) и

ли сильные дожди, затопившие колодцы и обусловившие их фекальное загрязнение. В Камбоджу из Таиланда холера была завезена по железной дороге, в то время как в Бирму морским путем. Как показало расследование, члены экипажа одного судна, прибывшего в страну с островов Малайзии, были больными. Первые случаи холеры в Южной Корее появились в портовом городе Пусане, а затем эпидемия распространилась среди рыбаков восточного побережья и только позже была занесена паломниками в столицу — Сеул.

В 1965 г. вспыхнула новая мощная волна пандемии, когда инфекция со стороны Индостанского субконтинента

неблагополучных странах Ближнего Востока и Юго-Восточной Азии за этот промежуток времени продолжал нарастать, о чем свидетельствовали крупные подъемы заболеваемости. Так, на Филиппинах в 1966 г. было зарегистрировано 7116 больных, в Южном Вьетнаме — 8353, в Индии в 1967 г. было выявлено 11 486, а в Пакистане в 1969 г. — 7815 случаев холеры Эль Тор.

В 1970 г. холера преодолевает «континентальный барьер», распространяясь в двух различных направлениях. В результате движения на северо-запад вспышки инфекции про-

² Бургасов П. Н. Холера Эль Тор. М., 1971.

исходят в нашей стране — в Астраханской области, Керчи и Одессе, а единичные случаи отмечаются во Франции, Англии и Чехословакии. На юго-запад, в Африку (кстати, здесь ее не было около 100 лет), холера могла попасть тремя путями — либо из Саудовской Аравии на территорию Сомали и Эфиопии, либо из других стран Ближнего Востока в Египет, Тунис и Ливию, либо посредством водного и авиационного транспорта в государства Западной Африки.

Если в северной и восточной частях Африки эпидемии были не очень больших размеров, то в странах, расположенных на берегах Гвинейского залива (Гана, Нигерия, Того, Либерия и др.), болезнь свирепствовала в полную силу. По р. Нигер инфекция в течение нескольких месяцев распространилась в глубь континента, охватила жителей Мали, Верхней Волты, Нигера и др. Некоторые исследователи полагают, что в странах Западной Африки в 1970 г. заболело не менее 150 тыс. человек, а погибло — около 20 тыс.

Своего предела ареал холеры Эль Тор достиг к 1974 г. К этому времени эпидемии и отдельные случаи регистрируются в 43 странах мира, расположенных почти на всех континентах³. В последующие годы (1975—1977) обстановка несколько стабилизировалась и число стран, жители которых заболевали холерой, уменьшилось до 30—36, но опасность возникновения новых вспышек продолжает сохраняться и сейчас.

Многолетняя динамика заболеваемости холерой Эль Тор в мире выявила интересный и парадоксальный факт. Степень миграционных связей (скорость и интенсивность) за последние десятилетия после шестой пандемии азиатской холеры возросла в сотни раз за счет авиалайнеров, супербыстроходных морских судов и

железнодорожных экспрессов, доставляющих пассажиров со всех и во все районы мира в течение нескольких часов или суток. Казалось бы, что эпидемическая вспышка такой довольно контагиозной болезни, как холера, возникшая однажды в густонаселенном районе мира, должна была распространиться со скоростью реактивного лайнера. Однако этого не произошло. Несмотря на интенсивные миграционные процессы, пандемия холеры Эль Тор «пошла» проточной азиатской холерой дорогой — из юго-восточного региона Азии на северо-запад. Постепенно, за несколько лет, набрав силу в Индонезии, инфекция сравнительно медленно начала распространяться на прилегающих к Сулавеси островах, а затем уже перешла и на евроазиатский континент. Для распространения холеры Эль Тор, как и прежде для азиатской холеры, понадобились многие годы. Только за пять лет холера сумела дойти до Афганистана, Ирана и Средней Азии, за десять лет до европейской части СССР, стран Западной Европы и Африки. Надо думать, что поиск причин столь странного явления — дело будущего и однозначный ответ будет получить нелегко.

Интересно, что пандемия перемещалась с одной территории на другую только с накоплением определенного потенциала в первой. В частности, на о-ве Сулавеси эпидемическое напряжение росло в течение 24 лет и только потом процесс охватил другие близлежащие территории. Аналогичная ситуация неоднократно возникала и в дальнейшем, правда, продолжительность наращивания потенциала была не столь длительной — 1—3 года.

Территориальное распределение холеры Эль Тор в мире было отнюдь не равномерным. По прошествии 17 лет с начала пандемии можно условно оценить структуру ареала этой инфекции, базируясь на совокупности таких признаков, как уровень заболеваемости и носительства среди населения; длительность пребывания инфекции на той или иной территории и ее укоренение;

наличие, отсутствие или ограниченность предпосылок к ее распространению: состояние санитарного благоустройства, водоснабжения, канализационной системы, степень внутренних миграционных связей и пр.

В число наиболее эндемичных для холеры районов мира можно включить острова Малайского архипелага и многие страны Юго-Восточной Азии, где уже в начальной фазе пандемии развились вспышки инфекции, произошло ее длительное (10—17 лет) укоренение и, судя по данным литературы, сохранялись все (или почти все) санитарно-гигиенические условия для распространения болезни. Сюда мы, прежде всего, отнесли Индонезию, Малайзию, Филиппины, Бруней, а также Индию, Бангладеш, Бирму, Камбоджу и др.

В другую группу территорий (гипоэндемичные районы), где вслед за завозом инфекции вспышки холеры возникли, но были сравнительно непродолжительными (1—5 лет), вошли многие страны Африки — Гана, Либерия, Нигерия, Мали, Нигер и др., Ближнего и Дальнего Востока — Ирак, Сирия, Иордания, Южная Корея, о-в Тайвань, а также отдельные государства Западной и Восточной Европы — Италия, Португалия, Испания, СССР.

В третью группу территорий можно отнести страны, в которые инфекция попадала, но вспышек болезни среди местных жителей не произошло. Это Франция, Великобритания, Голландия, Швеция, ФРГ, США, ЧССР, Канада и др.

Остальная территория земного шара до 1977 г. включительно была полностью свободной от холеры Эль Тор.

В заключение надо сказать, что в территориальном аспекте холера Эль Тор, по существу, не отличалась от классической азиатской холеры. Так же, как и в случае азиатской холеры, преобладал водный тип эпидемии и вспышки заболевания происходили в руслах и дельтах различных рек мира — Иравади, Меконга, Брахмапутры, Ганга, Инда, Нигера, Сенегала, Амударьи, Волги и других.

³ Павлов А. В., Алексеев В. В., Доброштан Е. В. Основы борьбы с холерой. Киев, 1976.

Юбилей старейшины научных обществ России

А. Л. Яншин

Редколлегия «Природы» присоединяет свой голос к многочисленным поздравлениям Московскому обществу испытателей природы (МОИП) в связи с его славным 175-летием.

МОИП — старейшее отечественное научное общество. Его создание было вызвано общественно-экономическими условиями, сложившимися в России в начале XIX в., которые настоятельно требовали развития науки, и в первую очередь естествознания. Раньше всех необходимость организации Общества была осознана профессорами Московского университета, ставшими инициаторами этого мероприятия. Первое научное собрание Общества состоялось 18 сентября 1805 г.

В истории отечественного естествознания Общество занимает совершенно особое место. В его деятельности принимали активнейшее участие выдающиеся естествоиспытатели — создатели крупных прогрессивных научных школ, в формировании которых многолюдные научные собрания Общества и его научные издания сыграли важную роль.

Глубоко справедливы слова бывшего президента МОИП Н. Д. Зелинского, сказанные 40 лет назад: «Общество объединяло лучшие научные силы во всех областях естествознания... В Обществе ярко и полезно проходила научная и творческая общественная работа при живом общении научных сил Москвы».

В настоящее время МОИП — широкая, представительная и авторитетная научно-общественная организация, насчитывающая несколько тысяч членов. Многие из авторов и читателей «Природы» вели и ведут в нем активную работу.

Мы желаем Обществу дальнейших успехов в его чрезвычайно важной работе по обмену научными мыслями, привлечению внимания к фундаментальным проблемам естествознания, распространению прогрессивных идей в науке и передовых методов научного поиска, способствующих решению больших задач, стоящих перед нашей страной в областях ее хозяйственного, научного и культурного развития.



Александр Леонидович Яншин, академик, заместитель директора Института геологии и геофизики Сибирского отделения АН СССР, заведующий лабораторией региональной тектоники Геологического института АН СССР. Автор фундаментальных работ по геологии молодых платформ. Главный редактор и автор тектонической карты Евразии. Президент Московского общества испытателей природы с 1968 г. Лауреат Государственных премий СССР. Неоднократно публиковался в «Природе».

Классическая колоннада старого здания Московского университета — символ науки, образования и общественной мысли нашей страны. Сменялись эпохи, проходили столетия, но деятельность Московского университета не прекращалась ни на день.

Он постоянно растет, крепнет, как дуб, распространяя семена знаний, идей, рождающихся в его стенах, по всей стране и далеко за ее пределы.

Немногом моложе, на две четверти века, существующее при нем Москов-

ское общество испытателей природы. Трудно, невозможно разделить их судьбы. Образованное по инициативе известного зоолога, профессора Московского университета Г. И. Фишера фон Вальдгейма 25 июля 1805 г. Общество с первых шагов подхватило традиции передовых людей русской науки, заняв одно из ведущих мест в сплочении ученых, воспитании будущих научных кадров, разворачивании широкого круга научно-исследовательских работ. Главной задачей, которую Общество ставило перед собой, была генерация научных идей, развитие теоретических основ естественных наук и дальнейшее их использование для практики. Эти принципы и нашли отражение в «Уставе» Общества — обогащать сведения о естественной истории «обширной Российской империи» и связанных с ней науках «как то: ...химии, физики, сельской экономии», собирать «в географическом порядке всех естественных произведений Российского государства по части минералогии, ботаники, зоологии, земледелия и промышленности».

Все 175 лет своего существования Общество последовательно развивало идеи, заложенные при его основании. Трудно оценить его вклад в научное и культурное развитие нашей страны. В продолжении долгих десятилетий Общество служит школой кадров русской и советской науки.

Многие известные ученые учились, мужали, делали первые шаги на научном поприще в стенах МОИП. Вряд ли можно найти крупного ученого в области естественных наук, который бы своей деятельностью не был связан с ним. П. С. Паллас, К. Ф. Рулье, Н. А. Умов, Ф. Н. Крашенинников, П. П. Семенов-Тянь-Шанский, Ф. К. Лоренц, А. Э. Регель, Л. П. Сабанев, Н. А. Зарудный, Г. И. Фишер, Б. А. Федченко, А. М. Бутлеров, В. О. и А. О. Ковалевские, А. Н. и Н. Н. Бекетовы, И. П. Павлов, К. А. Тимирязев, Н. Е. Жуковский, А. П. Карпинский, Ю. М. Шокальский, Д. Н. Прянишников, В. Л. Комаров, С. А. Чаплыгин, А. Н. Бах, И. А. Каблуков, В. А. Обручев, А. Е. Ферсман, М. А. Мензбир, Д. П. Сырейщиков, Н. Д. Зелинский, А. П. и М. В. Павловы, П. П. Сушкин, Н. А. Северцов, В. И. Вернадский, П. К. Штернберг, В. Н. Сукачев, С. И. Огнев, Г. Е. Щуровский, Г. П. Деметев, Г. В. Никольский, Н. А. Гладков, В. А. Варсанюфьева и многие другие активно работали в Обществе за время его существования. Членами Общества были многие декабристы — М. Ф. Орлов, Н. А. Бестужев,



Эмблема Московского общества испытателей природы.

Н. М. Муравьев, Ф. Н. Глинка и др. К питомцам Общества относил себя А. И. Герцен.

С первых шагов своей деятельности Общество, благодаря работам своих членов, многочисленным почитателям, жившим в различных уголках России, отдельным меценатам, получало в свои фонды обширные коллекции приборов, сельскохозяйственных орудий, минералов, растений, животных. Однако основатель Общества Г. И. Фишер считал, что естественно-исторические коллекции должны быть достоянием широких масс, и все эти уникальные собрания передавались Московскому университету. Если наглядно изобразить все учреждения, основанием и развитием которых послужили коллекции или деятельность Общества, получится настоящее родословное древо: Зоологический музей МГУ, Музей антропологии, Гербарий ботанического факультета, Лаборатория И. П. Павлова, Никитский ботанический сад, Ботанический сад Ботанического института АН СССР, Минералогические коллекции МГУ и Геологического института и т. д.

Общество не замыкалось в своей деятельности, а служило и служит межведомственной научной трибуной, где на равных обсуждаются работы молодежи, только вступившей в науку, и маститых ученых, увенчанных высшим научным званием академика. Пять комнат в правом крыле старого здания Университета, где располагалось Общество с 1823 по 1937 г., были своеобразной общественной академией наук, к которой тянулись нити научного поиска из самых отдаленных уголков не только нашей страны, но всего земного шара.

В первые же десятилетия своего существования Общество на практике реализует свою программу естественноисторического изучения России. Его члены от-



Профессор Московского университета Григорий Иванович Фишер фон Вальдгейм [1771—1853]. Основатель Московского общества испытателей природы; зоолог и палеонтолог.

правляются в экспедиции на Алтай, Урал, Байкал, Кавказ, Камчатку, в Даурию, Астраханскую, Саратовскую губернии, Бухару, Подолию, Волынь, губернии, располагающиеся на юг от Москвы, Украину. Повсюду собираются зоологические, ботанические, этнографические, минералогические и другие коллекции. По инициативе Г. И. Фишера Общество приступает к коллективному комплексному изучению природы Московской губернии, работе, не потерявшей своего научного и практического значения и в наше время и продолжающейся и по сей день.

Постепенно география экспедиций членов Общества значительно расширяет свои границы. М. М. Геденштрем в 1829 г. проводит описание побережья океанов и островов от устья Лены до Колымы, о чем, в первую очередь, ставит в известность Общество. С Явы, Калимантана (Борнео), из Японии, Ирана, Малайи, Малой Азии члены Общества присылают и привозят экспонаты для коллекций. Известные путешественники, исследователи, просто

почитатели Общества шлют материалы своих сборов, описания путешествий, различных естественных явлений, наблюдения из Кашгари, р. Нигера, Великих Африканских озер, Японии, Калифорнии, Австралии, Бразилии, с Аляски, Явы, Борнео. Результаты исследований, проведенных во время многочисленных поездок, зачитываются в докладах на заседаниях Общества и публикуются в его изданиях. Невозможно назвать область современного естествознания, к которой не имела бы отношение деятельность МОИП. Минеральные ресурсы Олонецкой губернии, осмий, иридий, радий и палладий, описание минеральных и горячих источников Кавказа и других местностей России, ремень, тибетская медицина, вредные насекомые, химизм животных и растений, акклиматизация полезных растений — этот список лишь малая толика тем докладов, прочитанных в первые годы на его заседаниях.

Деятельность МОИП получает широкое признание в России и за рубежом, что хорошо показал в своем выступлении на 50-летию Общества известный профессор медицины МГУ И. Т. Глебов: «Едва ли есть одно ученое общество в целой Европе, которое бы не ценило и не уважало трудов Московского общества испытателей природы, столь полезных для науки, а потому не состояло бы с ним в непрерывных сношениях, с особенной готовностью делаясь и обмениваясь взаимно своими трудами и естественными произведениями страны».

Почетными членами Общества избираются известные ученые мира, труды и имена которых вошли в алмазный фонд мировой науки — В. Гете, А. Гумбольдт, Ж. Кювье, Ж.-Б. Ламарк, Я. Берцелиус, Ч. Лайель, Ч. Дарвин, А. Уоллес, К. Гексли, Э. Геккель, К. Бернар, Д. Вирхов, М. Фарадей, Э. Резерфорд, Ю. Либих, А. Декандоль, Г. Гельмгольц, Дж. Томсон и др.

В работе Общества активное участие принимает передовая интеллигенция России, в том числе такие писатели, как М. Н. Загоскин, А. И. Герцен, В. А. Жуковский, С. Т. Аксаков, А. Н. Островский, опубликовавший в одном из сборников Общества ботаническую работу о растениях Костромской губернии.

Быть избранным в действительные члены, а тем более почетные члены МОИП за великую честь почитали величайшие умы русской и иностранной науки. И. М. Сеченов писал по этому поводу: «Избрание это я всегда буду считать одной из самых почетных наград за мою посиль-



ную деятельность». Д. И. Менделеев писал совету Общества: «Избрав меня в число своих сочленов, [Общество] оказало мне такой почет, какого едва ли мне удастся заслужить в остальной моей деятельности». А. П. Карпинский: «Засвидетельствуйте мою глубочайшую признательность Обществу, справедливо считающемуся как русскими, так и иностранными естествоиспытателями одним из самых выдающихся научных учреждений».

Общество постоянно расширяло свои ряды, активно вовлекая в сферу научной деятельности молодежь. Рос круг научных интересов Общества. После разгрома в 1911 г. царской реакцией Московского университета для обеспечения работой ученых, исключенных из состава преподавателей университета, Общество создает собственную лабораторию для обработки своих коллекций и проведению экспериментальных исследований, просуществовавшую до 1937 г. Помимо этого было организовано несколько научных станций: Карадагская (в Крыму); две станции под Москвой — в Косино и на оз. Глубоком; Першинская, близ Курска. Исследования, проводившиеся на них, публиковались в специальных трудах.

Тематика заседаний Общества, исследования, проводившиеся под его эгидой, были всегда на переднем рубеже естествознания своего времени и запросов практики. Так, зарождением и в значительной мере развитием отечественная экология, зоогеография, систематика, флористика и фаунистика обязаны деятельности

Издания Московского общества испытателей природы.



Здание Университета, в котором с 1823 по 1937 г. располагалось Общество.

Фото Н. Н. Алексеева.



С л е в а — академик Михаил Александрович Мензбир [1855—1935], президент МОИП с 1915 по 1935 г.; в центре — академик Николай Дмитриевич Зелинский [1861—1933], президент МОИП с 1935 по 1953 г.; справа — академик Владимир Николаевич Сукачев [1880—1968], президент МОИП с 1955 по 1968 г.

Московского общества испытателей природы. В 1905 г. на заседании Общества поднимаются вопросы охраны природы страны. После Великой Октябрьской социалистической революции известный зоолог П. П. Сушкин выступает с докладом «О национальных парках Северной Америки и об охране природы». С тех пор вопросы охраны природы и правильного использования ее ресурсов занимают большое место в деятельности Общества. Практический вклад Общества в русскую науку послужил одним из оснований для разработки и реализации ленинского декрета «О работах Академии наук по изучению естественных богатств страны». Работа Общества нашла признание с первых шагов молодого Советского государства. Когда в 1919 г. его Президент профессор зоологии М. А. Мензбир через А. В. Луначарского обратился к В. И. Ленину, последовало распоряжение о предоставлении Обществу всех средств для дальнейшей его нормальной работы и принятия мер к расцвету его деятельности.

За годы Советской власти Общество постоянно шло в ногу с жизнью нашего государства. Начался новый этап в его деятельности по привлечению научной общественности страны к решению на добровольных началах важнейших проблем теоретического естествознания и использования его достижений в хозяйственной

практике. Резко возрастает активность членов Общества. Делаются многочисленные доклады и сообщения по различным группам и отраслям зоологии и ботаники. Ставятся вопросы о развитии промышленного звероводства, использовании различных видов животного сырья, изучении химических свойств растений, поисках отечественных заменителей хинина, о получении каучука, изучении технических свойств растений и т. д. и т. п. Геологи создают серии работ по общей и региональной геологии, палеонтологии, минералогии. Уделяется большое внимание изучению вод, графита, каменного угля, нефти и других полезных ископаемых, созданию водохранилищ. Физиологи, медики, антропологи проводят исследования по переливанию крови, гистологии животных, анатомии человека, витаминам, условным рефлексам, холере...

За последние 50 лет изменился сам стиль работы Общества. Советское государство создало мощную разветвленную сеть академических и ведомственных научно-исследовательских учреждений, на работу которых отпускается огромные ассигнования. Поэтому отпала необходимость организации экспедиций и проведение лабораторных исследований силами Общества. Но в значительной мере возросла его роль как центра по обмену научными мыслями, как организатора дискуссий по самым спорным проблемам естествознания, как творческой школы научной молодежи, особенно университетской. Дифференциация естественных наук коснулась и структуры Общества. Если в старое время на заседания Общества собирались все его члены, то сейчас общие собрания Общества происходят сравни-

тельно редко. В его составе работает 30 секций и других подразделений по различным отраслям естествознания. Секции ежегодно проводят несколько десятков рабочих совещаний и ежемесячные собрания, на которых делают доклады крупные ученые и пробует свои силы в науке молодежь. Члены МОИП живут и работают во многих центрах нашей страны, создавая там отделения Общества.

Популяризации и распространению идей Общества содействовала его обширная издательская деятельность, начавшаяся 23 декабря 1805 г. и не прекращающаяся до сего времени. Первые труды общества печатались на французском языке в специальном «*Journal de la Société des naturalistes de Moscou*». В том же 1805 г. стали издаваться и выходили до 1925 г. «Мемуары Московского общества испытателей природы». Начиная с 1829 г. зарождается «*Bulletin de la Société des naturalistes de Moscou*», освещающий достижения по всем разделам естествознания, а в 1922 г. он стал выходить в виде двух серий — биологической и геологической. Многие статьи из этого бюллетеня по теоретическому и прикладному естествознанию, медицине, математике регулярно перепечатывали на своих страницах различные иностранные научные журналы. В 1924 г. вышло три тома бюллетеня по экспериментальной биологии. По инициативе и под руководством К. Ф. Рулье с 1854 по 1860 г. Общество издавало своеобразную естественноисторическую газету «Вестник естественных наук». В продолжении 28 лет (1890—1918) Общество приняло издание целой серии монографических работ под общим названием «Материалы к познанию флоры и фауны и геологического строения Российской империи», научная и прикладная ценность которых не потеряла значения и в наше время. С момента возникновения и по сей день Общество ведет целенаправленный подбор литературы по естествознанию. За прошедшие 175 лет у библиотеки Общества установились связи по книгообмену с 450 научными организациями из 49 стран мира. Библиотека Общества расположилась в скромном соседстве в одном здании с библиотекой им. М. Горького Московского государственного университета. Сейчас ее фонды насчитывают полмиллиона томов различных изданий. Библиотека Общества по ценности фондов, особенно журналов, литературы по естествознанию и современному комплектованию занимает третье место в СССР. Еще в 1923 г. Совет



В библиотеке Московского общества испытателей природы.

Фото Н. Н. Алексеева.

Народных Комиссаров РСФСР отнес фонды библиотеки МОИП, наравне с фондами таких музеев, как Государственный исторический музей, Третьяковская галерея и др., к категории наиболее ценных хранилищ духовного наследия нашего народа.

Чередой проходят поколения, уходят и вновь рождаются плеяды блестящих ученых, поддерживающих славу отечественной науки, и во многих из них горит огонь познания, зажженный в далекие годы от факала МОИП.

21 ноября этого года в Актовом зале МГУ состоялось торжественное заседание, посвященное его славному юбилею.



Фламинго

Н. Н. Андрусенко

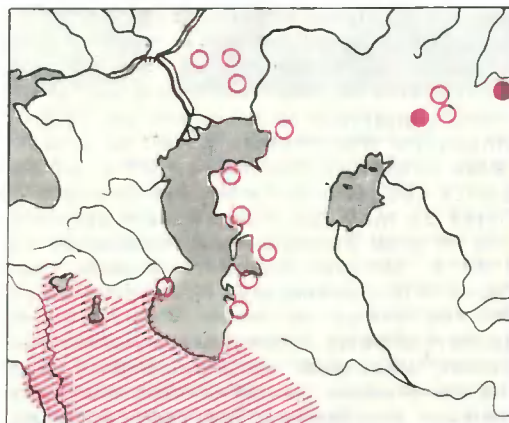
Кургальджикский государственный заповедник

Обыкновенный фламинго (*Phoenicopterus roseus*) — типичный представитель орнитофауны тропиков и субтропиков. Тем больший интерес представляет его обитание в умеренной зоне нашей страны. Жизнь этой прекрасной птицы постоянно связана с открытыми, обширными, но мелководными солеными озерами и морскими побережьями.

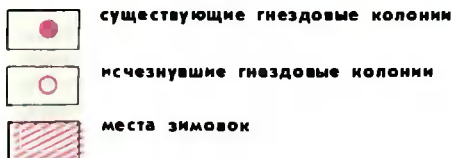
Внешность фламинго настолько оригинальна и своеобразна, что его просто невозможно спутать с какой-либо из птиц нашей фауны. Это крупные (до 1,5 м высотой) птицы с длинными ногами и шеей и маленькой головой, с массивным изогнутым книзу клювом и яркой окраской оперенья. Контурное перо у взрослых птиц белое с розоватым налетом, верхние и нижние кроющие крыла — ярко-розовые, подмышечные и внутренние второстепенные — пурпурно-красные, маховые — черные, рулевые — бледно-розовые. Наиболее интенсивно окрашены старые птицы. Вес взрослых самцов достигает 4,4, самок — 3,8 кг.

Фламинго — редкая птица, внесенная в международную и отечественную «Красные Книги». Его численность как у нас, так и за рубежом подвержена резким колебаниям, причины которых еще не вполне ясны.

Так, в Советском Союзе высокая численность фламинго была в 1958—1959 гг.: тогда только на оз. Тенгиз (Центральный Казахстан) обитало более 50 тыс. взрослых птиц. Затем численность резко сократилась и в 1966—1971 гг. в Центральном Казахстане колебалась от 15 до 30 тыс., в 1972—1975 гг. была 9 тыс. птиц, а в 1976 г. — 5 тыс. Это позволило некоторым скептикам сделать вывод, что популяция фламинго подорвана и вряд ли есть надежда на ее восстановление в ближайшие годы. Однако уже в 1977 г. на оз. Тенгиз появилось 13,5 тыс., в 1978 г. — 35—36 тыс., а в 1979 г. — 54,6 тыс. взрослых



Ареал распространения фламинго.



птиц. В настоящее время в целом по стране численность фламинго, по-видимому, составляет не менее 55 тыс. Всего в пределах ареала насчитывается ориентировочно 500 тыс. птиц.

Колебания численности фламинго определяются целым рядом факторов: существенное значение имеет резкое сокращение пригодных для гнездования и зимовок мест, фактор беспокойства и недостаточная охрана существующих колоний. Известны, например, случаи, когда было достаточно в гнездовой период появиться человеку на территории колонии или близ нее пролететь самолету, как тысячи птиц прекращали насиживание яиц



Фламинго на кормежке.

Фото автора.

или выкармливание пуховичков¹. В Африке несколько марабу полностью уничтожали процветающие колонии фламинго², большое количество птиц в суровые зимы погибало от холода, отсутствия корма или становилось жертвой четвероногих и пернатых хищников. И все же главная причина подобных резких колебаний численности фламинго заключена, по-видимому, в массовых миграциях птиц между разными колониями, зачастую удаленными друг от друга на огромные расстояния.

Ареал обитания разорван: в Африке фламинго населяют соленые водоемы Южного Марокко, Южного Туниса, Северной Мавритании, Кении, Намибии и о-ва Зеленого Мыса; в Евразии они гнездятся на юге Испании, в дельте Роны во Франции, в Турции, Иране, Южном Афганистане, Северо-Западной Индии и на озерах Центрального Казахстана в СССР.

В прошлом распространение этой экзотической птицы было гораздо шире. Гнездование фламинго отмечалось в север-

ном, северо-восточном и юго-восточном Прикаспии³, а также на оз. Ахчала в Азербайджане. В настоящее время все гнездовые поселения фламинго в этих местах исчезли.

Изревле фламинго обитали на обширных, топких соленых водоемах Центрального Казахстана. Их колонии обнаружены на оз. Челкар-Тенгиз, Жаман-Акколь и Ащитастысор на юге Тургайской ложбины и на оз. Тенгиз в Тенгиз-Кургальджинской впадине⁴. В последние 20 лет фламинго гнездились только на Тенгизе и Челкар-Тенгизе.

На пролетах фламинго строго придерживаются определенных миграционных путей, пролегающих в основном через пустынные и малонаселенные районы Казахстана и Туркмении.

Известны периодические залеты фламинго (как правило, отдельных особей или небольших групп) в Западную, Центральную и Восточную Сибирь (до Якутска), на Урал и в Восточный Казахстан; в Волгоградскую, Куйбышевскую, Воронежскую, Пензенскую, Горьковскую и Новгородскую области; в Ленинград и Финляндию, в Белоруссию и на Украину, в Северную Осетию и Ингушетию, на Черноморское побережье Кавказа и в Абхазию, в устье Кубани и на Азовское море, в Армению и Среднюю Азию, а также во все страны

¹Хроков В. В., Андрусенко Н. Н. Кургальджинское дино.— В кн.: Живые сокровища Казахстана. Алма-Ата, 1979.

²Brown L. H., Powell-Cotton D., Horegalt J. B. D. The breeding of the Greater Flamingo and Great White Pelican in East Africa. — "IBIS", 1973, v. 115, № 3.

³Спангенберг Е. П. Отряд фламинго.— В кн.: Птицы СССР, т. 2, М., 1951.

⁴Чельцов-Бебутов А. М. Новое гнездовье фламинго в Советском Союзе.— Учен. зап. Моск. гос. ун-та. М., 1958.

Западной Европы. Подобные перемещения птиц далеко за пределы своего ареала пока еще не нашли объяснения⁵.

Зимовки фламинго расположены в основном в Иране, Египте, Ираке и Западном Пакистане. Не исключено, что они зимуют также в Турции, Индии и Афганистане. В пределах СССР (в Красноводском и Кызыл-Агачском заповедниках) остается зимовать небольшое число, по-видимому, неполовозрелых и не размножавшихся в данном году птиц.

Особенности биологии фламинго, специфичность в выборе кормов и мест гнездования, тяга к наиболее пустынным, труднодоступным и малонаселенным местам, частая смена районов гнездования, малочисленность и крайняя нетерпимость к появлению человека в колонии — вот основные причины, из-за которых и по сей день мы располагаем довольно скудными сведениями о гнездовой жизни этой птицы.

На места гнездовых (оз. Тенгиз) первые стайки фламинго прилетают в конце марта — начале апреля. Массовые миграции размножающихся птиц приходятся в основном на вторую декаду апреля, а неполовозрелых и холостых — на вторую и третью декады мая. В сильно запаздывающие весны фламинго прилетают на 2—3 недели позже обычного. Чаще всего птицы летят ночью, утром и вечером стаями от 150 до 2500 (иногда 5000) особей.

Вскоре после прилета фламинго приступают к брачным играм и постройке гнезд. У фламинго, как у всех колониальных птиц, очень высокий уровень общественных отношений. Брачное ухаживание, постройка гнезд, насиживание, выкармливание птенцов — все, чем бы ни занимались фламинго в течение своей жизни, они делают в гуще огромных колоний, насчитывающих от 50 до 25 000 гнезд.

Брачное поведение фламинго весьма примитивно (скажем, по сравнению с брачными танцами журавлей) и состоит из 10—12 движений, связанных определенной и довольно жесткой стереотипной последовательностью. В разгар брачных игр поведение принимает характер групповых демонстраций. То тут, то там в гуще птиц образуются своеобразные хороводы: вы-

тянув шеи и непрерывно гогоча, самцы бегают или ходят нога в ногу за самками, синхронно повторяя все их движения. Пользуясь значительным преимуществом в росте, самец пытается прижать клювом голову партнерши к туловищу и заставить ее остановиться. Как только ему это удается, самец взлетает, поджимает ноги, кладет их на спину самке и, быстро взмахивая крыльями, зависает над ней. Через несколько секунд происходит спаривание.

Во время брачных игр между самцами часто вспыхивают драки, носящие, впрочем, чисто символический характер. Схватившись клювами, распушив плечевые перья и громко гогоча, самцы топчутся на месте и треплют друг друга. Потасовка длится примерно 20—30 секунд, после чего более слабый противник прекращает сопротивление и медленно уходит в сторону.

Гнезда фламинго сооружают на солончаковых отмелях и небольших песчаных или илистых островках и косах, практически недоступных для человека и наземных хищников. Какая роль отводится при постройке гнезд каждому из партнеров — неизвестно. Строительным материалом служит ил, часто с примесью водорослей, пера и раковин моллюсков. Гнезда представляют собой конические сооружения высотой от 7 до 61 см с небольшим углублением — лотком в верхней части. Перед вылуплением птенцов птицы обильно выстилают лоток пером. Гнезда в колонии располагаются группами по 3—5 гнезд в каждой на расстоянии 35—50 см друг от друга. Между каждой такой группой гнезд птицы вырывают ямы иногда глубиной до 75—80 см, в некоторых из них стоит грунтовая вода. Хотя и редко, но бывают случаи, когда фламинго вообще не строят гнезд, а откладывают яйца прямо на песок. С чем это связано, пока остается тайной. Достаточно установлено лишь то, что подобное гнездование для фламинго неестественно и такие колонии всегда распадались. Подобные случаи отмечены на оз. Тенгиз в 1959 и 1977 гг.

Самка откладывает 1, реже 2 и, как исключение, 3 яйца. Бывают повторные кладки. В этом случае одна самка может отложить до 6 яиц. Яйца — довольно крупные (75—107 × 48—63 мм) и весят от 100 до 219 г. Яйца самой разной формы: эллипсоидно-яйцевидные, яйцевидные, эллипсоидные, ослепительно белого цвета.

Период инкубации длится 30—33 дня. В насиживании участвуют как самка, так и самец. Птицы сидят на гнездах, поджав ноги. В жаркое время, чтобы снизить тем-

⁵Исаков Ю. А., Формозов А. Н. Непериодические миграции (залеты) фламинго в СССР. — «Зоол. журнал», т. 25, вып. 5, 1946; Лебедева М., Шеварева Т. О залетах фламинго. — «Охота и охотничье хозяйство», № 7, 1970.

пературу в гнездах, фламинго постоянно надстраивают их мокрым илом или песком, который приносят клювом из ям, заполненных водой. Часто они поднимаются и подолгу стоят над гнездом, прикрывая яйца от палящих лучей солнца тенью расправленных крыльев, или, взмахивая ими, охлаждают яйца потоком воздуха.

Период размножения очень сильно растянут и длится более 5 месяцев — с третьей декады апреля (начало яйцекладки) по первую декаду октября (подъем последних птенцов на крыло).

Птенцы появляются покрытые белым пухом и с прямым клювом. Первые 2—3 дня, пока пуховички еще не окрепли, с ними поочередно находятся родители и защищают новорожденных от перегрева на солнце. Покинув гнездо, птенцы собираются в своеобразные «детские ясли». Здесь они находятся до подъема на крыло под бдительным присмотром и надежной охраной 10—15 «нянь». Остальные взрослые птицы с раннего утра и до позднего вечера собирают корм. Растут птенцы относительно быстро. Уже к 10 дням у них белый пух меняется на светло-серый, а к 14 — на серый. В возрасте 55—62 дней птенцы начинают летать, но еще в течение 2—3 недель предпочитают находиться в гуще колонии. Это самое удобное время для массового отлова и кольцевания молодых птиц.

Питаются фламинго мелкими ракообразными и моллюсками, личинками насекомых, некоторыми водорослями и семенами водных растений. Родители выкармливают птенцов отрывкой из полупереваренных рачков и личинок водных животных, смешанной (примерно 100 к 1) с кровью родителей. Первые 2 недели пища (высококалорийная) имеет жидкую консистенцию яркого кроваво-красного цвета. Затем постепенно интенсивность окраски пищи ослабевает до розовато-оранжевого, и в нем появляются гелеобразные сгустки ярко-красного и мясного цвета. В возрасте около 2 мес. птенцы могут уже самостоятельно добывать пищу, но родители продолжают их подкармливать. Как только родители перестают кормить птенцов, колония распадается, и птицы рассредоточиваются по всему водоему.

Линяют фламинго дважды в году. Полная линька происходит с мая до декабря, и почти сразу же начинается предбрачная линька, при которой сменяется лишь мелкое оперение. Длится предбрачная линька почти до мая. Смена маховых и рулевых перьев у большинства птиц про-

исходит в период гнездования прямо в колонии или близ нее. Старые перья выпадают все сразу, и фламинго полностью теряют способность летать в течение 31—32 дней. Птицы, не успевшие перелинять в колониях, собираются на линьку на обширных мелководных участках озера или морского залива.

Почти на всем протяжении ареала фламинго ведут оседлый образ жизни, и лишь популяции, гнездящиеся на территории Франции и Советского Союза, ежегодно совершают далекие перелеты на места зимовок. Первые небольшие стайки кочующих неполовозрелых и холостых птиц можно встретить южнее и юго-западнее оз. Тенгиз уже в конце июля. Фламинго медленно перелетают с одного соленого водоема («сора») на другой и к третьей декаде августа достигают побережья северо-восточного Каспия. Наступает первый месяц осени — сентябрь. Ночные заморозки или холодные утренники все чаще напоминают фламинго о близости зимы. И летние кочевки незаметно переходят в осенние миграции. С каждым днем все беспокойнее становятся фламинго. И вот, выбрав тихий теплый вечер, обычно на закате солнца, огромные стаи, состоящие из взрослых и молодых птиц, покружившись 20—30 минут над озером и медленно набрав высоту, направляются на юго-запад или запад. Иногда за вечер с озера отлетает от 3 до 7 стай общей численностью до 2,5—8 тыс. птиц. Массовые осенние миграции фламинго начинаются обычно в первых числах сентября и затягиваются до глубокой осени. Последние стаи улетают из Казахстана, как правило, в конце октября — начале ноября. И лишь в затяжные осени они задерживаются здесь до середины декабря.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Исаков Ю. А. ЗАМЕТКИ ПО БИОЛОГИИ ФЛАМИНГО.— В сб.: Чайка-хохотунья и фламинго на Каспийском море. М., 1948.

Спангенберг Е. П. ОТРЯД ФЛАМИНГО.— В кн.: Птицы СССР, т. 2, М., 1951.

Долгушин И. А. ОТРЯД ФЛАМИНГО.— В кн.: Птицы Казахстана, т. 1. Алма-Ата, 1960.

Воспоминания¹

С. С. Четвериков

2. ЗА ГРАНИЦЕЙ

И вот через пару дней я сижу один среди чужих, в вагоне поезда, который мчит меня в Германию. Позади проводы, прощания и всякие благие напутствия. Что ждет меня впереди? Немецким языком я владел вполне свободно, и с этой стороны ничего меня не тревожит. Но как устроюсь у немцев без души знакомой, один, совершенно затерянный в чужом городе? Что тут гадать? Придет время, увидим, и, в конце концов, все устроится. И постепенно мои мысли начинают обгонять события. Я уже представляю себе, как я буду жить один в своей комнате, как сложится мой рабочий день...

Я не буду описывать мою заграничную жизнь, да и описывать там, по существу, почти нечего. Я благополучно приехал в Mittweide и был у директора, которому передал письмо моего отца. Он принял меня вежливо, даже внимательно, кой о чем спросил, дал кое-какие полезные указания и советы. Скоро без особых затруднений я нашел себе маленькую, но светлую и опрятную комнатку у одного вдового немца, отвез к нему мои два чемодана, и вот я — житель Mittweide, небольшого городка к западу от Дрездена. Техникум — что-то среднее между технической школой и техническим вузом. Постепенно моя жизнь входит в колею. С 1 сентября начались занятия. Многие из того, что нам читали преподаватели, было уже мне знакомо. Пожалуй, наибольший упор делался на черчение. Я приобрел чертежные принадлежности и вплотную зашел за работу. День складывался так: утром — техникум, затем обед в простенькой столовой неподалеку от моей квартиры, а вечером — подготовка к читаемым

предметам, а главное — черчение, черчение, черчение. Никакие развлечения не приходили мне в голову, я даже не знаю, был ли в городке какой-нибудь театр и бывали ли концерты.

Что сказать о самих немцах? Относились они ко мне вполне благодушно, ни разу не чувствовал я, что являюсь для них чужаком, какой-то чуждой им расы. Больше того, у меня даже появились среди них «друзья». Особенно помню одного: высокий, лет двадцати двух; мы скоро с ним сошлись и разговорились. Ему было трудно учиться. Он был плохо подготовлен, а потому отставал от других, особенно в области математики. Как-то раз я предложил ему совместно прорабатывать математику. Он охотно согласился, и вот мы начали регулярно, через день проходить математику, особенно те разделы, которые представляли для него наибольшие затруднения. Наши занятия пошли, и вот тут-то я с благодарностью вспомнил «Петруху». Мы систематически прорабатывали параграф за параграфом, и я всячески старался внушить моему «ученику» стальную логику математических умозаключений. Как-то раз мой ученик меня удивил. Он пришел и положил мне на стол кучку денег. На мой удивленный вопрос: «Что это за деньги?» — он мне ответил, что принес мне плату за наши уроки. Я был совершенно изумлен и ошарашен. С некоторым чувством превосходства я заявил ему, что у нас в России за товарищескую услугу не принято платить деньги. Он не заставил себя упрашивать, охотно сгреб эти деньги обратно к себе в карман, крепко пожал мне руку, и наша дружба продолжала существовать неизменно.

Вообще должен отметить, что жизнь немецкой молодежи по сравнению с нашей русской бесконечно мелка и мещаниста. Ни разу не пришлось мне слышать, а тем более принимать участие в разговорах, затрагивающих большие человече-

¹Окончание. Начало см.: «Природа», 1980, № 5.

ские проблемы. Все вертелось вокруг чисто бытовых мелких интересов, обсуждались костюмы знакомых барышень, рассказывались всевозможные анекдоты, и, конечно, большую роль играли «пивные кружки» и «пивные кружки».

Вот так текла моя заграничная жизнь, день за днем, однообразно, почти сплошь поглощенная работой в техникуме. Пожалуй, единственным развлечением, которое я себе время от времени разрешал, это было чтение зоологических книг, которые мне удавалось разыскать в чуть ли не единственном книжном магазине, бывшем в городе.

Моя связь с Москвой и родными теплилась слабым огоньком. Я писал отцу регулярно раз в месяц, сообщая о том, как идут мои занятия, насколько я в них успеваю, а также извещал о состоянии моей денежной кассы, о полученных и истраченных деньгах. С деньгами у меня ни разу никаких затруднений не было. С этой стороны отец был в высшей степени внимателен. Изредка и он писал мне письма, сообщая о жизни нашей семьи и о мелких событиях, ее волновавших, и в каждом письме он спрашивал меня, привыкаю ли я к учебе в техникуме, начинается ли она меня интересовать и перестаю ли я, наконец, думать о своей зоологической дури, и также неизменно я в своих ответных письмах писал отцу, что по-прежнему хочу быть профессором зоологии, а что мои занятия в техникуме только бесполезная и ненужная трата времени. Так шло дело из месяца в месяц, прошел первый семестр, прошли рождественские каникулы и началась второй семестр, не суливший ничего нового. Я учился, а в душе все время сознавал ненужность и бессмысленность для меня этого учения.

Подходила весна — самое любимое мною время года, когда я чувствую, как просыпается каждая былинка, каждая мушка, каждая мышка, и весной мною овладевает какое-то беспокойство, возбуждение, когда все чувства обострены, а в голове зарождаются и формируются новые, яркие мысли. Должно быть, я почувствовал весну и в далеком Mittweide. Что-то в душе проснулось и затрепетало. И вот, должно быть в таком настроении, согретом и окрыленном весной, я написал моему отцу письмо, в котором жгучими откровенными словами попробовал еще раз убедить отца в том, что мои мечты о зоологической карьере — не мимолетная блажь, навеянная со стороны, а что вне биологии для меня нет иного призвания.

Письмо было написано горячо, убедительно, четко. Вся «Петрухина» логика была пущена в ход. Письмо ушло в Москву. Впоследствии я слышал, что оно произвело на отца очень сильное впечатление, что он показывал его некоторым из наших родных и говорил с ними обо мне, делился своими сомнениями; наконец, пришел и ответ от него. Отец писал мне, что убедился в бесполезности своих усилий сделать из меня инженера, что сознает это с чувством величайшего огорчения, что он слагает с себя всякую ответственность за мое будущее и предоставляет мне полную свободу строить мою личную жизнь так, как я сам ее для себя намечаю. Он писал мне, что гарантирует мне денежную помощь на все время моей дальнейшей учебы, но ставит неременным условием, чтобы, если вздумаю возвращаться в Россию, то я могу ехать всюду, кроме Москвы и кроме своей родной семьи. Он объяснял это требование тем, «чтобы оградить Колю (моего младшего брата) от моего вредного влияния» и [что] он не может допустить, чтобы с Колей повторилась история, подобная истории со мной. Основой такого беспокойства было, конечно, то, что, несмотря на значительную разницу лет (5 лет), я имел на брата почти неограниченное влияние, и, конечно, опасения отца были вполне обоснованными.

Мне кажется, трудно представить себе те ощущения и переживания, которые я испытал по получении этого письма. Дождаться какого-либо подтверждения мне не было никаких оснований. В два счета я ликвидировал все свои дела в техникуме и на квартире, и через несколько дней поезд уже мчал меня в Россию. Куда? В Москву мне нельзя, в Петербург мне не хотелось из-за сырости, холодов и туманов. Так куда же? — В Киев.

3. В КИЕВЕ

Солнечный, радостный, красивый Киев, с веселыми, светлыми, желтоватыми домами, с такими же веселыми приветливыми людьми, со смесью всех говоров — русского, украинского, еврейского, польского... Это было начало июня. Мне только что стукнуло 18 лет, и вот я совсем, совсем один, в городе ни одной души знакомой, но своя душа полна светлых надежд. Я чувствую в себе достаточно сил, чтобы строить жизнь, как я хочу.

Чтобы быть зоологом, я должен поступить в университет. Чтобы поступить в университет, я должен иметь аттестат

зрелости, чтобы получить аттестат зрелости, я должен сдать экзамены по всему гимназическому курсу, то есть не только по двум древним языкам (латинскому и греческому), но и по всем предметам, которые только преподавались в гимназии в течение восьми лет. Как видно, задача не такая уж простая. Но ведь я молод, я полон сил, я верю в свои способности и я знаю, что если человек чего захочет, то он непременно этого добьется!..

Сравнительно быстро и очень удачно нахожу себе учителя древних языков. Это — преподаватель одной из киевских гимназий Косоногов. Мы легко с ним договорились, что я буду приходить к нему ежедневно на два часа, а в остальное время готовить и запоминать все то, что он мне укажет. Очень удачно разрешился и квартирный вопрос. В том же доме, где жил Косоногов, в полуподвальном этаже нашлась крохотная каморка с окошком в одно стекло. Меблировка: железная кровать у стенки, старинный ломберный стол у окна и стул. Большого даже при желании в каморку втиснуть было бы уже невозможно, но мне большего и не надо было. С питанием дело наладилось великолепно: жена Косоногова согласилась меня и кормить. Ну, чего же лучшего мог я желать? И вот началось мое киевское житье. Легко представить себе, с каким рвением, чуть ли не с наслаждением принялся я за грамматику, за словари, за письменные и устные упражнения, а там дальше — за Цезаря, за Ксенофонта etc, etc. Память у меня была прекрасная, времени у меня было много, а всего больше было у меня энтузиазма. И вот моя учеба стала на рельсы. Месяц шел за месяцем. Прошло лето, наступила осень, я работал неослабно, и вдруг посреди осени у меня очутились неожиданные гости. Проездом через Киев одна хорошая знакомая, даже дальняя родственница, решила посмотреть, как я живу, и пришла в дикий ужас. Немедленно полетели в Москву письма с описанием моей «норы», с описанием ее грязи (я пол никогда не мыл) и т. д. И вот из Москвы последовал строгий приказ: немедленно найти себе «приличную» комнату. Делать было нечего. Пришлось распрощаться с моими простыми, но милыми хозяевами и искать себе новое пристанище. В те времена это было очень легко. На Фундуклеевской улице совсем рядом с Ботаническим садом я нашел себе комнату большую, чистую, светлую, с очень милой хозяйкой, обещавшей следить за мной и держать в чистоте мою комнату.

Туда я перебрался и прожил все остальное время моей киевской жизни. Нет нужды описывать мою жизнь в течение полуторалетного пребывания в Киеве. Я учился с неослабляемой энергией и много читал. В начале Фундуклеевской улицы, налево от Крещатика, была маленькая лавчонка букиниста Просяниченко. Я с ним подружился и частенько заглядывал в его магазинчик. Там я перебирал старые книги, листал их, иногда покупал, и тут же у Просяниченко завязывались мои первые киевские знакомства. Это были студенты Киевского университета, народ молодой, увлекающийся и потому мне близкий по духу. Вскоре я обнаружил у Просяниченко секрет. Иногда он покупал и продавал книжки, о которых разговор велся шепотом. Оказалось, что Просяниченко охотно скупал нелегальную литературу, а затем перепродавал ее в «верные руки». Вот тут-то я первый раз в жизни соприкоснулся с нелегальщиной. В мои руки попадали то печатные книги, то литографированные, а то и просто писанные от руки. Я узнал и с величайшим уважением произносил имена Маркса, Энгельса, Плеханова и Ленина. Часть этих книг я долго хранил потом как воспоминание о киевской жизни. Вот тут завязывались мои студенческие знакомства, и живое общение с людьми, называющими себя революционерами, конечно, льстило мне и придавало этим встречам особую значительность. Это было мое первое политическое крещение. Как сейчас помню то громадное впечатление, которое произвело на меня чтение первой революционной брошюры под заглавием «Социализм — научный и утопический» Ф. Энгельса. Эта книга произвела в моем уме настоящую революцию. Впервые дошло до моего сознания, что жизнь человечества подчинена своим особым, объективным законам, что эту жизнь человек строит не согласно своей фантазии, иногда очень передовой, а что существуют объективные законы развития человеческого общества, которым это общество всецело подчиняется.

Тезис Маркса, что не сознание определяет бытие, а бытие определяет сознание, явился для меня величайшим открытием, и все эти новые для меня мысли заставили нацело пересмотреть свое отношение к общественной жизни, к политической и классовой борьбе, которые как раз в это время начали принимать ясные, четкие формы. По совету моих друзей-студентов я начал посещать публичные лекции по политической экономии, которые были ор-

ганизованы по вечерам в Киевском университете. Лекции эти читал тогда молодой еще доцент В. Я. Железнов², впоследствии известный ученый и общественный деятель. Читал он их, строго придерживаясь взглядов К. Маркса, читал чрезвычайно увлекательно, вполне научно и в то же время вполне доступно для понимания. Молодежь слушала его жадно, и, хотя он сам не имел возможности развивать революционные взгляды, мы сами — его слушатели — дополняли недосказанное и доводили его мысли до логического неизбежного конца. Когда он закончил свой курс, мы устроили ему горячую оvation и на память преподнесли ему большой портрет Карла Маркса. И все эти мысли и впечатления жадно мною впитывались и определяли сознание.

Само собою разумеется, что, кроме латинской и греческой грамматик и заучивания вокабул³, у меня оставалось еще свободное время для чтения. И вот я с величайшим рвением принялся читать по биологическим дисциплинам все, что мог добыть как на русском, так и на немецком языке. Пользуясь библиографическими указателями в прочитанных работах и книгах, я составил себе список книг, которые обязательно должен был прочесть, и заказывал эти книги Просяниченко, который охотно и добросовестно старался мои заказы выполнять. Моя личная биологическая библиотека пухла как на дрожжах. Помню, что особенно заинтересовали меня вопросы наследственности, и, очевидно, уже тогда Судьба определила мне быть генетиком.

А между тем время шло. Приближалась весна 1899 г. Уже полтора года длилось мое киевское житье, полтора года я уже склонял и спрягал латинские и греческие слова, и все настойчивее начинала тревожить меня мысль о том, откладывать ли мне гимназические экзамены еще на год или рискнуть и попробовать сдать их наступающей весной. Я начал серьезно советоваться об этом с моим учителем Косоноговым. И, в конце концов, решили: лучше идти в бой, хотя бы рискуя проиграть сражение, чем позорно отступить, заранее признавая себя побежденным. И вот я решился. Подал прошение о допущении

меня к экзаменам на аттестат зрелости. Мою просьбу уважили и назначили мне держать экзамены при 5-й Киевской гимназии, что на Печерах (директором был Петри). Я обратился в указанную гимназию с просьбой дать мне расписание моих экзаменов и вскоре его получил. Сосчитал — восемнадцать экзаменов! И это — в срок! немножко более одного месяца. Все экзамены по предметам, по которым держали гимназисты-выпускники, я должен был держать вместе с ними, а в промежутках между ними были напиханы все предметы, по всем восьми годам полного гимназического курса. И чего тут не было! И география, и славянский язык, и даже логика. У меня даже чуть голова не закружилась, но делать было нечего, другого выхода не было, и я со всем моим усердием принялся за подготовку.

Начались экзамены, если память не изменяет, с русского сочинения. Как сейчас помню тему — «Почему мы должны дорожить памятниками древности?» Тема была по мне. В основу сочинения я положил К. Марксов тезис, конечно, не упомянув его имени. Каждое явление может быть вполне понято нами только тогда, когда мы знаем его историю. И это положение я развивал на ряде примеров. Как иногда со мной бывало, на меня снизошло вдохновение, и я писал легко и свободно. Впоследствии я слышал, что преподаватель русского языка читал своим ученикам — выпускникам мое сочинение как образец того, как надо писать, и успех моего сочинения спас все мое дело. Все другие экзамены, за исключением древних языков, я сдал на «пятерки». Но с древними языками все же произошла заминка. Предстояло шесть экзаменов, по три экзамена на каждый язык: устный, письменный перевод (экстемпораль) с русского на древний и обратно — с древнего языка на русский. И вот экстемпораль с русского на греческий я провалил. Для этого была, как будет видно из дальнейшего, особая причина (я захворал брюшным тифом), но все же полученная двойка лишала меня аттестата зрелости. Я слышал впоследствии, что когда на педагогическом совете в гимназии разбирали результаты экзаменов и дело дошло до моей двойки, то преподаватель русского языка и некоторые другие заступались за меня и стали упрашивать «грека» переменить балл «двойку» на «три с минусом». Грек оказался не человеком в футляре, и, взвесив всю обстановку, он уступил и тем самым спас мой аттестат и дал мне возможность

²Владимир Яковлевич Железнов (1869—1933), русский экономист. (Здесь и далее прим. ред.)

³Вокабула (от лат. vocabulum — слово) — отдельное слово как предмет лексикологии и лексикографии.

осуществить мою мечту об университете. Хочется, хотя бы здесь, с опозданием на 60 лет, сказать ему сердечное спасибо.

Как я только что упомянул, приблизительно на середине экзаменов я захворал тяжелой формой брюшного тифа. Голова болела и трещала так, что по временам казалось, я не выдержу и потеряю сознание. Я вставал с сильнейшей головной болью и ложился спать с еще более сильной. Я приписывал эти боли величайшему нервному напряжению вследствие напряженной и длительной умственной работы, и вот в таком-то состоянии я продолжал держать вторую половину экзаменов. Только придя домой после последнего экзамена, я сразу сдал, повалился на постель и потерял сознание. Что было дальше, в ближайшие дни, я совершенно не помню. Первое, что сохранилось в памяти после моего обморока, было то, что я лежу в своей постели, весь в свежем белье, а у моих ног в кресле лицом ко мне сидит моя мать. Значит, о моей болезни успели телеграфировать в Москву, и мать успела из Москвы приехать в Киев.

Описывать всю болезнь, конечно, нет нужды: помню, что меня на тонком матрасе четыре носильщика тащили в вагон, в отдельное двухместное купе. Доктор предупреждал мать, что она может меня и не довести. Но мой крепкий организм все благополучно вынес. Меня сразу увезли в наш загородный дом, и там я продолжал хворать почти до сентября месяца. У меня появился ряд осложнений, оставшиеся по себе память на все последующие 60 лет. Но все же дело было сделано. Все же я аттестат зрелости завоевал, и душа моя успокоилась. А болезнь моя имела то, что я очутился дома и никакому остракизму не подвергнулся. В свое время мое прошение о зачислении в Московский университет со всеми нужными бумагами было подано и было удовлетворено. И вот я стал студентом 1-го курса естественного отделения физико-математического факультета Московского императорского университета.

5. ВСЕРОССИЙСКИЙ СТАЧЕЧНЫЙ КОМИТЕТ 1904—1905 ГГ.

Я остался на второй год на первом курсе. Причин для этого было три. Конечно, только что пережитые волнения совершенно выбили меня из колеи учебы и войти снова в нее было мне нелегко. А затем перенесенный летом тиф сильно ослабил мою память, и к этому я никак не мог

приспособиться. Наконец, я никак не мог освоить новую форму университетской учебы. В школе мы привыкли учиться по тоненьким учебникам, где запоминали наизусть чуть ли не каждую строчку. А тут вдруг огромные, толстые учебники, иногда чуть ли не в 1000 страниц с огромным материалом, и никто не мог нам показать, как надо по-новому работать — и я остался на второй год. Все последующие годы учебы протекали мирно и успешно. Я благополучно переходил с курса на курс. И вот подошел роковой 1904 г. В последних числах января вспыхнула русско-японская война. Война не принесла нам никакой славы и показала всю нашу внутреннюю слабость, всю гниль, на которой стояло и держалось самодержавие. Вся страна глухо волновалась, и правительство чувствовало, что оно теряет почву под ногами. Японская война приносила нам все новый и новый позор. Сдача Порт-Артура, Ляоян, Мукден и, наконец, полный разгром русского флота под Цусимой окончательно убедили всех, даже самых слепых, что продолжать так дело не может. Требование полной политической реформы, изменения всего правительственного строя звучали все решительнее и настойчивее. Сначала правительство думало отделаться незначительными поправками. Было объявлено положение о совещательной Булыгинской думе, но ей так и не суждено было состояться, и она погибла в утробе канцелярии, ее породившей⁴. Конечно, и мы — студенты — не могли оставаться равнодушными и все сильнее волновались. Наконец, гроза разразилась. Вспыхнула сначала железнодорожная, а потом всеобщая забастовка. Вся страна оказалась парализованной, прервалось сообщение между ее частями, и замерли промышленность и торговля. Москва оказалась без света, без воды, и решительно прозвучало требование конституционного строя. В такой обстановке родился «Манифест 17 октября». Правительство полностью капитулировало⁵. Мани-

⁴Как известно, своим грандиозным революционным выступлением в октябрьские дни пролетариат смел поддельную Булыгинскую думу, завоевал всему народу, хотя и на короткое время, невиданную в России того времени свободу печати, собраний, союзов и т. д.

⁵Не совсем точно. «Манифест 17 октября» не означал поворота России на мирный, конституционный путь развития. Своим манифестом царь пытался усыпить бдительность масс пустыми обещаниями, морально разоружить революционный народ, чтобы затем, собравшись с силами, нанести решительный удар по силам революции.



Баррикады между главным корпусом Московского университета и аптечным корпусом.

фест вводил конституцию с полноправной Государственной думой, с объявлением свободы собраний, слова и печати, со знаменитой выборной «четырёххвосткой», т. е. выборы всеобщие, равные, прямые и тайные! Вся страна ликовала. Казалось, что перелом наступил решительно. Но это только казалось. Уже следующий день принес тяжелое разочарование и обнаружил всю фальшь правительственных обещаний. На следующий день после объявления манифеста, т. е. 18 октября 1905 г., у Бутырской тюрьмы собралась огромная толпа москвичей с требованием немедленного освобождения политических заключенных. Тюремная администрация виляла, утверждала, что без разрешения генерал-губернатора она этого сделать не может, что она за этим разрешением послала и т. д. Толпа стояла, не расходи-

лась, и в нее вливались все новые и новые группы. Помню, я стоял на опрокинутой бочке и пытался что-то говорить, и вдруг в задних рядах раздался шум, шум приближался нарастая, и вдруг мы все услышали роковые слова: «Бауман убит!» Это известие поразило нас, как громом. Радостное, возбужденное настроение сразу упало, у всех опустили головы, и толпа начала медленно расходиться. Вскоре мы узнали подробности: Бауман, только накануне освобожденный из тюрьмы, ехал на извозчике вблизи Московского технического училища и держал в руках развернутое красное знамя. Какой-то дворник, расфанатизированный черносотенцами, выскочил в это время из ворот, подбежал сзади к пролетке Баумана и со всей силы ударил его по голове тяжелым ломом, бывшим у него в руках⁶. Бауман был убит на месте.

⁶ Н. Э. Баумана убил надсмотрщик рабочих барачной фабрики Щапова куском водопроводной трубы.



Левое крыло училища Фидлера [б. Мыльников пер., ныне ул. Жуковского]. Доска на доме с надписью в память событий 1905 г.

Фото из архива музея Революции СССР.

На следующий день состоялись грандиозные похороны Баумана. С раннего утра и до 4 часов дня тянулась траурная процессия от Московского технического училища к Ваганьковскому кладбищу, где и состоялись похороны. Когда я подошел к кладбищу, меня туда не пустили. Все кладбище до отказа было заполнено народом.

Но трагедия еще не кончилась! Уже под вечер, в темноту возвращались по своим домам участники похоронной процессии. По Никитской улице по направлению к Манежу шла толпа студентов, человек двести со знаменем и пением революционных песен. Близ дверей Манежа толпилась небольшая кучка казаков с винтовками за плечами. Толпа студентов переходила к зданию университета, и вдруг со стороны Манежа блеснул огонек, про-

гремел выстрел, другой, третий, обойма за обоймой. Толпа сразу дрогнула, бросилась бежать назад и в переулочек, прижимаясь к стенам домов. Посреди улицы лежали мертвые и корчились раненные. Если память мне не изменяет, то убитых на месте было одиннадцать человек, а раненных около 25. Вот она, дарованная царем неприкосновенность личности! Все поняли всю глубину лжи объявленного манифеста!

Рабочие, служащие и все честные люди волновались. Стало ясным, что мира быть не может, что старое правительство со всеми его лживыми манифестами должно быть свергнуто. Всероссийский железнодорожный стачечный комитет⁷, сыгравший такую важную роль в организации забастовки, решил не распускаться, а преобразоваться во Всероссийский стачечный комитет⁸, включающий в себя все предприятия и все учреждения, имеющие общественное значение. И университет получил предложение прислать в Комитет своего представителя. В это время я был представителем 4-го курса в «Студенческом органе», и мои товарищи откомандировали меня во Всероссийский стачечный комитет. Таким образом, я оказался в гуще начинающейся новой борьбы.

Это было в конце октября. Наш Комитет собирался в Реальном училище Фидлера, что на углу Лобковского и Мыльниковых переулков⁹. Наши заседания происходили обыкновенно по вечерам. Присутствовало человек 60—70. В Стачечный комитет входили делегаты самых различных предприятий, заводов и фабрик как города Москвы, так и некоторых других городов. Обычно материалом для выступлений слу-

⁷Имеется в виду стачечный Комитет железных дорог.

⁸Очевидно, речь идет о Московском стачечном комитете, созданном в разгар октябрьской политической стачки. В составе Комитета преобладали либералы, эсеры, меньшевики, представители интеллигентных профессионально-политических союзов. Тогда входили и большевики. После издания «Манифеста 17 октября» Московский стачечный комитет, при поддержке меньшевиков, обратился к московским рабочим и — по телеграфу — к рабочим всей страны с призывом немедленно прекратить политическую забастовку. В связи с этим большевики вышли из Комитета. По призыву большевиков рабочие на своих собраниях стали выражать недоверие Стачечному комитету и принимать решения о передаче всех средств, собранных для помощи бабствующим, Московскому Совету рабочих депутатов.

⁹Ныне улицы Макаренко и Жуковского.



Внутренний вид аудитории училища Фидлера после артиллерийского обстрела 3 декабря 1908 г.

Фото из архива музея Революции СССР.

жили вести с мест о ходе забастовок, об их подготовке и развитии. Затем принимались и удовлетворялись просьбы о присылке агитаторов или руководителей стачек, затем бывали доклады на темы текущего момента, которые делали большей частью представители ЦК партии большевиков и меньшевиков. В Совете постоянно велась политическая борьба между большевиками и меньшевиками. Я не помню, чтобы была представлена партия эсеров, хотя, несомненно, было немало членов, разделявших эсеровские взгляды. Среди всех членов Стаечного комитета ярко выделялась одна фигура — это был железнодорожник, машинист Ухтомский¹⁰. Он был прирожденный вождь. Трудно сказать, что было в этом человеке особенного. Простое

русское лицо, простая без прикрас речь, но в то же время, все, что он говорил, ясно и четко доходило до сознания. Может быть, особенностью его было то, что Ухтомский чрезвычайно быстро и отчетливо схватывал создавшуюся новую ситуацию и эту четкость и ясность умел довести до понимания своих слушателей. Выступал он не часто, но если выступал, то его слово было всегда решающим. Погиб он трагически. Когда после подавления Московского восстания правительство жестоко расправлялось с повстанцами, Ухтомский скрывался недалеко от Люберец. Там его нашли, арестовали, и тут же на месте по приказу полковника Мина без суда и следствия Ухтомский был расстрелян. В память этого замечательного человека станция, около которой он погиб, и окружающий район, в котором это случилось, получили наименование Ухтомского.

И я получил от Комитета направление: Комитет послал меня для организации и проведения забастовки на Московский стеариновый завод, что в Лефортове. Когда туда пришел, там уже орудовал эсер. Но справиться с ним не представило никакого труда. Я проводил строго больше-

¹⁰Александр Владимирович «Ухтомский (1876—1905), машинист Московско-Казанской железной дороги.

вистскую линию, и рабочие сразу примкнули на мою сторону. Забастовка шла дружно, планомерно, и я сохранил со многими рабочими самые дружеские отношения, когда через несколько лет приходилось случайно встречаться.

Хорошо помню некоторые детали внутреннего размещения в доме Реального училища Фидлера. Сейчас же после входа — большая прихожая и вправо от нее — комната, которая, по-видимому, служила канцелярией училища. В этой комнате помещался склад оружия. Тут всегда толпился народ. Винтовок я не помню, но всегда стояло несколько ящиков, доверху нагруженных револьверами всевозможных систем, начиная от простых «Смит и Вессон» и кончая большими тяжелыми «парабеллумами». Откуда появлялись эти ящики, кто их привозил, так и осталось мне неизвестным. По какому принципу раздавали это оружие, также до сих пор я не знаю. У меня создалось впечатление, что получал всякий, кто этого хотел. По крайней мере, я помню, что встретил здесь Колю, 18-летнего сынишку нашей сельской учительницы, который на мой вопрос, что он тут делает, с гордостью ответил, что он максималист (т. е. эсер) и что он без оружия никак не может. Трагична была судьба этого мальчика. Полученный револьвер жег ему руку, и кончилось тем, что он убил в упор какого-то несчастного железнодорожного жандарма, а сам за это угодил на виселицу. Никогда не забуду лица его матери после получения известия о его гибели.

Широкая каменная лестница вела в помещение 2-го этажа, и наши заседания происходили в большом классе на этом этаже. Самое здание было четырехэтажное, а рядом с ним фасадом по Мыльникову переулку почти вплотную к нему примыкал другой, трехэтажный дом, крыша которого проходила под четвертым этажом фидлеровского дома. Необходимо отметить еще деталь в строении дома. Прямой угол, образованный фасадами домов по Лобковскому и Мыльникову переулкам, был срезан и на срезе располагалась большая, очень тяжелая, дубовая дверь, а над ней в верхних трех этажах были расположены большие окна.

Не могу обойти молчанием один инцидент, не имевший никакого революционного значения, но важный и интересный, на мой взгляд, для каждого русского человека. Дело было во второй половине ноября. Политическая атмосфера доходила в это время «до белого каления». Все жда-

ли с минуты на минуту решительного взрыва, и наш Комитет работал в очень напряженной и даже нервной атмосфере. Как-то раз около десяти часов вечера повестка нашего заседания была исчерпана и председатель был готов объявить о закрытии заседания. К нему кто-то подошел и что-то шепнул на ухо. Председатель (кажется Ухтомский) кивнул головой и, подняв руку, заявил: «Объявляю заседание закрытым, но прошу товарищей не расходиться, а подняться в актовый зал». Отовсюду послышались недоуменные вопросы: «Что, что случилось?» Сразу представились всякие возможности — что мы окружены полицией, что нас хотят арестовать, что началась-таки революция и т. п. Все возбуждены, все нервничают. Переходим в актовый зал, рассаживаемся и ждем. Проходит две-три минуты, и вдруг распахивается дверь и на пороге появляется мощная фигура... Федора Ивановича Шалапина. Он входит улыбаясь и раскланиваясь, встреченный громом аплодисментов всех присутствующих. Идет Федор Иванович по проходу в домашнем костюме, в коротеньком пиджаке, без перчаток, за ним его аккомпаниатор с толстым пуком нот под мышкой. Федор Иванович останавливается еще раз, здоровается и говорит: «Захотелось попеть, хочу попеть вам. Угодно ли вам?» Со всех концов несутся возгласы: «Просим! Просим! Хотим-и-им!» «С чего же начнем?» Кто-то из рядов крикнул: «Дубинушку», «Давайте «Дубинушку»!» «Ну, а кто будет подтягивать?» «Мы, все мы!», раздаются крики. И вот Шалапин запевает «Дубинушку», сам поет и сам же дирижирует руками. И мы подтягиваем ему, как умеем, сначала нерешительно, как-то вразброд, а потом все громче, стройнее и смелее. А когда Шалапин поет «про князей, про бояр, про тиранов своих припасли мы крепче дубину», то каждый думает о том, что он один из тех, что поднял и занес эту дубину. И песня оканчивается под гром аплодисментов и оваций. А потом полились, полились другие песни и арии Шалапина. Сейчас, конечно, трудно припомнить все то, что им было спето, да это было бы и ни к чему. Помню, что он пел Кёнемана «Как король шел на войну» и «Новгород Великий», пел свою знаменитую «Блоху» Мусоргского, куплеты Мефистофеля и многое, многое другое. Он пел с большим подъемом, и видно было, что этот импровизированный концерт доставлял ему большую радость. Разошлись мы поздно, часов около двенадцати, и дол-

го, долго звучали у нас в памяти только что слуханные мелодии.

Не знаю, много ли сейчас осталось в живых людей, помнящих этот концерт. Но мне хотелось о нем рассказать, чтобы прибавить еще одну лишнюю черточку к характеристике Федора Ивановича.

Подходим к трагическому концу.

Первые числа декабря. Каждую минуту ждем взрыва. Заседание Комитета почему-то назначено на 10 часов утра. Я немножко опаздываю. Почему-то не хочется идти, хотя от нашей квартиры до дома Фидлера всего минут десять ходьбы. Иду по Машкову переулку¹¹ и издали вижу, что на углу Лобковского переулка стоит толпа. Подхожу, узнаю, что ближайшие к дому Фидлера переулки заняты войсками и туда никого не пускают. Изредка слышатся из дома сухие револьверные выстрелы, но, очевидно, для острастки, так как ни о каких раненых, а тем более об убитых нет и речи. Толпа чего-то ждет. Проходит несколько минут, и вдруг раздаются голоса: «Везут, везут!» Через несколько минут появляется взвод конных жандармов, которые начинают быстро оттирать публику от того места, где Лобковский переулок впадает в Машков, а вслед за жандармами, стуча по мостовой, подъезжают два полевых орудия. Оба орудия разворачиваются, снимаются с передков и дулами направляются в сторону училища Фидлера, расположенного шагах в полтора. Артиллеристы что-то возятся около орудий, наводя их на плотно запертую дубовую дверь. Все с замиранием сердца следят за тем, что происходит. И вдруг раздается команда: «Первое, огонь!» — «Ррррах!» — гремит выстрел. Там, где была входная дверь, густое облако дыма и пыли. Во все стороны летят щепки, обломки кирпича, известка. Пыль рассеялась, и на месте тяжелой дубовой двери зияет огромная, почти во весь проем, брешь. И в тот же момент снова раздается команда: «Второе, огонь!» И снова гремит выстрел, и такое же облако дыма заволакивает окно, расположенное над входной дверью. И здесь появляется такая же громадная брешь. Всё замирает. Кругом тишина. Проходит несколько томительных минут. От солдат отделяется взвод под командой офицера и осторожно, медленно приближается к образовавшейся брешу. Все ждут в величайшем напряжении, что будет дальше, но в доме все тихо, ни

выстрела, ни звука. После минутной задержки солдаты входят в помещение дома...

Конечно, я сам в это время внутри дома не был. Но все, что произошло дальше, настолько само собой очевидно, что описать его можно во всех деталях. Отряд вошел в громадную прихожую. Здесь полный разгром, вся мебель поломана, перевернута вверх ногами, разбита. Ящики с револьверами развалились, и револьверы валяются на полу. Осторожно идет осмотр всех комнат и помещений 1-го этажа, нигде ни души. С большими предосторожностями, выслав вперед разведчиков, отряд поднимается на 2-й этаж. Там та же картина. Второй снаряд разворотил все, что только можно было. Снова идет осмотр всех классов и помещений, и снова никого.

То же повторяется и в третьем этаже. Остается последний, 4-й этаж. Вот тут, вероятно, и встретит сопротивление отряд. Со всеми предосторожностями, в большом напряжении поднимается он в этот последний этаж. Но кругом все тихо, ни звука, ни шороха. Осмотр не обнаруживает ни одной живой души. Только на той стене, которая обращена к соседнему трехэтажному дому, настезь открыто окно. И тут загадка разрешается. Под окном снег на крыше соседнего дома весь истоптан. Широкая протоптанная тропа ведет к пожарной лестнице, спускающейся с крыши на площадку двора. Совершенно ясно, что все, что был в доме, ушли на соседний, не охранявшийся двор, а оттуда поодиночке или по двое разбрелись по всему городу. Так и не удалось захватить ни одного из членов Всероссийского стачечного комитета¹².

Весной 1906 г. я благополучно сдал государственные экзамены и был зачислен в число «оставленных при Университете для подготовки к профессорскому званию» по кафедре сравнительной анатомии у проф. М. А. Мензбира¹³. Так начала сбываться моя давнишняя мечта.

¹²Следует уточнить, что училище, где собралось около 150 членов боевых дружин, было окружено войсками, драгунами и полицией. Между осажденными и войсками произошла ожесточенная схватка. Силы были неравны, и значительная часть сдавалась. Было арестовано 118 человек, убито 3 человека, ранено 15 человек. Узнав об этом событии, рабочие стихийно стали возводить баррикады. Стачка быстро переросла в восстание.

¹³Михаил Александрович Мензбир (1855—1935), академик, зоолог, ученик и последователь Н. А. Северцова.

¹¹Ныне улица Чаплыгина.

Константин Константинович Марков



18 сентября 1980 г. скончался академик Константин Константинович Марков, выдающийся советский географ, член редколлегии нашего журнала с 1962 г.

К. К. Марков родился 7(20) мая 1905 г. в г. Выборге в семье инженера-строителя. Учился на географическом факультете Ленинградского университета, здесь же началась его научная и педагогическая деятельность. Уже первые научные публикации К. К. Маркова (1927—1930) свидетельствовали о большой эрудиции молодого ученого и его широких интересах. В 1931 г. была опубликована монография Константина Константиновича «Развитие рельефа северо-западной части Ленинградской области», в которой он дал глубокий палеогеографический анализ исследуемой территории, используя метод спорово-пыльцевого анализа для целей стратиграфии. Широкие обобщения, сделанные в этой работе К. К. Марковым,

вывели эту работу за рамки региональной, и в 1935 г. ему была присуждена за нее степень доктора географических наук (минус степень кандидата наук).

В 1934 г. К. К. Марков начинает работать в Институте географии АН СССР, а в 1938 г. вместе с институтом переезжает в Москву. В течение нескольких лет он заведует отделом физической географии Института, а затем отделом геоморфологии. Одновременно К. К. Марков становится преподавателем Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. В эти годы К. К. Марков проводит экспедиционные исследования в ряде районов Европейской части СССР, на Памире, Тянь-Шане, в Арктике, на Кавказе, в Западной и Восточной Сибири, которые наряду с теоретическими изысканиями позволили Константину Константиновичу вместе с И. П. Герасимовым написать две фундаментальные работы: «Четвертичная

геология» и «Ледниковый период на территории СССР», изданные в 1939 г. Эти книги стали выдающимся событием в географической науке.

В Московском университете К. К. Марков читает курсы лекций по четвертичной геологии, геоморфологии, палеогеографии, которые строятся на анализе огромного материала с привлечением новейших данных. В 1944 г. Константин Константинович получает звание профессора, и с этого времени его деятельность неразрывно связана с географическим факультетом Московского государственного университета.

С 1945 по 1955 г. К. К. Марков — декан географического факультета. По его инициативе созданы новые кафедры и лаборатории, произведена перестройка учебных планов, организованы географические станции и базы.

В этот же период им написаны монографии: «Основные проблемы геоморфологии» (1948) и «Палеогеография» (1-е издание вышло в 1952 г., 2-е — в 1960 г.). В «Палеогеографии» автор осветил общие закономерности развития географической среды нашей планеты, проблемы происхождения Земли, атмосферы, изменения климатов, географической зональности.

Особое место в творчестве К. К. Маркова занимают исследования Антарктиды. Он участник трех первых советских антарктических экспедиций, им написано большое число статей и несколько книг, посвященных проблемам изучения природы Антарктиды. К. К. Марков был также инициатором создания советского «Атласа Антарктики», одним из его редакторов и создателей. За работы по антарктической тематике и за участие в создании «Атласа» К. К. Маркову в числе других исследователей в 1971 г. присуждена Государственная премия.

С 1959 г. К. К. Марков заведует кафедрой общей физической географии и палеогеографии географического факультета.

В то же время К. К. Марков занимается разработкой основных закономерностей развития географической среды. Эти исследования нашли отражение в написанных с соавторами книге «Основные закономерности развития природы территории СССР в четвертичном периоде (ледниковом периоде — антропогене)», вышедшей в 1961 г., а также в монографии «Четвертичный период» (1965—1967).

Продолжал К. К. Марков и плодотворную педагогическую деятельность.

За годы работы в Университете К. К. Марков создал свою географическую школу. Кроме большого количества студентов, им подготовлено около 120 кандидатов и докторов наук.

Творческое сочетание научной, педагогической и организаторской деятельности выдвигает К. К. Маркова в ряд виднейших и активных ученых-географов нашей страны. В 1965 г. ему было присвоено звание заслуженного деятеля науки РСФСР, в 1970 г. К. К. Марков был избран действительным членом Академии наук СССР. Международным признанием научного вклада К. К. Маркова явилось его избрание почетным членом Польского и Хорватского географических обществ, почетным доктором Лодзинского университета.

Обладая исключительной работоспособностью, К. К. Марков в последние годы занимался широким кругом научных проблем. К ним относится долгосрочный географический прогноз, асимметрия географической оболочки, распределение биомассы суши и океана и т. д. Кроме того, К. К. Марков возглавлял обширные исследования опорных разрезов плейстоценовых отложений на территории СССР, а также работы над созданием первой советской многотомной монографии «География мирового океана», которая в настоящее время уже выходит.

К. К. Марков много и плодотворно занимался популяризацией науки. Более 50 лет назад в нашем журнале появилась его первая публикация, и с этого времени он становится одним из активнейших авторов «Природы». «Некоторые вопросы генезиса ледниковых ландшафтов» (1931, № 5), «Новейший геологический период — антропоген» (1953, № 3), «В Антарктиду» (1956, № 8), «География и космические полеты» (1961, № 5), «Пространство и время в географии» (1965, № 5), «Новейшие страницы истории Земли» (1966, № 5), «География океана» (1975, № 3) — таков далеко не полный перечень статей К. К. Маркова, появившихся на страницах «Природы», не говоря о множестве мелких заметок, рецензий на книги и т. п.

Став в 1962 г. членом редколлегии «Природы», К. К. Марков стремился привлечь к работе в журнале талантливых ученых, много сделал для пропаганды достижений советской географии.

Память о Константине Константиновиче Маркове, крупном ученом и мудром учителе, навсегда сохранится в сердцах всех, кто знал его и работал с ним.

Редакционная коллегия

Космические исследования

Полет советско-кубинского экипажа

18 сентября 1980 г. в 22 ч 11 мин по московскому времени в Советском Союзе был осуществлен запуск транспортного космического корабля «Союз-38», пилотируемого международным экипажем в составе командира корабля летчика-космонавта СССР Ю. В. Романенко и космонавта-исследователя гражданина Республики Куба А. Тамайо Мендеса. 19 сентября в 23 ч 49 мин «Союз-38» состыковался с орбитальной станцией «Салют-6»; с этого момента на борту научно-исследовательского комплекса «Салют-6» — «Союз-37» — «Союз-38» приступил к работе международный экипаж в составе космонавтов Л. И. Попова, В. В. Рюмина, Ю. В. Романенко и А. Тамайо Мендеса.

Программа работ международного экипажа, подготовленная специалистами СССР и Республики Куба, предусматривала проведение в течение 7 дней медико-биологических, физико-технических и технологических экспериментов, а также изучение атмосферы и природных ресурсов Земли. Были также продолжены исследования, начатые предыдущими международными экипажами.

Работу на борту станции «Салют-6» космонавты Романенко и Мендес начали с исследования сердечно-сосудистой системы в период адаптации с помощью прибора «Пневматик-1» и многофункциональной регистрирующей аппаратуры «Полином-2М». В эксперименте «Суппорт» исследовались изменения опорной функции человека в условиях невесомости. Как известно, после пребывания в невесомости у космонавтов отмечался



Международный экипаж космического корабля «Союз-38»: командир корабля летчик-космонавт СССР Герой Советского Союза полковник Юрий Викторович Романенко (справа) и космонавт-исследователь гражданин Республики Куба полковник Арнальдо Тамайо Мендес во время медицинских занятий в Центре подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина.

Фото ТАСС.

ряд двигательных нарушений, в частности некоторые изменения в координации. Специалисты не исключают, что определенная роль в развитии этих нарушений принадлежит изменениям в структуре и функции свода стопы, связанным со снижением тонуса мышц голени и стопы. Поэтому с помощью профилированных супинаторов, изготовленных кубинскими специалистами, изучались изменения структуры и опорной функции свода стопы человека в условиях невесомости и определялась возможность предупреждения этих изменений. В полете космонавт-исследователь ежедневно носил обувь с профилированными

супинаторами и регистрировал время и условия ношения, а также фиксировал собственные ощущения при использовании такой обуви. Одновременно было опробовано профилактическое устройство, позволяющее сохранять структуру свода в условиях недогрузки опорного аппарата.

В эксперименте «Кортекс» проводились электрофизиологические исследования функционального состояния центральной нервной системы человека в космическом полете. Кроме того, оценивалась динамика психомоторной координации космонавта в условиях невесомости (эксперимент «Координация»), поскольку опыт медицинского обеспечения космических полетов показал, что успешное выполнение профессиональных задач по управлению полетом корабля, обслуживанию систем жизнеобеспечения и проведению научных исследований во многом зависит от состояния психомоторной координации космонавтов. С помощью комплекта устройств «Контакт» (в эксперименте «Восприятие»), созданного кубинскими специалистами, психоневрологиче-

скими методами определялись изменения в рецепторном аппарате и состоянии сенсорных функций, а в результате — и в способностях космонавта.

Для анализа влияния факторов космического полета, в частности, на изменение отношения жировой массы к мышечной в эксперименте «Антропометрия» с помощью специальных приспособлений (антропометра; весов; метрической линейки, калиброметра) измерялись некоторые антропометрические показатели (рост, вес, окружность частей тела, диаметр костей). Результаты этого эксперимента помогают совершенствовать режим восстановительных физических упражнений, а также режим питания космонавтов.

Интересно были задуманы биологические эксперименты «Атуэй» и «Мультипликатор». В первом ставилась задача изучить влияние невесомости на процессы клеточного деления и рекомбинации дрожжей, которые являются одноклеточными микроорганизмами короткого жизненного цикла, что дает возможность изучать многочисленные поколения, образовавшиеся и развившиеся в условиях невесомости. Генетический анализ позволяет выявить возможные незначительные отклонения в процессах деления и рекомбинации.

В эксперименте «Мультипликатор» с помощью автоматического анализатора, регистрирующего оптическую плотность суспензии микроорганизмов, исследовались те же штаммы дрожжей. Результаты обоих экспериментов позволяют более полно судить о влиянии факторов космического полета на жизненные процессы, протекающие на клеточном уровне.

Программа изучения природных ресурсов Земли из космоса была весьма обширна. В эксперименте «Биосфера-К» были отобраны 15 наиболее важных задач, в том числе ряд геологических — наблюдения основных разломов земной коры, которые хорошо прослеживаются из космоса, кольцевых структур, зон развития тех или иных горных пород; сре-

ди них изучение цветовой гаммы морской акватории кубинского архипелага.

С помощью комплекса аппаратуры (эксперимент «Антис») проводилось спектрометрирование с одновременным фотографированием территории Кубы и других районов. Большую помощь международному экипажу оказали космонавты Попов и Рюмин в выполнении эксперимента «Тропико-3», предназначенного для съемки территории Кубы и прилегающих шельфовых зон в интересах рыбного и сельского хозяйства, животноводства и других отраслей народного хозяйства Республики Куба.

К программе изучения природных ресурсов Земли примыкал цикл физико-технических и геофизических экспериментов, в которых исследовались различные явления в атмосфере, изучались искажения, вносимые при дистанционном зондировании Земли чистой и загрязненной воздушной оболочкой нашей планеты, очаги загрязненности в атмосфере и т. п.

Третье традиционное направление исследований — космическое материаловедение. На советских электронно-гревательных установках «Сплав» и «Кристалл» международный экипаж выполнил эксперимент «Карибе», в ходе которого вырабатывались кристаллы германия, легированного индием, а также получались эпитаксиальные пленки из арсенида галлия, легированного алюминием. Цель эксперимента — поиск оптимальных условий получения этих материалов.

Если эксперимент «Карибе» — составная часть общих работ по программе «Интеркосмос» в области космического материаловедения, то эксперименты «Сахар» и «Зона» — новое направление в космической технологии. В них исследовалась кинетика роста монокристаллов сахара и моделировался процесс зонной плавки сахарозы при наличии градиента температуры в монокристаллах. Эти эксперименты имеют громадное практическое значение для кубинской про-

мышленности, поскольку могут способствовать решению одной из центральных народнохозяйственных задач — обеспечению полной и эффективной переработки сахарного тростника.

Полет седьмого международного экипажа по программе «Интеркосмос» завершился 26 сентября 1980 г.: в 18 ч 54 мин по московскому времени спускаемый аппарат «Союза-38» с космонавтами Романенко и Мендесом совершил мягкую посадку в заданном районе территории Советского Союза, в 175 км юго-восточнее Джезказгана.

С. А. Никитин
Москва

Астрономия

Спутники астероидов

После обнаружения 7 июня 1978 г. спутника у астероида Геркулина¹ встал вопрос, уникален ли этот астероид или же спутники имеются и у других малых планет. В связи с этим открытием были пересмотрены материалы прошлых наблюдений по затмению звезд астероидами. Как оказалось, имеются многочисленные данные о кратких затмениях звезд, происшедших явно не от самих астероидов, например, во время затмений звезд астероидами Антигона (октябрь 1973 г.), Эрос (январь 1975 г.), Паллада (октябрь 1976 г.), Геба (март 1977 г.).

После открытия спутника Геркулины в течение 1978 г. были зарегистрированы вторичные затмения, связанные с астероидами Метиды, Юнона, Мельпомена, а также вновь с Палладой и Геркулиной. Считается, что у восьми астероидов, которые наблюдались при затмении ими звезд, имеется один достоверно установленный спутник (у Геркулины), 12 возможных (5 — у Геркулины, по 2 у Паллады и Эроса, по 1 у Юноны, Гебы и Антигоны) и 10 предполагаемых спутников

¹ «Природа», 1978, № 12, с. 120.

(имеющиеся в этих случаях данные не позволяют уверенно судить о причине затмения). Э. Тедеско (Университет штата Аризона, США) предполагает, что спутники имеются еще у 12 астероидов (на основании периодического изменения их яркости). Кривые блеска этих астероидов весьма схожи с кривыми блеска двойных звезд, у которых минимальная яркость приходится на периоды затмения одной звезды другою.

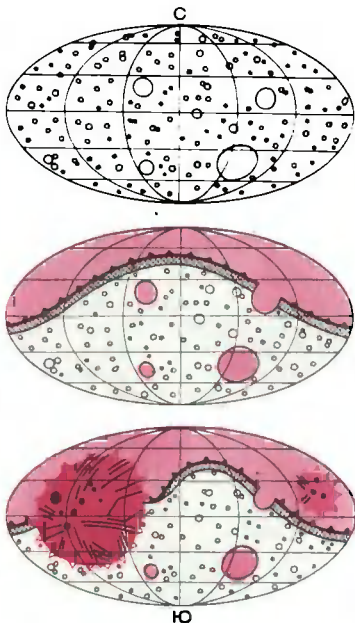
По оценкам Р. Бинцеля и Т. Ван Фландерна (Макалестерский колледж, Сент-Пол и Морская обсерватория, Вашингтон, США), радиус сферы, в пределах которой спутник астероида будет устойчив к гравитационным возмущениям со стороны Солнца, составляет 100 диаметров астероида, что указывает на динамическую стабильность орбиты спутников. Поскольку восемь астероидов, у которых наблюдались возможные спутники, имеют различные размеры и по химическому составу относятся к разным типам, маловероятно, что наличие у них спутников представляет собой исключительное явление. По мнению Бинцеля и Ван Фландерна, малые спутники многочисленны и имеются у большинства астероидов.

«Science», 1979, v. 203, № 4383, p. 903—907 (США).

Планетология

Геологическая история Марса

Изучение современного рельефа поверхности Марса по космическим снимкам позволило Е. Е. Миланоскому и А. М. Никишину (Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова) выделить три основных типа структурных областей планеты. К первому, континентальному, занимающему большую часть поверхности, отнесены наиболее древние участки, покрытые множеством кратеров. Рельеф этих областей аналогичен лунным материкам. Вто-



Три главных типа структурных областей, отражающие три основных этапа геологического развития планеты: образование открытой кратерами континентальной поверхности (вверху); возникновение океанических лавовых равнин (в центре), цветом показаны равнинные области и большие кратеры, залитые лавой, зубчатая линия — уступ от кратеров к равнинной поверхности, штриховка — зона дробления первичной коры; образование двух крупных купольных поднятий (внизу), рассеянных трещинами (сплошные линии) и завершающихся вулканами (черные точки).

рой тип, океанический, расположен в Северном полушарии Марса. Он представлен равнинами, образованными лавовыми покровами, и весьма напоминает равнины лунных морей. К третьему типу относятся области крупных поднятий, которых на Марсе две; расположены они в приэкваториальной зоне планеты. Области каждого типа занимают определенное высотное положение. Наиболее низко расположены океанические области (от 0 до —4 км)¹. Континентальные

районы занимают промежуточное по высоте положение (2—5 км выше нулевого уровня). Наибольшими высотами характеризуются купольно-вулканические поднятия — до 11 км, а расположенные на них четыре крупнейших вулкана достигают рекордных среди всех планет Солнечной системы отметок — 27 км.

Три основных типа структурных областей Марса образовались в результате трех крупных этапов геологической эволюции планеты². Во время первого этапа (4,6—4 млрд лет назад) на всей поверхности планеты проходило образованье первичной коры. Тогда же в результате интенсивной метеоритной бомбардировки возникло огромное количество кратеров и крупных ударных бассейнов (Эллада, Аргир, Хрис, Исида). В ходе второго этапа (4—3,5 млрд лет назад) произошло общее расширение планеты с образованием в Северном полушарии крупной впадины («океана») за счет растяжения, обвала и тектономагматической переработки первичной коры. Лавами был затоплен также ряд участков континентальной местности. Между древней поверхностью и вновь образованными низменностями возникла зона дробления первичной коры, представляющая собой крупный, планетарного масштаба уступ с разницей высот в 2—3 км.

Третий этап (3,5—1 млрд лет назад) связан с развитием крупных купольно-вулканических поднятий. Наибольшее из них — Фарсида — имеет в диаметре около 5000 км. Оно возникло как на «континентальной», так и на «океанической» области. Это поднятие рассечено на секторы рифтовыми системами двух типов. Один тип представляет собой пояса и верные пучки узких протяженных впадин — грабенов. Другой — широкие (30—600 км) и глубокие (1—6 км)

²О методе датировки поверхности планет подробнее см.: Кац Я. Г., Козлов В. В., Кузнецов Ю. Я., Сулиди-Кондратьев Е. Д. Тектоника и вулканизм Марса. — «Природа», 1978, № 10.

¹За нулевой уровень высоты на Марсе взят уровень, где атмосферное давление равно 6,1 мбара.

каньоны. Меньшее по размерам поднятие — Элизий — имеет сходные с Фарсидой геологические особенности, но располагается целиком в «океанической» области. Анализ геологических и геофизических данных позволяет предполагать, что купольные поднятия связаны с восходящими течениями материала в мантии планеты.

Геологическая история Марса, отраженная в его современном рельефе, сложнее, чем у Луны, где наблюдаются лишь два первых из описанных выше этапов эволюции планеты.

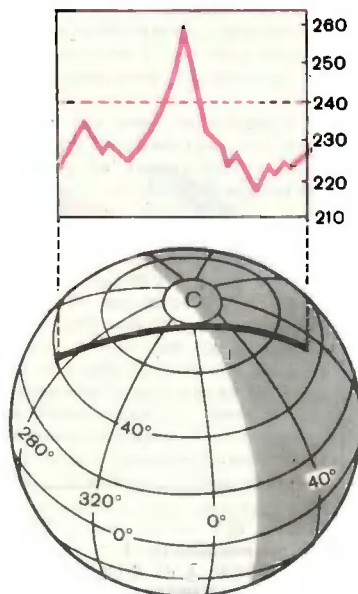
«Типы гор и механизм горообразования». Тезисы докладов к XVI пленуму Геоморфологической комиссии АН СССР. Иркутск, 1979, с. 52—54.

Планетология

Полярное «окно» в облаках Венеры

Из астрономических наблюдений давно известно, что Венера покрыта сплошным слоем облаков. Однако с Земли невозможно наблюдать районы около полюсов. Оказалось, что как раз там-то и нет облаков. К такому выводу пришли Ф. Тейлор, Д. Макклиз и Д. Дайнер (Лаборатория реактивного движения, США), изучив результаты измерений температуры верхнего слоя облаков, полученные со спутника «Пионер-Венера» (его орбита проходит почти над полюсом, что позволяет проводить детальные наблюдения этой области).

Если в экваториальных и умеренных широтах были обнаружены колебания температуры облачного слоя лишь в несколько градусов, то в северной полярной области они достигают 45°C. Здесь зарегистрирована наивысшая для Венеры температура поверхности облаков, — 13°C. Очень резкое увеличение температуры, а также данные параллельных измерений температуры прозрачного слоя, лежащего выше облаков, свидетельствуют о том, что большой тепловой контраст над



резкое повышение температуры верхних слоев атмосферы над Северным полюсом Венеры указывает на отсутствие в этом районе облачного слоя. Средняя по планете температура поверхности облаков — около 240 К.

полюсом планеты возникает либо в результате снижения верхней границы облаков примерно на 15 км, либо из-за полного исчезновения облачного слоя в этом районе, но не в результате действительного увеличения температуры на том же высотном уровне. Следовательно, близ полюса в атмосфере имеется направленное вниз течение воздушных масс, создающее разрыв в облачном слое.

Подобная циркуляция облачного слоя Венеры предполагалась и ранее, на основании снимков, сделанных автоматической станцией «Маринер-10» в 1974 г¹. Тогда наблюдалось движение облаков по спиральным линиям от экватора к полюсам, обрезающее два крупных вихря, каждый из которых захватывал целое полушарие планеты. Подъем воздушных масс происходил в экваториальной области, а опу-

сание их — в районах полюсов. Теперь эта модель циркуляции на Венере подтверждена независимыми данными о температуре поверхности облачного слоя.

Однако пока неясно, почему «окно» в облаках (его размеры достигают 1100 км) расположено не точно на Северном полюсе, а в 500—1000 км от него.

«Nature», 1979, v. 279, № 5714, p. 613—614 (Великобритания).

Физика

Гигантская магнитострикция

На кафедре общей физики МГУ под руководством К. П. Белова ведутся многолетние исследования нового класса ферромагнитных веществ — редкоземельных металлов, их сплавов и соединений урана. Одним из результатов этого исследования явилось открытие необычно большого изменения размеров ферромагнитных образцов, изготовленных из этих веществ, если их поместить в магнитное поле (этот эффект называется магнитострикцией).

В традиционных ферромагнитных материалах (железе, никеле, их сплавах и соединениях) относительные магнитострикционные деформации, как правило, не превышают величины 10^{-4} (как в поли-, так и в монокристаллах). Как установили авторы открытия, в поликристаллических редкоземельных металлах тербия и диспрозия эта величина в 30—100 раз больше, а в монокристаллах этих металлов достигает гигантской величины $\sim 10^{-2}$ (т. е. нескольких процентов от длины образца). Сплавы и различные соединения тербия, диспрозия, эрбия и др. (например, ферриты со структурой граната) обладают магнитострикционной деформацией $\sim 10^{-3}$; такого же порядка эта величина оказалась у многих урановых соединений. Удивительно, что эти вещества и в парамагнитном состоянии (при нагреве выше точки Кюри) в сильных магнитных полях обладают огромной

¹ «Природа», 1974, № 9, с. 106.

(но меньшей, чем в ферромагнитном) магнитострикцией $\sim 10^{-4}$.

Авторы открытия — К. П. Белов, Р. З. Левитин, С. А. Никитин и В. И. Соколов — установили причину аномально высокой магнитострикции. Упрощенно механизм ее возникновения можно представить следующим образом. Электронное облако ионов лантаноидов и актиноидов имеет несферическую, сильно анизотропную форму. При действии магнитного поля происходит поворот полного магнитного момента атома и вместе с ним — электронного облака; облако сильно «возмущает» электрическое поле кристалла, что и вызывает аномально высокую магнитострикцию. В магнетиках группы железа электронное облако атома имеет менее анизотропную форму, которая не вызывает больших возмущений электрического поля кристалла, поэтому в этих соединениях магнитострикция невелика.

Открытое явление, естественно, имеет большое практическое значение: на основе материалов с гигантской магнитострикцией можно создавать новые приборы и устройства, например генераторы звука повышенной мощности, различные автоматические устройства.

Бюллетень «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1980, № 33, с. 3.

Физика

Релятивистская скорость испарения металла

В обычных условиях скорость испарения металла под действием мощного лазерного излучения составляет 10^4 — 10^5 см/с. Эта величина может быть существенно увеличена при скольжении лазерного луча вдоль поверхности тонкой металлической пленки. Как показывают оценки Г. А. Аскарьяна (Физический институт имени П. Н. Лебедева АН СССР), эта скорость может достигать релятивистских значений и да-

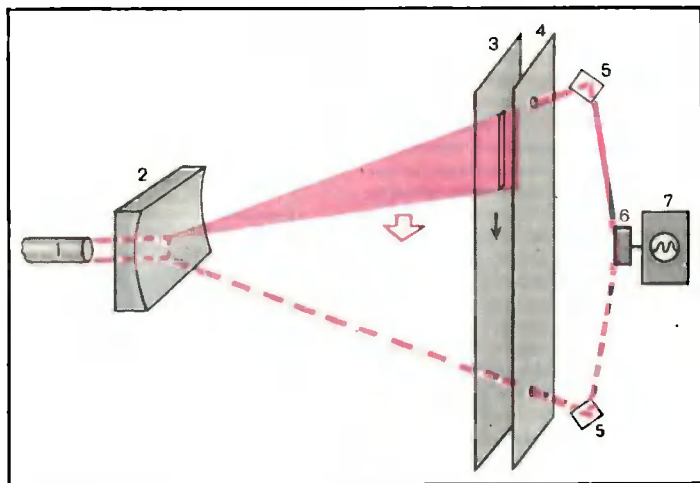


Схема эксперимента: 1 — лазерный кристалл; 2 — цилиндрическая рассеивающая линза; 3 — вторая металлизированная лавсановая пленка; 4 — экран с отверстиями; 5 — зеркала; 6 — фотоприемник; 7 — осциллограф. Цветной штриховкой показана область, занятая лазерным излучением при развитии генерации; стрелки указывают направление расширения этой области и направление движения фронта испарения металлической пленки. [Первая лавсановая пленка, необходимая для создания режима генерации, на рис. не показана.]

же превышать скорость света в среде.

Для проверки этих оценок Г. А. Аскарьян и Б. М. Манзон провели эксперимент с помощью созданного ими мощного неодимового лазера, работавшего в так называемом режиме волны генерации: генерация лазерного излучения происходила в каждый момент времени лишь в небольшой области лазерного кристалла, параллельной его оси и имеющей в поперечнике 5 мм (диаметр кристалла 5 см). Такой режим создавался путем введения в резонатор лазера между торцом кристалла и непрозрачным зеркалом металлизированной (т. е. покрытой тонким слоем алюминия толщиной 20 нм) пленки под малым (3 — 4°) углом к плоскости зеркала. Поскольку пленка отражала в сторону от оси лазера падавшее на нее со стороны кристалла из-

лучение, генерация отсутствовала. Для ее возбуждения в пленке в точке, соответствовавшей проекции на нее верхнего конца кристалла, вспомогательным лазером прожигалось отверстие, что немедленно приводило к вспышке генерации. Затем по мере «высвечивания» активной среды линия генерации смещалась вниз по диаметру кристалла.

Выходящий из лазера луч с помощью внешней цилиндрической рассеивающей линзы быстро пробегал по поверхности второй металлизированной лавсановой пленки, расположенной на расстоянии 3,5 м от лазера. Когда металлическое покрытие испарялось, пленка прожигалась и луч скользил по находившемуся за пленкой непрозрачному экрану. В экране имелись два отверстия, расположенные на расстоянии 3 м друг от друга, за которыми находился фотоприемник; таким образом, прямо определялось время прохождения фронтом испарения металла расстояния между отверстиями. Скорость движения фронта достигала $4 \cdot 10^9$ см/с (скорость света равна $3 \cdot 10^{10}$ см/с).

По мнению авторов, большая скорость, с которой распространяется фронт испарения металла, может быть использована, например, для исследования доплеровского сдвига частоты световой волны. Кроме того, имеется возможность наблюдать черенковские

эффекты при сверхсветовых скоростях фронта и использовать возникающие на краю фронта сильные электрические поля для ускорения частиц.

«Письма в ЖЭТФ», 1980, т. 31, вып. 5, с. 283.

Физика

Расщепление атомного пучка световой волной

Создание мощных лазеров позволило в последние годы помимо изучения процессов, обусловленных воздействием вещества на свет, приступить к исследованию эффектов, вызванных воздействием интенсивного лазерного излучения на движение самих атомов вещества в пространстве.

Одно из таких явлений — предсказанное в 1975 г. советскими физиками А. П. Казанцевым и Г. И. Сурдутовичем рассеяние атомного пучка электрическим полем стоячей световой волны, имеющей частоту, близкую к частоте атомного перехода (так называемое резонансное взаимодействие)¹. Недавно этот эффект был подтвержден экспериментально в Астрофизическом институте им. Г. Герцберга (Канада). Пучок атомов натрия диаметром 0,25 мм проходил сквозь перпендикулярную его оси стоячую световую волну, создаваемую лазером на красителе. Лазерное излучение было настроено на D-линию спектра натрия (589 нм), мощность менялась от 5 до 100 мВт, диаметр сфокусированного лазерного луча составлял 0,2 мм.

Атомы натрия, проходя сквозь световое поле и поглощая резонансные фотоны двух встречных бегущих световых волн (составляющих стоячую световую волну), приобретали компоненту импульса, направленную поперек пучка. В результате диаметр атомного пучка, измеренный на расстоя-

нии 75 см от области взаимодействия со светом, увеличивался, достигая 1 мм при мощности лазерного излучения 100 мВт.

Так как по общему характеру воздействия на атомный пучок электрическое поле стоячей волны представляет дифракционную решетку с периодом $d = \lambda$, теория предсказывает возникновение дифракционных максимумов.

В эксперименте канадских исследователей дифракционные пики не наблюдались, так как для их регистрации необходима значительно большая разрешающая способность экспериментальной установки, в частности, нужны пучки с большей степенью фокусировки. «Physical Review Letters», 1979, v. 43, № 11, p. 753 (США).

Биохимия

Механизм действия калмодулина

До сих пор считалось, что ионы кальция внутри клеток организма вызывают сокращение мышц. Исследованиями последнего времени установлено, что эти ионы принимают активное участие и в ряде других важных биологических процессов: клеточном делении, снабжении клеток энергией путем распада гликогена (гликогенолизе), высвобождении из клеток продуктов их секреции и пр. Всем этим процессам предшествует более чем 1000-кратное увеличение концентрации ионов кальция в клетке.

Были обнаружены особые белки, способные обратимо связывать кальций, так называемые кальций-протеины; как оказалось, ионы кальция активируют клеточные ферменты, участвующие в различных реакциях, действуя не прямо, а путем фиксации на кальций-протеинах. Вначале было установлено, что кальций вызывает сокращение мышц, связываясь с одним из кальций-протеинов, — с тропонином С. С тех пор был открыт и изучен целый ряд внутриклеточных кальций-протеинов. Особое внимание исследователей привлек калмо-

дулин, который справедливо считается многофункциональным модулятором почти всех процессов, происходящих внутри клетки с участием кальция (таких как сокращение гладких мышц внутренних органов, стенок сосудов и бронхов). Что же касается тропонина С, то он главным образом участвует в сокращении мышц скелета и сердца.

Движение хромосом при клеточном делении также стимулируется кальцием и калмодулином. Кроме того, они влияют на процесс распада гликогена, действуя на киназу фосфориллазы, главный фермент, ответственный за этот процесс¹.

В состоянии покоя клетки цитоплазмы содержат мало кальция. Во внеклеточном пространстве его содержится в 200 раз, а во внутриклеточных резервуарах — в миллион раз больше, чем в цитоплазме. Таким образом, устанавливается градиент концентрации ионов кальция, который поддерживается работой так называемого мембранного насоса поверхности клеток. Энергия для работы такого насоса получается при гидролизе богатых энергией химических связей. Калмодулин играет очень важную роль в регуляции уровня концентрации кальция между цитоплазмой клетки и внеклеточной средой, а также между цитоплазмой и резервуарами кальция внутри клетки. Наконец, калмодулин может заменять тропонин С при активации сокращения скелетных мышц.

До сих пор неизвестно, что в структуре калмодулина позволяет ему взаимодействовать с ферментами, активность которых он повышает. По молекулярному весу (16 700 Д), а также по числу мест связи с кальцием калмодулин близок к тропонину С, но в отличие от него еще имеет особую группу молекул — остаток триметила на одной из аминокислот (лизине).

Калмодулин находят во всех тканях многоклеточных

¹ Казанцев А. П., Сурдутович Г. И. «Письма в ЖЭТФ», 1975, т. 21, с. 346.

¹ Dabrowska R. et al. «Biochemistry», 1978, v. 17, p. 253.

организмов, начиная от растений и кончая высшими животными, что указывает на многофункциональность его действия. Результаты исследований последних лет позволяют установить механизм действия этого белка на клетки². Калмодулин вначале воздействует на мембраны клеток, которые затем передают полученную информацию внутрь клетки с помощью вторичных переносчиков двух видов. Первый — это хорошо известный аденозин-3', 5'-циклофосфат, или циклический АМФ, концентрация которого в клетке в ответ на действие гормональной информации резко увеличивается. Второй тип — это ионы кальция. В некоторых случаях ферменты, которые активируются системой кальция-калмодулина, могут стать объектами воздействия и циклического АМФ. Таким образом, циклический АМФ и кальций (последний через посредство калмодулина) могут активировать одни и те же ферменты, но с помощью различных механизмов.

Это очень важный факт. Он свидетельствует, что регуляторы важнейших физиологических процессов в клетках тесно переплетаются между собой и могут заменять друг друга.

Г. Д. Кобринский,
доктор медицинских наук
Москва

Медицина

Амантадин — препарат против гриппа А

Одна из трудностей борьбы с гриппом заключается в уникальной способности вируса изменять свои антигенные свойства. По этой причине иммунитет, возникший в результате заболевания во время очередной гриппозной эпидемии, не защищает от болезнетворного действия вируса,

вызывающего следующую пандемию, так как иммунная система организма «не узнает» этот новый, изменивший свои антигенные свойства вирус. Иммунопрофилактические мероприятия часто запаздывают, так как даже если суметь быстро выделить новый штамм вируса, не всегда удается своевременно приготовить нужное количество вакцины ввиду быстроты распространения гриппозных заболеваний.

Антигенные свойства вируса меняются в результате перемешивания в структуре двух белков — гемагглютинаина и нейраминидазы, находящихся на поверхности вируса и во многом определяющих его иммунологическую специфичность. Это свойство, особенно присущее вирусам гриппа типа А, до сих пор не объяснено.

Другая трудность борьбы с гриппом — отсутствие эффективных медикаментозных средств для лечения уже возникших заболеваний. Однако совсем недавно положение изменилось: для лечения и предупреждения гриппа стали применять препарат амантадин. Первые сведения о его противогриппозных свойствах появились еще в 1963 г., затем в системе культуры тканей была показана чувствительность к амантадину всех штаммов вируса гриппа А; вместе с тем амантадин слабо, но действует и на вирусы типа В.

В результате профилактических испытаний амантадина на 110 тыс. человек в США, удалось установить, что этот препарат снижает заражение вирусом гриппа А до 50% и уменьшает клинические проявления болезни до 70% случаев применения. Это означает, что значительный процент людей, зараженных вирусом гриппа А, благодаря приему амантадина не заболевают.

Лечение этим препаратом дает положительные результаты, если его проводят в течение первых 48 ч после появления симптомов болезни. Кроме того, установлено, что лица, которые принимали амантадин, значительно меньше способны к последующему заражению здоровых людей. Лечение амантадином сокращает

среднюю продолжительность заболевания гриппом с 4 до 1,5 дней. Побочные явления при лечении амантадином (бессонница, головокружение, нервозность, сонливость) наблюдаются у 7% заболевших гриппом. Эти явления возникают спустя несколько часов после приема первой дозы лекарства и быстро проходят. «Science», 1979, v. 206, № 4422, p. 1058 (США).

Вирусология

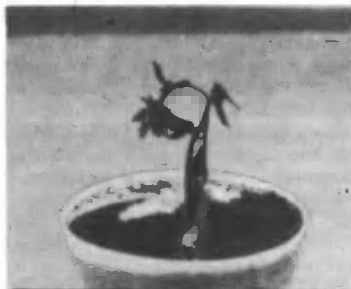
РНК ослабляет вирусное заболевание у растений

Американские вирусологи Г. Вотерворс, Дж. Капер и М. Тузиньян установили, что одна из фракций РНК, выделенная из томатов, пораженных вирусами огуречной мозаики, может ослабить это заболевание у некоторых других культурных растений. Этим свойством, однако, обладает РНК, полученная лишь от сильно пораженных растений.

Как оказалось, в зависимости от степени заболевания состав выделенной РНК различен: у растений со слабо выраженными симптомами (папоротниковидным синдромом) РНК состоит из 4 фракций, а у погибающих томатов с сильными некрозами — из 5 фракций. Эта пятая фракция была названа CARN 5. Она представляет собой низкомолекулярную, реплицирующуюся, сателлитоподобную РНК, связанную с различными штаммами вируса огуречной мозаики.

В первых экспериментах по искусственному заражению томатов вирусом огуречной мозаики авторы показали, что присутствие CARN 5 усиливает заболевание и приводит к гибели растений. В последующих экспериментах они изучали влияние CARN 5 на проявление огуречной мозаики у 25 видов культурных растений, восприимчивых к вирусу этого заболевания. Растения заражали клеточным соком, выделенным как из слабопораженных томатов, содержащих только вирусы без CARN 5, так и из погибающих, содержащих и

² Klee C. B. et al. "Biochemistry", 1979, v. 18, p. 722; Nairn A. C. et al. "Biochem. J.", 1979, v. 179, p. 89.



Растения томатов (вверху), перца (в середине) и кукурузы (внизу), зараженные вирусами огуречной мозаики. Слева без CARNA 5, справа — с CARNA 5.

вирусы, и CARNA 5. Установлено, что у таких растений, как тыква, перец, кукуруза, наличие CARNA 5 — в противоположность томатам — заметно уменьшало симптомы заболевания: у них развивался лишь слабый хлороз листьев и замедлялся их рост, однако они не погибали в течение трех месяцев наблюдений. В то же время у растений, зараженных клеточным соком без CARNA 5, развивались сильная мозаика, некроз листьев и стеблей, что в конечном счете приводило к их быстрой гибели.

Проводились также эксперименты по одновременному заражению растений очищенными препаратами вируса огуречной мозаики и CARNA 5. Полученные результаты аналогичны тем, что и при заражении растений клеточным соком из отмирающих томатов. «Science», 1979, v. 204, No 4395, p. 845 (США).

Зоология

Сверхскоростная ловля добычи рыбой-клоуном

Рыба-клоун (семейство Antennariidae из отряда

удильщиков) относится к наиболее высокоспециализированным рыбам Мирового океана. Это небольшие рыбки с объемистым брюхом, крохотными глазками и маленьким направленным косо вверх ртом. Окрашены они чрезвычайно пестро, к тому же голая, лишенная чешуи кожа покрыта бугорками, выступами, мохообразными выростами — и окраска, и все строение рыбы отлично способствуют маскировке (например, саргассовая рыба-клоун в точности напоминает куст саргасов). Рыба-клоун лишь изредка перебирается с места на место, а замаскировавшись, сидит совершенно неподвижно. Охотится она с помощью «приманки»: как и у других рыб-удильщиков, первый луч спинного плавника превращен у нее в гибкую «удочку», на которой сидит причудливой формы кожное образование. У одних рыб оно напоминает рачка, у других — червяка, а у одного вида, открытого американскими ихтиологами Д. Гробеккером и Т. Пичем¹, — даже маленькую рыбку из окунеобразных. Недавно эти же ихтиологи обнаружили еще одну удивительную особенность рыбы-клоуна?

Приманив добычу на минимальное расстояние, рыба-клоун мгновенно заглатывает ее, даже не пошевелившись. Уловить глазом этот момент невозможно — рыбка просто исчезает. Раскрыть секрет такого сверхскоростного заглатывания удалось с помощью киносъемки.

Гробеккер и Пич держали в аквариуме 3 вида тропических донных рыб-клоунов; *Antennarius hispidus*, *A. tridens* и *A. phymatodes*, кормили их золотыми рыбками и снимали узкоплечным аппаратом со скоростью 800—1000 кадров/с. Оказалось, что рыбы-клоуны ловят добычу

¹ См.: Необычные удильщики. — «Природа», 1979, No 6, с. 109.

² Grobucker D. B., Pietsch T. W. — «Science», 1979, v. 205, No 4411, p. 1161.

тем же способом, что и большинство хищных рыб: они «всасывают» ее, быстро расширяя ротовую полость при закрытом рте и разевая рот в тот момент, когда добыча оказывается прямо перед пастью. Однако увеличение объема пасти и сама скорость этого процесса у них гораздо больше, чем у всех изученных в этом отношении рыб.

Делая парафиновые отпечатки ротовой полости рыб-клоунов в обычном и растянутом состоянии, они установили, что при захвате добычи объем ротовой полости мгновенно увеличивается в 12—14 раз (для сравнения можно указать, что речной окунь, например, разевая свою огромную пасть, увеличивает объем ротовой полости в 6 раз). Весь процесс заглатывания добычи (всасывания, раскрытия и закрывания рта) длится 4—10, в среднем 6 тысячных долей секунды (рекорд — 3,8 мс). Речной окунь заглатывает добычу в 7 раз медленнее, тратя 40 мс. Лишь пресноводная рыба-бабочка, хорошо знакомая аквариумистам, может поспорить с рыбой-клоуном, но и она делает это вчетверо медленнее.

Многие рыбы умеют хорошо маскироваться и быстро хватать зазевавшуюся добычу, но сочетание столь совершенного камуфляжа, и изумительного искусства приманивать добычу со сверхскоростным ее захватом и умением проглотить жертву, буквально «не шевельнув плавником» (что, разумеется, дает солидную экономию энергии), — все это свойственно только рыбам-клоунам.

К. Н. Несис,
кандидат биологических наук
Москва

Охрана природы

Обезвреживание полихлорбифенилов

Л. Л. Пытлевский, американский химик-аналитик,

специалист по детоксикации ядовитых веществ (Дрексельский университет), добился первых определенных успехов в обезвреживании полихлорированных бифенилов (ПХБ)¹. Известно свойство ПХБ вызывать различные кожные и неврологические заболевания у человека, отрицательно влияя на способность к размножению у высших млекопитающих. Как и ДДТ, ПХБ не растворяются в воде, остаются стабильными при температуре до 862°C, противостоят попыткам биологического и химического разложения. В итоге, поступив в пределы биосферы, ПХБ в конце концов скапливаются в жировой ткани животных и человека. В связи с такими свойствами Управление по охране природной среды США недавно приняло решение запретить производство и использование ПХБ на территории страны. Однако угроза здоровью остается существенной вследствие накопления ранее использованных ПХБ: только за 40 лет (1930—1971) в США было произведено и использовано в различных целях более 350 тыс. т этих веществ.

Обработав ПХБ полиэтиленгликолем-400, Пытлевский вызвал перенос высокой реакционной способности, свойственной металлическому натрию, на ПХБ. Крайне высокая реакционная способность натрия позволила вывести из состава ПХБ хлор и заменить его гидроксильными группами. Хлор в соединении с натрием образует соль; остаток представляет собой растворяющийся в воде и относительно безвредный полигидроксированный бифенил, сходный с теми антиокисляющими веществами, которые применяются, например, для консервации продуктов питания. Таким образом, придав ПХБ способность растворяться, можно попытаться «вымывать» его из организма.

На первой стадии метод Пытлевского применим только для чистых полихлорированных бифенилов и смешанных с нефтью. Предполагается расширить работы и решить проблему разрушения ПХБ в более общем масштабе.

«Science News», 1979, v. 11
№ 25/26, p. 422 (США).

Геофизика

Электромагнитное излучение снежных лавин

Л. Г. Качурин с сотрудниками (Ленинградский гидрометеорологический институт) при наблюдениях снежных лавин в окрестностях Эльбруса зарегистрировали широкополосное электромагнитное излучение с максимумом вблизи 10^3 Гц для лавин из свежевыпавшего снега и $2,5 \cdot 10^4$ Гц — для лавин из слежавшегося снега. Амплитуда этих сигналов в 10—100 раз превышала уровень естественных шумов в соответствующем диапазоне частот. Какова возможная природа явления?

Еще в середине 60-х годов эти исследователи обнаружили, что при кристаллизации воды в определенных условиях возникают высокие электрические потенциалы порядка 100 В и резко (в 10^3 — 10^4 раз) увеличивается диэлектрическая проницаемость в тонком переходном слое на границе раздела жидкой и кристаллической фаз¹. Впоследствии было также установлено, что при обтекании твердых тел скоростным потоком мелкодисперсного водного или ледяного аэрозоля могут возникать электрические потенциалы до 10⁴ В и более². В процессе последующего «стекания» образовавшегося заряда появляется электромагнитное излучение в широкой полосе частот. Эти

¹ О полихлорированных бифенилах и их широком применении см.: Загрязнение среды полихлорбифенилами. — «Природа», 1980, № 8, с. 117.

¹ Качурин Л. Г. и др. «Доклады АН СССР», 1967, т. 174, № 5, с. 1122.

² Качурин Л. Г. и др. «Журнал физической химии», 1977, т. 51, № 11, с. 2864.

эффекты тем сильнее, чем интенсивнее идет перестройка структуры пограничного межфазового слоя.

Возникло предположение, что все динамические процессы на фазовых границах воды сопровождаются электрическими явлениями, приводящими к появлению электромагнитного излучения в том или ином диапазоне — в зависимости от скорости протекания процесса или динамической нагрузки. Мощность излучения должна быть пропорциональна массе вещества и величине нагрузки.

Для проверки гипотезы ленинградские ученые и провели серию наблюдений и экспериментов на леднике Малый Азау в Приэльбрусье. Электромагнитное излучение регистрировалось с помощью системы радионизмерительных устройств в полосе частот 0,1—30; 900—2000; $2,5 \cdot 10^5$; $4 \cdot 10^7$ и $7,6 \cdot 10^9$ Гц. На частоте $7,6 \cdot 10^9$ Гц регистрировалась электрическая составляющая электромагнитного поля волны, в остальных диапазонах — магнитная. Чувствительность приемных устройств на всех частотах составляла 1—2 мкВ/м. Наряду с эффектами, упомянутыми в начале заметки, отмечалось появление сейсмических сигналов с частотой 0,1—30 Гц, совпадавших по времени со сходом лавин.

Для проверки этого совпадения на леднике были проведены специальные эксперименты с искусственными динамическими нагрузками. Сотрясения ледника вызывались ударами гранитных валунов массой в несколько сотен килограммов, сбрасываемых с высоты ~10 м. Синхронно регистрируются электромагнитные и сейсмические сигналы в полосе частот 0,1—30 Гц. Следует отметить, что электромагнитные импульсы на записях сигналов появляются и в отсутствие искусственных сотрясений, но в последнем случае их амплитуда значительно больше, так что они четко выделяются на фоне сигналов от естественных сотрясений ледника.

«Доклады АН СССР», 1979, т. 248, № 3, с. 583.

Геофизика

Комплексное определение возраста метеоритного кратера Жаманшин

В составе пород, образующих кольцевой вал метеоритного кратера Жаманшин (Северное Приаралье, к юго-западу от г. Иргиз), встречаются обожженные и переплавленные черные шлакообразные глыбы до метра в поперечнике и темные плотные и желтоватые пористые стекла. Это импактиты — породы, подвергшиеся ударному метаморфозу с переплавлением. По строению они сходны с импактитами из других метеоритных кратеров; по месту нахождения, как это принято в геологии, эти импактиты названы жаманшитами.

Наряду с импактитами, имеющими метеоритную природу, в юго-восточной части урочища Жаманшин в большом количестве распространены и черные стекловидные образования — тектиты, происхождение которых до сих пор вызывает споры.

В метеоритном кратере Жаманшин тектиты впервые найдены вместе с импактитами, и это свидетельствует в пользу гипотезы земного происхождения тектитов.

Недавно группа сотрудников Московского института нефтехимической и газовой промышленности им. И. М. Губкина и Объединенного института ядерных исследований (Дубна) провели комплексное определение возраста кратера Жаманшин: применялись геологический, геоморфологический, калий-аргоновый, палеомагнитный и трековый методы. По результатам первых двух методов возраст этой структуры соответствует временному интервалу 0,1—1,0 млн лет; калий-аргоновый метод дал величину от одного до нескольких десятков млн лет. Более точное определение возраста кратера Жаманшин было проведено палеомагнитным методом: получена величина от 0,69 до 0,85 млн лет.

Для определения возраста трековым методом отобранные образцы стекол (тектитов и жаманшитами) были заключены в эпоксидную смолу, шлифованы до получения прозрачного слоя, отполированы и протравлены плавиковой кислотой¹. Эффективность регистрации осколков деления изотопов урана в них составляла ~40%. Содержание урана в образцах определялось активационным методом (по числу треков деления ^{235}U под воздействием тепловых нейтронов) и равнялось $(1,6 \pm 2,1) \cdot 10^{-6}$ г/г урана. На протравленных образцах под микроскопом проводился поиск, счет и измерение треков от спонтанного деления ядер ^{238}U ; всего было найдено 174 таких трека. Сравнение диаметров треков от спонтанного и индуцированного деления урана в стеклах показало, что средний диаметр древних треков примерно на 10% меньше, чем у треков от вынужденного деления урана. Это свидетельствует о частичном термическом разрушении треков спонтанного деления за время с момента образования метеоритного кратера.

С учетом этого эффекта, измеренной плотности треков спонтанного деления и концентрации урана, а также исходя из известной постоянной спонтанного деления ^{238}U , возраст метеоритного кратера Жаманшин, определенный трековым методом, равен $(0,81 \pm 0,16)$ млн лет.

В пределах этого интервала находится и возраст тектитов — индошинитов, яванитов, филиппинитов, австралитов, микротектитов Тихого и Индийского океанов, а также импактитов из метеоритного кратера Дарвин (Тасмания). Таким образом, не исключена возможность того, что кратер Жаманшин, кратер Дарвина и большая группа тектитов на территории, прилегающей к Тихому океану, образовались одновременно, например, в результате воздействия единого роя метеоритов.

«Астрономический вестник», 1979, т. 13, № 3, с. 178—186.

¹ Подробнее об этом методе см.: «Природа», 1979, № 5, с. 105.

Геология

Первая карта четвертичных отложений Внутренней Азии

Крупный вклад в общую и региональную геологию представляет карта четвертичных отложений территории Монголии¹, впервые составленная для столь обширного района Внутренней Азии. В этой работе обобщен очень большой и чрезвычайно разнородный материал с единых позиций геологии четвертичного периода. Специально разработанная методика, принятая для построения подобных карт в СССР, позволила не только выявить характер, возраст, литологию и условия формирования четвертичных отложений Монголии, но и представила необходимые достоверные данные для регионального сопоставления обширных территорий на Азиатском материке.

Четвертичные отложения расчленены на карте в соответствии с общепринятой четырехчленной схемой. В связи с дискуссионностью вопроса о нижней границе четвертичной системы показаны также плиоценовые и плиоцен-четвертичные комплексы. Для каждого из выделенных комплексов указан литологический состав, условия распространения и геоморфологическое положение — это делает карту ценной основой как для региональных исследований, например инженерно-геологического или почвоведческого характера, так и для решения практических задач, например, связанных с поиском полезных ископаемых в четвертичных отложениях (в данном случае можно полагать лишь об отсутствии специального знака для соляных отложений).

На карте показаны формы золотых песков, остатки

вулканических аппаратов, ледники и фирновые поля, а также разломы, обновлявшиеся на неотектоническом этапе и повлиявшие на размещение генетических типов четвертичных отложений и их мощность.

Сведения о распространении и характере древних оледенений, распределении многолетнемерзлых пород, данные о различной мощности четвертичных отложений приведены на специальных мелкомасштабных врезках, органически дополняющих карту.

Ю. М. Клейнер,
кандидат географических наук
Москва

Геология

Новая гипотеза строения земных недр

Принятая модель строения твердого тела Земли исходит из предположения, что мантия — это область однородных, расплавленных и в значи-

тельной мере перемешанных пород. Теперь, однако, появились свидетельства, что мантия имеет двухслойное строение, причем ее глубинный слой содержит нерасплавленный материал, сохранившийся в неизменном виде со времени его образования. Развивая эту гипотезу, Дж. Дж. Вассербург, Д. Дж. де Паоло и С. Б. Джекобсен (Калифорнийский технологический институт, США) используют в качестве одного из источников информации о строении недр Земли соотношение изотопов неодима в поступающей на поверхность лаве.

Континенты в процессе своего образования забрали из мантийного вещества неодим-144, оставив избыточное количество неодима-143. Согласно принятой ныне модели перемешанной мантии, все лавы должны обладать богатым содержанием неодима-143. Однако авторы новой гипотезы установили, что континентальная и океаническая лавы существенно различаются в этом отношении. Если лавы океанического ложа действительно со-

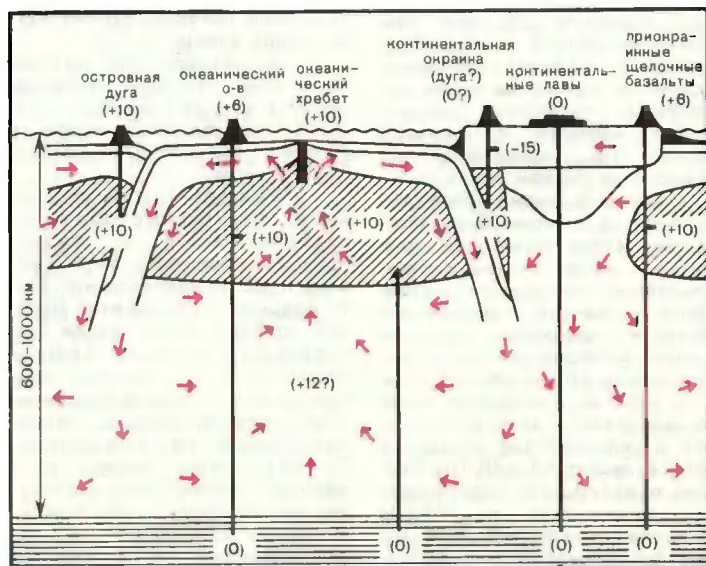


Схема двухслойного строения мантии. Стрелками показано вероятное направление потоков мантийного вещества; цифры — отношение изотопов неодима.



нижняя мантия



потоки лав

верхняя мантия с длительно изолированными друг от друга резервуарами мантийного вещества

¹ Карта четвертичных отложений Монгольской Народной Республики: Масштаб 1:1 500 000. Гл. ред. Н. А. Маринов, Н. А. Флоренсов, ред. Е. В. Девяткин, В. Э. Мурзаева. М., 1979.

держат избыточное количество неодима-143, то в лавах континентального происхождения соотношение этих изотопов совершенно иное. По заключению авторов, эти лавы поступают из источника, который никогда не подвергался изменениям, связанным с «изъятием» из него материала континентальной коры. Исходя из этого авторы полагают, что существуют обширные резервуары мантийного вещества, которые на протяжении более одной геологической эры находились в изоляции друг от друга.

В двухслойной модели неизменные и нерасплавленные породы образуют нижнюю мантию, лежащую на глубине примерно от 600 до 1000 км. Именно из этого древнейшего первичного слоя образовалась континентальная лава. Залагающая на небольшой глубине мантия служит источником лавы, которая обнаружена в срединно-океанических хребтах. Другие типы мантии представляют собой смесь глубинных и мелкозалагающих магматических масс (см. схему). Так, лавы океанических островных вулканов (например, Гавайев) — это смесь изверженной глубинной магмы с частично расплавленным веществом верхней мантии.

Выступая в поддержку новой гипотезы, А. Р. Басу (Рочестерский университет, США), представил свидетельства существования древнего слоя мантии, основанные на содержании в ней благородных газов.

Сторонники дрейфа континентов считают конвекцию в мантии источником движения плит земной коры. Однако до сих пор оставалось неясным, какая часть мантии в действительности охвачена такой циркуляцией. В соответствии с двухслойной моделью мантии существование нижнего древнего слоя должно препятствовать ее полной конвекции. Кроме того, новая модель должна повлиять на теорию формирования континентов и на представления о их возрасте. До сих пор трудности вызывало отсутствие пород, имеющих возраст, близкий возрасту Земли (древнейшим образцам 3,6 млрд лет, тогда как возраст

планеты исчисляется 4,5 млрд лет). Ныне исследователи указывают, что образование континентов началось около 3,6 млрд лет назад. В глубокой древности образовалось лишь очень небольшое количество материала земной коры, которая затем была или уничтожена или снова перемешалась с породами мантии.

«Proceedings of the National Academy of Science», 1979, v. 76, № 7—8, p. 3056—3060 (США).

Геотектоника

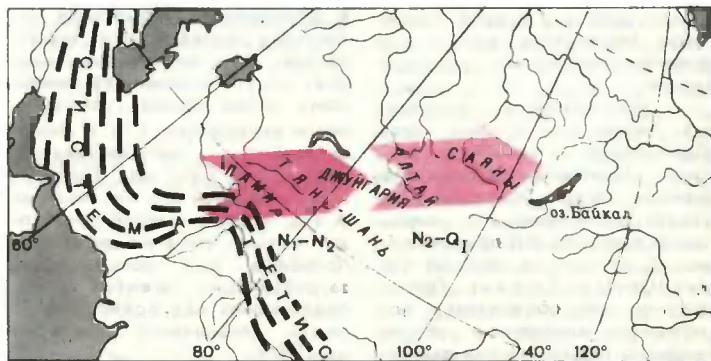
Рост гор Центральной Азии

История формирования Центрально-Азиатского горного пояса запечатлена как в особенностях осадочных отложений, заполняющих межгорные и предгорные впадины, так и в ярусном строении самих гор. О. М. Адаменко (Институт нефти и газа АН УССР), сопоставив осадочные формации во впадинах, сопутствующих гор-

ся три этапа горообразования — вступительный, главный и завершающий.

На протяжении вступительного этапа будущая область горообразования разделялась тектоническими движениями на участки поднятий и опусканий; территориально преобладали опускания. Рельеф широких сводобразных горных массивов был расчленен слабо. Поскольку перепады высот были малы и накопление осадков шло неинтенсивно, их толща была сравнительно невелика — не более нескольких сот метров. Внутренние зоны пояса вступили в начальную стадию горообразования значительно раньше внешних. Поднятия постепенно расширялись к северу, активизируя периферические участки платформ. Особенно ярко эти тенденции выявляются в Алтайском глыбово-сводовом поднятии.

Главный этап горообразования характеризуется резким увеличением темпов поднятия, формированием настоящего горного рельефа, глубоко расчлененного по перифе-



Процесс горообразования в Центрально-Азиатском горном поясе постепенно продвигался с запада на восток. Главный его этап в западной части пояса по времени относится к миоцену — плиоцену (N_1-N_2), а в восточной — к плиоцену — плейстоцену (N_2-Q_1).

ным поднятиям Памира, Тянь-Шаня, Джунгарии, Алтая, Салаира, Енисейского кряжа и Восточного Саяна, установил, что воздымание гор и погружение впадин происходило здесь в несколько стадий. Выделяет-

ри и менее — в центральных частях. В межгорных прогибах быстро накапливаются осадки толщиной до нескольких тысяч метров. Происходит максимальное расширение впадин с захватом краевых частей поднятий.

Для завершающего этапа характерно активное воздымание гор и значительное расширение площади поднятий за счет вовлечения в них прилегающих впадин. На этом этапе межгорные впадины частично или полностью преобразуются в приподнятые участки — из

областей накопления они превращаются в области сноса рыхлого материала.

В целом процесс роста гор в Центрально-Азиатском поясе продвигался с запада на восток, хотя в некоторых районах наблюдаются отклонения. В западной, Тянь-шаньской, части интенсивные тектонические движения главного этапа начались в середине миоцена, а завершались в середине плиоцена, когда в Горном Алтае и Восточном Саяне главный этап горообразования только начинался. Завершение этого этапа в восточной части пояса произошло в Кузнецком Алатау в конце плиоцена, а на Алтае и в Саянах — в начале плейстоцена. Возрастные рубежи завершающего периода также различны для западной и восточной частей: на западе образование гор начало завершаться в середине или конце плиоцена, а на востоке — в конце плейстоцена. Эти данные указывают, что оледенение высокогорной части Тянь-Шаня могло начаться значительно раньше, чем на Алтае или в Саянах, поскольку Тянь-Шань раньше достиг уровня снеговой линии. Такое заключение важно для палеогеографических реконструкций.

Несовпадение возрастных рамок трех этапов горообразования на различных участках Центрально-Азиатского горного пояса обнаруживает общую тенденцию — уменьшение возраста гор при движении с запада на восток (от Тянь-Шаня к Саянам). По-видимому, это объясняется постепенным снижением общих амплитуд тектонических движений по мере удаления горного пояса от наиболее активной в новейшее геологическое время альпийской геосинклинальной системы Тетис.

Тезисы докладов к XVI пленуму Геоморфологической комиссии АН СССР. Иркутск, 1979, с. 60—64.



Метеорология

Температура и загрязнение атмосферы

Американские метеорологи Р. Висканта (Универ-

ситет им. Пардю, штат Индиана) и Р. А. Дэнизлс (Университет штата Иллинойс) изучали зависимость температуры подстилающей поверхности от степени загрязненности атмосферы с помощью разработанной ими двумерной математической модели. Модель охватывает воздушное пространство над крупным городом на высоту до 2 км и включает различные факторы, в том числе роль тех или иных загрязняющих химических агентов и топографии местности.

Авторы установили, что газы и аэрозоли, загрязняющие городскую атмосферу, могут снижать температуру на поверхности на 2°C. Вследствие этого в ночное время температура будет на 1°C выше, чем в городе с незагрязненным воздушным пространством. В окрестностях города, напротив, в дневное время происходит относительное потепление, в ночное — похолодание. Однако амплитуда этих колебаний за городом меньше (~0,5°C).

Хотя эти колебания на первый взгляд незначительны в сравнении с обычными суточными изменениями температуры, они, по мнению авторов, могут приводить к реальному уменьшению турбулентности атмосферы, т. е. к менее активному перемешиванию воздушных масс над городом и окружающей его местностью. А это, в свою очередь, приводит к тому, что в конце второй половины дня концентрация загрязняющих агентов непосредственно над поверхностью земли повышается примерно на 14%.

«Journal of Applied Meteorology», 1980, v. 19, p. 53 (США).

Геотектоника

Тектоническая карта Средиземного моря

Впервые для внутренних морей Земли советскими специалистами составлена среднемасштабная тектоническая карта¹. На ней выделены четыре категории тектонических структур: платформенные, альпийская складча-

тая, пограничные между платформенными и складчатыми и пелагогенные (рожденные морем). Большое внимание уделено разломам, среди которых выделены глубинные сбросы, сдвиги, намечены контуры шарьяжных (пологих) покровов. Показана структура осадочного чехла дна акватории и прилегающих районов суши, различного типа вулканы, в том числе и подводные, локальные поднятия и впадины, области развития соляных куполов, отмечены скважины глубоководного бурения.

В центральных районах Средиземного моря расположены пелагогенные впадины. В их пределах консолидированная кора очень тонкая — до 5 и менее километров, в то время как осадочный чехол в них достигает 10 и более километров. Эти впадины образовались в прошлом на окраинных участках древних и молодых платформ.

Обширные периферические районы Средиземного моря представляют собой опущенные на разную глубину платформенные области. Значительно меньшие по площади периферийные участки дна принадлежат к альпийским складчатым структурам.

Раскрывая тектоническую структуру Средиземного моря и сопряженных территорий суши, карта является хорошей основой для разработки представлений о механизме образования глубоководных котловин с субокеаническим типом строения земной коры. Не менее важна она и в практическом отношении — для прогнозирования поиска полезных ископаемых, и прежде всего месторождений нефти и газа.

Карта сопровождается объяснительной запиской².

А. Е. Шлезингер,
доктор геолого-минералогических наук

Москва

¹ Тектоническая карта Средиземного моря. Масштаб 1:1 000 000. Гл. ред. А. Л. Яншик. Л., 1979.

² Маловицкий Я. П. Тектоника дна Средиземного моря. М., 1978.

Палеонтология

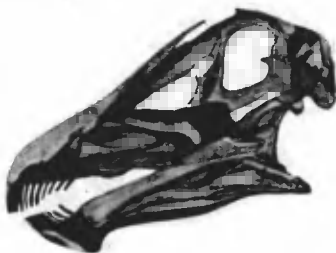
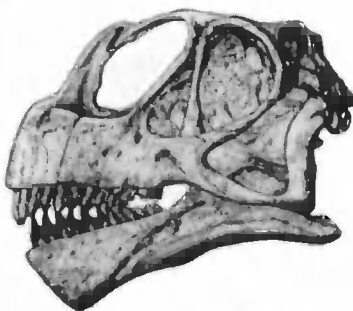
«Новая» голова бронтозавра

Первая находка остатков бронтозавра относится к 1877 г. Открывший его О. Ч. Марш (Музей естественной истории при Йельском университете, США) дал ископаемому животному наименование апатозавр. Спустя два года он обнаружил остатки еще одного ископаемого ящера и, приняв его за представителя другого рода, назвал бронтозавром. Затем было установлено, что это две особи одного рода, за которым закрепилось название «бронтозавр», хотя более правильное и строгое с научной точки зрения название «апатозавр».

При реставрации полного скелета бронтозавра была совершена еще одна ошибка: работники музея снабдили его головой, принадлежащей, как это выяснилось только теперь, другому ископаемому ящеру — камаразавру. Так же поступили и со вторым скелетом бронтозавра, несмотря на то что кости черепа первого экспоната были найдены в шести, а второго — в шестистах километрах от остальных костей. Впоследствии во многих палеонтологических экспозициях

мира были представлены копии бронтозавров с головами, в действительности принадлежащими камаразаврам.

Еще в 1915 г. палеонтолог Э. Дуглас, проводивший по

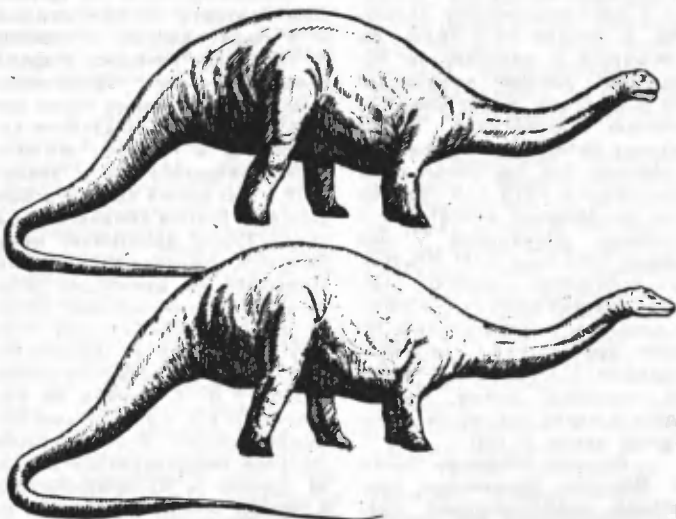


«Новая» голова бронтозавра (вверху) и «старая», в действительности принадлежащая камаразавру (внизу).

Бронтозавр с «новой» (вверху) и «старой» (внизу) головой.

поручению Музея им. Карнеги раскопки в штате Юта, нашел там достаточно полный скелет бронтозавра, причем непосредственно под его ребрами лежал череп, сильно отличающийся от камаразавра и очень напоминавший диплодока. Более того, ни один из черепов, обнаруженных в этом районе, где встречались только остатки диплодоков и бронтозавров, не подходил на череп камаразавра. Однако укоренившаяся традиция, а главное — тесная физическая связь костей черепа со скелетами заставили Дугласа связать находку с бронтозавром.

Сомнение в правильности такой идентификации, высказанное более 60 лет назад директором Музея им. Карнеги У. Дж. Холландом, и его мнение, что голова бронтозавра по своему строению напоминает не камаразавра, а диплодока, ничего не изменило в палеонтологии. И лишь ныне Дж. Макинтон (Веслианский университет, штат Коннектикут) и Д. С. Берман (Музей им. Карнеги) пришли к окончательному выводу, что бронтозавр имел округлую, а не вытянутую голову, челюсти его были снабжены не широкими ложкообразными, а тонкими, напоминающими карандаш зубами, т. е. что строение его весьма близко к диплодоку. Такое мнение основано не только на изучении всех полевых заметок первооткрывателей бронтозавра и переписки Холланда с Дугласом, но и на повторном изучении всех хранящихся в музеях США остатков этого ископаемого ящера. Выяснилось, что, помимо черепа, многие другие части скелета бронтозавра также указывают на его сходство с диплодом: у них близкие по строению короткие передние конечности (лишь 2/3 длины бедренной кости), очень длинный хлыстообразный хвост, сходное распределение позвонков, высокое положение ноздрей и др. Из строения зубов следует, в частности, что бронтозавр вел в значительной мере водный образ жизни, питаясь более мягкими водными растениями.





Страницы большой жизни

А. С. Федоров,
кандидат технических наук,
заместитель главного редактора
журнала «Природа»



Вл. Карцев. КРЖИЖАНОВСКИЙ.
М., «Молодая Гвардия», 1980,
384 с.

Недавно вышла в свет 605-я книга научно-художественной серии биографий «Жизнь замечательных людей», основанной М. Горьким почти полвека назад. Эта книга посвящена жизни, революционной, инженерной, литературной и научной деятельности Глеба Максимилиановича Кржижановского.

Написанию книги предшествовала большая работа автора в центральных партийных и государственных архивах,

в архивах многих крупных промышленных центров страны, глубокое знакомство с фондами ряда историко-революционных и мемориальных музеев, где было обнаружено большое число ранее не публиковавшихся материалов, связанных с жизнью и деятельностью Кржижановского. Автор встретился со многими старыми членами партии, видными деятелями советской науки, техники и культуры, которые близко знали Кржижановского, много лет сотрудничали с ним. Они поделились своими воспоминаниями о замечательном революционере-ученом. В результате этой многолетней подготовительной работы был собран богатейший исторический материал, который автор с большим мастерством использовал в своей книге, придав ей характер строго документированного художественного произведения, отражающего исключительно важный период в истории нашей страны — от создания первых революционных организаций рабочего класса до победы социалистического строя.

Еще в студенческие годы Г. М. Кржижановский примкнул к революционному движению. В начале 90-х годов он знакомится с нелегальной литературой, изучает произведения К. Маркса, ведет революционную пропаганду среди рабочих петербургских фабрик и заводов. Его партийный стаж исчислялся с 1893 г. В том же году он впервые встретился с Лениным. «Появление у нас осенью 1893 года В. И. Ульянова,— вспоминал много лет спустя Кржижановский,— можно сравнить с животворным по своим последствиям грозным разрядом. С этого момента для нас началась новая жизнь» (здесь и далее цит. по рецензируемой книге, с. 56).

Лучшие страницы книги Вл. Карцева посвящены совместной революционной дея-

тельности, тесным узам дружбы, которые многие годы связывали Ленина и Кржижановского. Кржижановский безгранично любил Владимира Ильича, преклонялся перед его гением. Под влиянием Ленина Кржижановский становится профессиональным революционером. Он целиком отдается гигантской работе по созданию в России марксистской революционной партии, которую в те далекие годы осуществлял Ленин.

Одна за другой разворачиваются в книге незабываемые страницы истории революционного движения в России. Кржижановский деятельно помогает Ленину в организации «Союза борьбы за освобождение рабочего класса», в работе революционных кружков, в пропаганде марксизма, в создании и распространении партийной газеты «Искра», в подготовке и проведении II и III съездов РСДРП, завершивших процесс создания большевистской партии, взявшей курс на борьбу за социальное переустройство России.

Напряженная революционная деятельность Ленина и Кржижановского, их дружеские контакты не прерывались и в годы тюрьмы и ссылки. В 1896 г., находясь в Доме предварительного заключения в Петербурге, Ленин начал работу над книгой «Развитие капитализма в России», которая была завершена им в январе 1899 г. во время ссылки в Шушенское. В этом замечательном труде Ленин доказывает неизбежность революции в России, вскрывает ее движущие силы. Кржижановский отбывал ссылку в восточносибирском селе Тёсы, недалеко от Шушенского. Он был полностью посвящен в работу В. И. Ленина, не раз знакомился с материалами будущего труда. Этому способствовали неоднократные встречи Ленина и Кржижановского в период сибирской ссылки, их

задушевные беседы о текущих задачах и о судьбах Родины.

В декабре 1897 г. Кржижановский навещает Ленина в Шушенском и проводит у него десять дней. Он восторгается оптимизмом Владимира Ильича и его огромной работоспособностью. «Когда, бывало, в далекой сибирской ссылке, — писал впоследствии Кржижановский, — в скромной деревенской избе села Шушенского я наблюдал обычный распорядок дня Владимира Ильича, то невольно бросалась в глаза особая высокая приподнятость этого человека над тем, что можно считать большой талантливостью и большой работоспособностью. И приходилось только удивляться, как этот живой и отзывчивый товарищ, такой любитель общения с природой, вместе с тем с какой-то особой естественной непринужденностью так строит свой жизненный обиход, что каждый прожитый им день дает ему максимальный бросок для движения вперед и для тесного общения с ведущими умами человечества» (с. 122). Годы ссылки Кржижановский использовал для глубокого изучения марксистской литературы. Встречи и переписка с Лениным способствовали его политической закалке для дальнейшей революционной деятельности. Все это очень пригодилось ему в годы острой борьбы с меньшевиками за создание большевистской партии и в период первой русской революции, ставшей, по словам Ленина, «генеральной репетицией Октября».

В обстановке постоянной слежки и репрессий со стороны царских властей, обысков и арестов Кржижановскому много раз приходилось менять и местожительство и профессию. Неизменным оставалось лишь главное дело его жизни — революционная деятельность. Являясь химиком-технологом по образованию, он в разные годы работал слесарем, машинистом на паровозе, служащим железнодорожного ведомства на станции Тайга, затем в Самаре и Киеве. В 1907 г., уже в Петербурге, ему снова (в который раз!) приходится включаться в новую работу. То-

варищи по партии устраивают его в «Акционерное общество электрического освещения». С этого времени начинается путь Кржижановского в энергетику. Сначала он работает монтером, потом переводится на должность инженера, заведующего кабельной сетью одного из районов Петербурга.

Кржижановского увлекает новая работа. Он перечитывает научную и техническую литературу по электричеству, изучает достижения зарубежной электротехники; для него все более очевидными становятся огромная сила и грядущие возможности электрической энергии. «Постигая все глубже науку об электричестве, — говорил он, — я все более и более убеждался в великих судьбах электрификации после социалистической революции» (с. 218).

В 1910 г. Кржижановского переводят в Москву. Он назначается заведующим кабельной сетью города. Под его руководством кабельное хозяйство переводится на высокое по тому времени напряжение 6 тыс. В. При этом во много раз сокращаются потери и резко возрастает дальность передачи энергии, становится возможным соединить множество мелких электростанций города в единую электрическую сеть. В последующие годы под руководством Г. М. Кржижановского недалеке от Москвы создается первая в России районная электростанция на торфе («Электропередача»), которая соединяется с Москвой высоковольтной линией рекордного по тем временам напряжения — 70 тыс. В.

Увлеченный успешными работами в области энергетики, Кржижановский «ни на секунду не терял связей с центральными организациями партии, с большевистским подпольем. Десятки революционеров работали с ним в «Обществе электрического освещения» и в «Электропередаче», служебные помещения которых частенько становились тайниками, явочными и конспиративными квартирами» (с. 235).

После Октябрьской революции Кржижановский работает над восстановлением и

развитием энергосистемы Москвы. В 1918 г. он назначается председателем Комитета государственных сооружений ВСНХ, под его руководством начинается подготовка к строительству Волховской, Шатурской и других электростанций. В мае 1918 г. Кржижановский снова встречается с Лениным. Его вдохновляют ленинские идеи электрификации страны, и он становится непосредственным помощником Владимира Ильича по претворению этих идей в жизнь.

В рецензируемой книге подробно рассказано об огромной работе Ленина, всей партии по созданию и реализации грандиозного плана преобразования страны на базе электрификации, плана ГОЭЛРО. В 1918—1920 гг. Кржижановский неоднократно бывал у Ленина. Они говорили о ликвидации топливного кризиса, о большой роли торфа и других местных видов топлива, о строительстве электростанций. Все чаще Кржижановский получает записки Ленина, в которых содержатся поручения подготовить конкретные статьи по вопросам, связанным с развитием энергетики. В начале 1920 г. статьи Кржижановского публикуются в «Правде». В подготовке обобщающей статьи «Основные задачи электрификации России» непосредственное участие принимал В. И. Ленин. В этой работе подчеркивается, что лишь уровень электрификации определяет совершенство промышленности. Электрификация — это революция не только в энергетическом смысле, но и в техническом. Статья Кржижановского заканчивается смелым научным прогнозом, далеко раздвигающим пределы электрификации за технические, физические и химические горизонты. «Мы, — говорится в ней, — подходим к последней грани. За химической молекулой и атомом — первоосновой старой химии — все яснее обрисовываются ион и электрон — основные субстанции электричества; открываются ослепительные перспективы в сторону радиоактивных веществ. Химия становится отделом общего учения об элек-

тричестве. Электротехника подводит нас к внутреннему запасу энергии в атомах. Занимается заря совершенно новой цивилизации» (с. 260).

Вскоре вышла в свет и брошюра Кржижановского, названная «Основные задачи электрификации России» с весьма символическим эпиграфом «Век пара — век буржуазии. Век электричества — век социализма». Этот эпиграф очень понравился Владимиру Ильичу.

В феврале 1920 г. была создана Государственная комиссия по электрификации России. По предложению Ленина ее возглавил Г. М. Кржижановский. Комиссия, в состав которой входило более двухсот крупных ученых и инженеров, не теряя ни одного дня, начала свою работу. На двадцати страницах книги Вл. Карцева приводятся извлечения из протоколов заседания Комиссии ГОЭЛРО. Они читаются как увлекательный роман. В обстановке острых дискуссий рождался первый научный план построения фундамента социализма. Через десять месяцев план ГОЭЛРО, отпечатанный в виде большого тома, Кржижановский докладывал VIII Всероссийскому съезду Советов. Наша страна впервые в мире перешла на плановые формы развития экономики и культуры.

...В книге развертываются все новые страницы большой жизни талантливого инженера-энергетика. Весной 1921 г. создается центральный орган по планированию народного хозяйства. По предложению Ленина его председателем назначается Кржижановский. Десять лет работал Глеб Максимилианович на ответственном посту председателя Госплана. Он непрестанно контролировал ход выполнения плана ГОЭЛРО, руководил разработкой первого пятилетнего плана, положившего начало славной эпохе пятилеток.

Вся деятельность Кржижановского была направлена на научное строительство новой жизни: Он участвовал в создании новой науки, которая «соединялась с живым творчеством масс, рождая невиданную миром практику» (с. 327).

В 1929 г. его избирают действительным членом Академии наук СССР и в том же году — вице-президентом Академии. В рецензируемой книге предельно сжато подведены итоги огромной работы, которую осуществил Кржижановский, находясь в течение десяти лет на посту вице-президента высшего научного учреждения страны. «Кржижановский многое успел сделать в академии и прежде всего помог ей выйти из состояния замкнутости, распыленного строя, самотека, слить ее задачи с задачами страны. Он способствовал переводу академии в ведение СНК СССР, переводу ее учреждений и Президиума в Москву, принятию нового устава, основал Отделение технических наук, ввел ежегодное планирование работ. И еще: его усилиями в 1931 году был создан Энергетический институт Академии наук СССР, директором которого он стал» (с. 354).

Академик Г. М. Кржижановский возглавлял Энергетический институт до последнего дня своей жизни, т. е. почти три десятилетия. Под его руководством ЭНИН стал крупным центром по разработке важнейших проблем науки и практики энергостроительства.

Последнее, о чем хочется сказать, закрывая книгу Вл. Карцева, — это еще об одной области деятельности замечательного ученого — о его литературных трудах. Кржижановский обладал незаурядным поэтическим даром. Еще в конце прошлого века, в тюрьме и ссылке, он создает замечательные песни революционного подполья — «Беснуйтесь, тираны», «Красное знамя», пишет русский текст «Варшавянки» («Вихри враждебные веют над нами»). Он написал также ряд сонетов и глубоко патристических стихотворений, во многих из которых выведен образ Ленина. Подлинным украшением книги Вл. Карцева является широкое использование стихотворных текстов Кржижановского.

Последние главы книги Вл. Карцева написаны более сжато, чем первая половина работы. О многогранной деятельности Кржижановского

в Академии наук можно было бы сказать значительно больше, так же как и о его работе в качестве руководителя Всесоюзного комитета по высшему техническому образованию, ректора Московского механического института, председателя Комитета по сооружению Волго-Донского канала, председателя Всесоюзного совета научно-технических обществ и т. д.

Г. М. Кржижановский прожил долгую жизнь, до конца отданную делу революции, делу партии и народа. Ему посчастливилось стать свидетелем того, как сбывались его мечты. Он дождался радостных дней победы социализма в нашей стране, до начала строительства крупнейших ГЭС на Волге и Ангаре, до первых атомных электростанций. Он явился свидетелем начавшегося штурма космоса. Яркая написанная, глубоко познавательная книга Вл. Карцева несомненно найдет широкие круги читателей. Знаменательно, что эта книга, посвященная одному из создателей знаменитого плана ГОЭЛРО, вышла в год, когда вся наша страна отмечает 60-летие этого плана.

Книга Вл. Карцева вновь наводит на размышления, связанные с проблемой научной биографии, не раз поднимавшейся «Природой». Эта область литературы пользуется широкой популярностью. Только в серии «Жизнь замечательных людей» опубликовано более 600 книг. Свыше 300 работ вышло в серии научных биографий издательства «Наука», сотни биографических работ напечатаны другими издательствами. Каждая из серий имеет свою специфику и, может быть, своего читателя. Самая распространенная и самая массовая серия биографий «ЖЗЛ» в прошлом не раз подвергалась нападкам, что это мол не научная биография и не художественная литература, а нечто среднее. Книга Вл. Карцева еще раз показывает исключительные возможности жанра научно-художественной биографии, отличается строгой документированностью, точностью в научном отношении и несомненными художественными достоинствами.

Общие вопросы науки

БУДУЩЕЕ НАУКИ. Международный ежегодник. Вып. тринадцатый. М., «Знание», 1980, 283 с., ц. 80 к.

В очередном ежегоднике представлены статьи по многим ведущим отраслям науки: физике и биофизике, астрономии и математике, философии и науковедению, сельскому хозяйству и археологии. Среди авторов — академики Н. П. Федоренко, Г. Н. Флеров, А. Е. Шейндлин, А. Б. Мигдал, А. П. Окладников и другие видные советские и зарубежные ученые. В сборнике рассматриваются проблемы: становления человека как социального существа; дальнейшего совершенствования системы планирования и управления народным хозяйством в условиях научно-технической революции; энергетических ресурсов и строительства связанных с ними энергетических установок, из которых наиболее перспективными являются установки с магнитогидродинамическим (МГД) генератором. Авторы рассказывают о новых методах познания ядра, о нейтронных звездах и пионной конденсации, астрофизических проблемах нейтрино, количественных и качественных методах в изучении науки и информационно-поисковых систем. Биология представлена статьями о двигательном сигнале, передающемся от нерва к мышце, и о деятельности мозга в электромагнитных полях; археологи размышляют об актуальности своей науки и о роли прошлого для формирования настоящего и будущего.

Астрономия

СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНИЕ 31 ИЮЛЯ 1981 ГОДА И ЕГО НАБЛЮДЕНИЕ. Под ред. А. А. Михайлова, М., «Наука», 1980, 160 с., ц. 30 к.

Книга посвящена предстоящему полному солнечному затмению, которое будет наблюдаться на территории

СССР — от побережья Грузии через Северный Кавказ, Казахстан и Южную Сибирь до восточных границ страны. Максимальная длительность затмения составит 125 секунд. Свой путь длиной 8250 км лунная тень пробегит за 122 минуты при средней скорости 1,13 км/с.

Это последнее в нашем тысячелетии полное солнечное затмение, подоса которого на территории СССР имеет большую протяженность и проходит по благоприятным для наблюдений районам. Очередные солнечные затмения 22 июля 1990 г. и 9 марта 1997 г. будут значительно короче, и лунная тень пройдет по малонаселенным местам. Именно поэтому необходимо заранее оповестить население СССР, среди которого имеется много любителей астрономии, о предстоящем полном солнечном затмении.

В книге содержится не только разъяснение причин и условий видимости затмений. Подробно изложены обстоятельства предстоящего затмения для различных пунктов нашей страны, приводится карта затмения, а также рекомендации к проведению его любительских наблюдений. Кроме того, несколько первых разделов книги посвящены описанию физической природы Солнца и Луны, движению Земли вокруг Солнца и Луны вокруг Земли, причинам затмений.

Изложение доступно для школьников старших классов, участников астрономических кружков и широкого круга лиц, интересующихся явлениями природы.

Физика

ЭЙНШТЕЙНОВСКИЙ СБОРНИК. 1977. Отв. ред. В. Л. Гинзбург, Б. Г. Кузнецов. М., «Наука», 1980, 328 с., ц. 1 р. 60 к.

Очередной «Эйнштейновский сборник» продолжает публиковать переписку А. Эйн-

штейна и М. Бессо, начало которой печаталось в двух предыдущих выпусках. Кроме того, в сборник включены пять статей отечественных и зарубежных авторов. В них обсуждаются как специальные физические вопросы (усиление электромагнитных волн в присутствии движущихся сред, кинематика абсолютно твердого тела в теории относительности), так и проблемы историко-биографического характера. К их числу относятся исследования об интересе Эйнштейна к электронной теории металлов и о его связях с Лейденской криогенной лабораторией, руководимой Х. Камерлингом-Оннесом. В статье «Изобретательская деятельность Эйнштейна» рассказывается о его работе в Бернском патентном бюро и участии в разработках высокочувствительного электрометра, гироскопических компасов, описаны технические изобретения, запатентованные Эйнштейном совместно с Л. Сцилардом, Р. Гольдшмидтом и Г. Буки.

Особое внимание читателей сборника привлечет исследование Е. Л. Фейнберга «Взаимосвязь науки и искусства в мировоззрении Эйнштейна».

Физика

Е. И. Потребысская. ДИСПЕРСИЯ СВЕТА. Исторический очерк. М., «Наука», 1980. 164 с., ц. 1 р.

Содержание книги составляет анализ эволюции представлений о дисперсии, т. е. рассеянии света (иначе говоря, о зависимости показателя преломления от частоты света) на протяжении XVII—XX вв. Автор выделяет четыре этапа в развитии этой проблемы, которым посвящены четыре соответствующие главы книги. Первый этап — от античности до конца XVIII в. Столь большой временной интервал объясняется тем, что до XVII в. речь могла идти

лишь о попытках натурфилософского характера объяснить явления, вызываемые, как было установлено позднее, дисперсией света,— радугу, гало, разложение в спектр с помощью призмы. Только в XVII в. ставятся первые эксперименты. Для работ этого периода характерно стремление перенести на область микромира законы, характерные для макроскопических явлений. Наибольшее развитие оно получило в работах Ньютона.

Второй этап связан со становлением волновой упругой теории света (он охватывает первые три четверти XIX в.). В этот период были предложены многочисленные теории дисперсии, опирающиеся на экспериментально полученные зависимости показателя преломления от длины волны света для различных веществ.

Поворотный пункт в истории развития учения о дисперсии — обнаружение во второй половине XIX в. аномальной дисперсии, которая получила полное объяснение уже в электромагнитной теории. В заключительной главе проанализирован ход развития учения о дисперсии в квантовой теории. Только с помощью аппарата этой теории впервые удалось не только объяснить уже наблюдавшиеся факты, но и предсказать новые эффекты.

Биология

Б. П. Мантейфель. ЭКОЛОГИЯ ПОВЕДЕНИЯ ЖИВОТНЫХ. Отв. ред. В. Е. Соколов. М., «Наука», 1980, 220 с., ц. 1 р.

В недалеком прошлом значение исследований, посвященных поведению животных, многими зоологами недооценивалось. Сейчас эта проблематика притягивает к себе все больше научных сил и стимулируется всеобщим интересом. Книга Б. П. Мантейфеля обобщает многолетние наблюдения автора и литературные данные, относящиеся к поведению животных различных классов в естественной среде. Поведение животных рассматривается с точки зрения приспособления видовой популяции к окружающим ее сложным и изменчивым условиям. Автор

анализирует врожденные и приобретенные черты поведения, поведение животных при внутривидовых и межвидовых взаимоотношениях, эволюционные аспекты проблемы, а также возможности и методы управления поведением животных.

Биология

Б. Ф. Сергеев ЖИВЫЕ ЛОКАТОРЫ ОКЕАНА. Л., Гидрометеониздат, 1980, 147 с., ц. 48 к.

Книга рассказывает об обитателях морских пучин — дельфинах, китах, тюленях, обладающих особым биологическим устройством, которое позволяет им легко ориентироваться в водной среде. Это звукоулавливающее устройство, своеобразный локатор, помогает им определять расстояние до подводных объектов, их размер, форму, структуру, не приближаясь к ним. Биолокаторы порой во многом превосходят аналогичные технические средства. Поэтому целью изучения описываемых биологических свойств является выяснение механизма биолокации для совершенствования средств технической локации, одного из важнейших методов изучения океанических глубин.

Биология. Философия естествознания

БИОЛОГИЯ И СОВРЕМЕННОЕ НАУЧНОЕ ПОЗНАНИЕ. М., «Наука», 1980, 367 с., ц. 1 р. 50 к.

Книга представляет собой комплексное исследование наиболее актуальных проблем методологии современной науки о жизни, в котором приняли участие биологи и философы СССР, ГДР и ЧССР. Выдающиеся достижения биологии наших дней, как утверждают авторы, обусловлены прежде всего проникновением в нее методов и концепций точных наук. Но биология, в свою очередь, оказывает воздействие и на формирование научного мировоззрения, и на постановку и способы решения важнейших методологических и теоретических проблем всей совокупности естественных и гуманитарных наук.

В книге три раздела. В

разделе «Особенности биологического познания» рассматриваются характерные черты эмпирического и теоретического знания в биологии и их взаимосвязь. В разделе «Биология в системе наук о природе» раскрываются прямые и обратные связи между биологией, физикой, химией, кибернетикой и акцентируется внимание на мировоззренческом значении достижений биологии. В третьем разделе «Биология в системе наук о человеке» представлены статьи об использовании биологии для комплексного изучения человека, формулируются новые задачи, встающие перед этой наукой под влиянием общественно - экономической практики.

География

Ю. Б. Виноградов. ЭТЮДЫ О СЕЛЕВЫХ ПОТОКАХ. Л., Гидрометеониздат, 1980, 143 с., ц. 50 к.

Книга посвящена селекам — мощным грязевым, грязекаменным потокам, внезапно возникающим в руслах горных рек. Ю. Б. Виноградов, специалист в области применения математических методов в селеведении, почти 20 лет занимается изучением селевых потоков в горах Средней Азии и Казахстана. Работая в отделе селевых потоков Казахского научно-исследовательского института гидрометеорологии, он руководил экспериментами по воспроизведению искусственных селей в естественных селевых очагах с целью проверить на деле пригодность существующих формул расчета параметров селевого потока. Ныне Ю. Б. Виноградов — председатель Селевой комиссии АН СССР.

Автор рассказывает о сущности явления, причинах его возникновения (интенсивных продолжительных ливнях, прорывах моренных озер и глетчеров), о прогнозах возникновения селей, о селезащите. Приведена «Антология знаменитостей» — описание наиболее грандиозных селевых катастроф планеты за последнее столетие.

В книге приведено, обобщено и систематизировано значительное количество факти-

ческого и научного материала, представлено современное состояние проблемы селевых потоков. В облегченной, «этичной», форме автор рассказывает о сугубо серьезных вещах, предлагает математически оформленное обоснование возникновения, движения, угасания селевых потоков.

История науки

М. В. Ломоносов. ИЗБРАННЫЕ ПРОИЗВЕДЕНИЯ. Сост. и автор комментариев Ю. Ф. Галкин. Архангельск, «Северо-Западное книжное издательство», 1980, 352 с., ц. 1 р. 70 к.

В книге собраны произведения М. В. Ломоносова, относящиеся к разным жанрам: поэзия и проза, трактаты по «стихотворству» и риторике, описания путешествий по северным морям и рассуждения о пользе химии. Все эти произведения свидетельствуют о вкладе Ломоносова в российскую науку. Достаточно сказать, что в описании древней истории он показал деяния русского народа, а не генеалогию князей, в литературе дал образцы силлабо-тонического стихосложения. Широко известны его работы в таких разнообразных областях естествознания, как физика, астрономия, химия, геология, метеорология и география и т. д.

Книга рассчитана на массового читателя.

История науки

В. С. Виргинский, М. Я. Либерман. МИХАИЛ ИВАНОВИЧ СЕРДЮКОВ (1677—1754). М., «Наука», 1979, 128 с., ц. 40 к.

В книге рассказано о замечательном гидротехнике М. И. Сердюкове, благодаря которому начала действовать первая в России искусственная водная система — Вышневолоцкая, соединившая Балтийское море с Каспийским.

Каналы, проложенные в начале XVIII в. на этом пути голландскими «слюзными мастерами», оказались несовершенными, и попытки их рекон-

струкции успеха не принесли. В 1718 г. новгородский «купеческий человек» М. И. Сердюков предложил проект коренного улучшения этой важнейшей для России водной коммуникации. Основное достоинство его проекта состояло в том, что был предложен и разработан метод питания Вышневолоцких каналов, а также рек Тверцы и Мсты за счет резервного запаса внешних вод.

Сердюков нигде не обучался гидростроительному делу. Некогда «богатый гость» М. Г. Евреинков купил маленького калмыка, привез в Москву, крестил Михаилом и зачислил в свою дворню. Благодаря недюжинным способностям и усердию Сердюков быстро выучился русскому языку и грамоте, стал приказчиком, был замечен Петром I и приписан им к новгородскому купечеству.

После того как проект Сердюкова получил высочайшее одобрение, он стал во главе всех работ по реконструкции Вышневолоцкого водного пути. Его поддержанию и усовершенствованию Сердюков посвятил всю свою долгую жизнь. Книга об этом ярком человеке петровской эпохи, стремившемся приносить «государственную и общую пользу» России, интересна для самого широкого читателя.

Философия естествознания

Ж. Политцер. ИЗБРАННЫЕ ФИЛОСОФСКИЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ТРУДЫ. Пер. с франц. Общ. ред. и предисл. Л. И. Анциферовой и В. Н. Кузнецова. М., «Прогресс», 1980, 373 с., ц. 1 р. 50 к.

Жорж Политцер (1903—1942) — французский философ-марксист, активный участник движения Сопротивления, погибший в разгар второй мировой войны, — много и плодотворно работал в области философии, психологии и политической экономии. В предлагаемый читателю сборник вошли ранее не переводившиеся на русский язык журнальные статьи 20-х — начала 40-х годов, посвященные в основном критике буржуазных школ и течений, которых в указанный

период было особенно много. «Все, что нас окружает, — писал Ж. Политцер, — рационалисты, интуитивисты, бергсонисты или антибергсонисты, неокантианцы, идеалисты, прагматисты, неогегельянцы, неореалисты, критические реалисты... относятся к одной и той же категории: это философы без материала. И кажется, что все они принадлежат к одной и той же школе: современной схоластике».

Особенно остро критикует Ж. Политцер иррационализм, тесно переплетенный с так называемой «критикой науки», с которой активно выступали философы и естествоиспытатели, на первый взгляд, работавшие против узости механистическо-позитивистского понимания науки и абсолютизации сциентистской методологии. В действительности же, доказывает Ж. Политцер, «критики науки» боролись «против науки и научного духа», поскольку главный смысл их выступлений заключался в отрицании способности науки познавать объективную реальность.

Анализ фрейдизма, по мнению Ж. Политцера, вскрывает его внутреннюю противоречивость и эклектизм.

Философия естествознания

Н. В. Пилипенко. ДИАЛЕКТИКА НЕОБХОДИМОСТИ И СЛУЧАЙНОСТИ. М., «Мысль», 1980, 263 с., ц. 1 р.

Проблема необходимости и случайности обсуждается с тех пор, как люди стали размышлять над всеобщими характеристиками бытия и сознания. В монографии анализируются вопросы формирования и развития представлений об этих категориях в философии и естествознании от древности до наших дней.

В книге раскрываются основные функции категорий необходимости и случайности — онтологическая, гносеологическая, методологическая и мировоззренческая, выясняется их объективный характер, причинная обусловленность, исследуется диалектика необходимости и случайности в познавательно-творческой деятельности.

Тематический указатель журнала «Природа» 1980 года

ФИЛОСОФИЯ И ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ. ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ

- Лауреаты Нобелевской премии 1979 года по физике — С. Вайнберг, Ш. Глэшоу, А. Салам. **Кобзарев И. Ю.** 1 84
- Лауреаты Нобелевской премии 1979 года по химии — Г. Браун и Г. Виттиг. **Брегадзе В. И.** 1 87
- Лауреаты Нобелевской премии по медицине — Г. Н. Хаунсфилд и А. М. Кормак. **Власов В. П., Свиридов Н. К.** 1 91
- Ученый, человек, учитель (рец. на кн.: Микунинский С. Р. Карл Францевич Рулье). **Смирнов И. Н.** 1 112
- Пионер радиохимии (рец. на кн.: Кривомазов А. Н. Фредерик Содди). **Цверева Г. К.** 1 113
- От «набегов внешних врагов» до «мирного созидания ученых нашей планеты» (рец. на кн.: Сердюков А. Р., Петр Николаевич Лебедев). **Идлис Г. М.** 1 115
- Очерки по истории русской науки (рец. на кн.: Развитие естествознания в России (XVIII — начало XX века). **Старостин Б. А.** 2 122
- Химические аспекты деятельности человечества и охрана природы. **Пирузян Л. А., Маленков А. Г., Баренбойм Г. М.** 3 2
- Борис Николаевич Делоне. К 90-летию со дня рождения. **Александров А. Д.** 3 25
- Что такое «цитат-индекс»? **Хайтун С. Д.** В подборке: «Цитат-индекс» как метод анализа научной деятельности. 3 40
- Часто цитируемые статьи. Статьи из русских журналов. **Гарфилд Ю.** В подборке: «Цитат-индекс» как метод анализа научной деятельности 3 51
- Размышления специалиста по научной информации. **Полковников Б. Ф.** В подборке: «Цитат-индекс» как метод анализа научной деятельности 3 54
- Как развивалась техника (рец. на кн.: Техника в ее историческом развитии. От появления ручных орудий труда до становления техники машинно-фабричного производства). **Черняк Я. Б.** 3 126
- Ленинский этап в развитии представлений о материальном единстве мира. **Готт В. С.** В подборке: В. И. Ленин и наука 4 4
- Ученые о В. И. Ленине. Публикация **Кольцова А. В.** В подборке: В. И. Ленин и наука 4 11
- У истоков ленинских природоохранительных декретов. Публикация **Хрусталева В. М.** В подборке: В. И. Ленин и наука 4 18
- Воспоминание о Н. А. Северцове. **Семенов-Тянь-Шанский А. П.** 4 58
- К публикации «Воспоминание о Н. А. Северцове». **Тимофеев-Ресовский Н. В.** 4 68
- К вопросу о скачках в процессе эволюции живой природы. **Юсуфов А. Г.** 4 82
- Страницы истории отечественной ботаники. **Белонжко Ю. А.** 4 94
- Премия Европейского физического общества — члену-корреспонденту АН СССР Ю. В. Гуляеву. **Ланцберг Г. С., Хазанов Е. Н.*** 4 109
- Первая книга «Библиотеки всемирной истории естествознания» (рец. на кн.: Кузнецов Б. Г. Идеи и образы Возрождения). **Цверева Г. К.** 4 124

Московскому университету 225 лет		
Приветствие Президиума АН СССР	5	4
На торжественном заседании, посвященном юбилею Московского университета	5	6
Из жизни старых университетских зданий. Белянский М. Т.	5	8
Ректор И. Г. Петровский. Олейник О. А., Янин В. Л.	5	22
Первый год в Московском университете. Четвериков С. С. (См. также: Воспоминания. Четвериков С. С. 1980, №№ 11, 12)	5	50
Сокровищница книг и рукописей. Сафонова Н. И.	5	75
Борис Васильевич Кукаркин и московская школа звездной астрономии. Куликовский П. Г., Самусь Н. Н.	5	101
Агроценология — важное направление современной биogeоценологии. Гиляров М. С.	6	2
Биологические знания в палеолите. Фролов Б. А.	6	50
Город на берегу Студеного моря. Белов М. И.	6	75
Как решали математические задачи в древнем Вавилоне. Розин В. М.	6	94
Общее собрание Академии наук СССР*	6	103
Золотые медали им. М. В. Ломоносова за 1979 год — А. И. Опарину и Б. Сёкефальви-Надю. Деборин Г. А., Теляковский С. А.*	6	105
Многообразие талантов Сергея Ивановича Вавилова (рец. на кн.: Сергей Иванович Вавилов). Жевандров Н. Д.	6	122
Кузница инженерных кадров. К 150-летию МВТУ им. Н. Э. Баумана. Николаев Г. А.	7	20
Неопубликованные лекции В. И. Вернадского о книгопечатании. Лихтенштейн Е. С.	7	50
Открытие книгопечатания. Вернадский В. И.	7	52
Судьба «Дискавери»*	7	117
За международное научное сотрудничество в Тихоокеанском регионе. Итоги XIV Тихоокеанского научного конгресса. Сидоренко А. В.	8	2
Был ли русский чертеж картой? Кусов В. С.	8	50
Выдающийся металлург эпохи Возрождения. К 500-летию со дня рождения Ванноччо Бирингуччо. Федоров А. С.	8	84
Тур Хейердал — доктор исторических наук honoris causa*	8	120
Трагедия Владимира Онуфриевича Ковалевского (рец. на кн.: Резник С. Владимир Ковалевский). Фортунатов И. К.	8	124
«Лишь истина была ему пример...» Турсунов А. В подборке: Великий энциклопедист Востока. К 1000-летию со дня рождения Ибн Сины (Авиценны)	9	37
Прославленный в веках врачеватель. Нуралiev Ю. Н. В подборке: Великий энциклопедист Востока. К 1000-летию со дня рождения Ибн Сины (Авиценны).	9	46
Космология — узел методологических проблем (рец. на кн.: Турсунов А. Основания космологии). Овчинников Н. Ф.	9	124
Социально-экономическая эффективность охраны природы. Федоренко Н. П., Лемешев М. Я., Реймерс Н. Ф.	10	2
Роль А. Ф. Иоффе в развитии советской ядерной физики и техники. Зельдович Я. Б., Харитон Ю. Б. В подборке: Абрам Федорович Иоффе. К 100-летию со дня рождения	10	27

* Опубликовано в разделе «Новости науки».

А. Ф. Иоффе — создатель Агрофизического института. Чудновский А. Ф. В подборке: Абрам Федорович Иоффе. К 100-летию со дня рождения	10	36
Этика научного исследования. Юдин Б. Г.	10	97
Об удивительной художнице-натуралистке (рец. на кн.: Лукина Т. А. Мария Сибилла Мериан. 1647—1717). Лебедев Д. В.	10	125
Космическое земледелие. Сидоренко А. В.	11	3
Альфред Вегенер и его идеи. Милановский Е. Е.	11	52
Проблема этногенеза балтов и славян в свете палеогеографии. Сейбутис А. А.	11	78
Воспоминания. Четвериков С. С. (продолжение, см. также: 1980, №№ 5, 12)	11	88
Волны жизни. (Из лепидоптерологических наблюдений за лето 1903 года). Четвериков С. С.	11	95
К 100-летию со дня рождения С. С. Четверикова	11	95
Первопроходцы отечественной генетики (рец. на кн.: Выдающиеся советские генетики. Сборник биографических очерков). Бабков В. В., Малиновский А. А.	11	122
План ГОЭЛРО и развитие советской энергетики. К 60-летию плана ГОЭЛРО. Жимерин Д. Г., Гвоздецкий В. Л.	12	2
Юбилей старейшины научных обществ России. Яншин А. Л.	12	66
Воспоминания. Четвериков С. С. (окончание, см. также: 1980, №№ 5, 11)	12	76
Страницы большой жизни (рец. на кн.: Карцев Вл. Кржижановский). Федоров А. С.	12	102

АСТРОНОМИЯ. АСТРОФИЗИКА. КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Запуски космических аппаратов в СССР (сентябрь — октябрь 1979 г.)*	1	94
Атмосферные процессы на Марсе*	1	94
Новые данные по геологии Марса*	1	95
Биоспутник «Космос-1129». Никитин С. А.*	2	103
«Вертикаль-8». Ведешин Л. А.*	2	103
Спутник «Интеркосмос-20». Никитин С. А.*	2	104
Запуски космических аппаратов в СССР (ноябрь — декабрь 1979 г.)*	3	106
«Вояджер-2» у Юпитера*	3	106
Запуск «НЕАО-3»*	3	107
Уточнен спектр реликтового излучения*	3	108
Спутник «Магсат»*	4	107
Как отличить нейтронную звезду от черной дыры? Бисноватый-Коган Г. С., Чечеткин В. М.*	4	107
Борис Васильевич Кукаркин и московская школа звездной астрономии. Куликовский П. Г., Самусь Н. Н.	5	101
Исследования источника SS433*	5	109
Оптические исследования рентгеновских объектов*	5	109
Подсчеты далеких галактик. Караченцев И. Д.	6	61
Электрическая природа вулканов на Ио. Дробышевский Э. М.	6	69
Запуски космических аппаратов в СССР (январь — февраль 1980 г.)*	6	103
Лунный кратер назван именем С. Б. Пикельнера. Шевченко В. В.*	6	106
Что представляют собой кольца Урана?*	6	107
Юпитер на снимках «Вояджера-2»*	6	128
Первичные черные дыры. Новиков И. Д., Полнарев А. Г.	7	12

Древнее однообразие рельефа Каллисто*	7	19
«Пионер-11» у Сатурна. Бурба Г. А.	7	88
Запуски космических аппаратов в СССР (март — апрель 1980 г.)*	7	99
Новый экипаж на «Салюте-6». Никитин С. А.*	7	99
Спутник для исследования Солнца*	7	101
Гамма-астрономия сверхновых?*	7	101
Межзвездная среда в лаборатории*	7	102
Ледяная поверхность Европы*	8	19
Новости марсианской сейсмологии. Галкин И. Н.	8	61
Как образовался лунный рельеф? Волчанская И. К., Саложникова Е. Н.	8	76
Молнии на Юпитере*	8	102
Триггерный механизм лунотрясений*	8	102
Горные гряды на Венере*	8	103
Кратеры — индикаторы мерзлоты на Марсе*	8	103
Тектоническая природа «каналов» Марса. Бурба Г. А.	9	88
Запуски космических аппаратов в СССР (май — июнь 1980 г.)*	9	105
Советско-венгерский экипаж в космосе. Никитин С. А.*	9	106
Работа на орбите*	9	108
Борозды и гряды на Ганимеде*	9	109
Вторая зимовка «Викингов»*	9	109
Магнитосфера рентгеновских пульсаров. Липунов В. М.	10	52
Гравитационная линза во Вселенной? Мухомов В. Ф.	10	107
Структура ядра сейфертовской галактики NGC1275*	10	108
Шестой международный экипаж на «Салюте-6». Никитин С. А.*	10	106
Метеориты с ледников Антарктиды*	10	109
Международное сотрудничество в области космического пространства. XXIII сессия КОСПАРА. Шомоди А.	11	67
Высокогорное плато на Венере*	11	69
Запуски космических аппаратов в СССР (июль — август 1980 г.)*	11	104
Продолжение экспедиции на «Салюте-6». Никитин С. А.*	11	104
Грозовые разряды на Венере*	11	105
Много ли серы на Ио?*	11	106
Молекулярная спектроскопия межзвездной среды. Варшавович Д. А., Херсонский В. К.	12	44
Полет советско-кубинского экипажа. Никитин С. А.*	12	88
Спутники астероидов*	12	89
Геологическая история Марса*	12	90
Полярное «окно» в облаках Венеры*	12	91

ФИЗИКА

Солнечный гелий в недрах Земли. Мамырин Б. А., Телстихин И. Н.	1	2
Многоканальные детекторы рентгеновского излучения. Хабахпашев А. Г.	1	30
Лауреаты Нобелевской премии 1979 года по физике — С. Вайнберг, Ш. Глэшоу, А. Салам. Кобзарев И. Ю.	1	84
Поиск электрического дипольного момента нейтрона*	1	96
γ -излучение при каналировании релятивистских позитронов*	1	97
Квантовая диффузия в кристаллах*	1	97
Охлаждение атомного пучка резонансным лазерным излучением*	1	98

Каналирование увеличивает интенсивность ядерных реакций*	1	99
Магнитный изотопный эффект*	1	99
Изогнутый кристалл может отклонять пучок заряженных частиц*	1	100
Растровый оптический микроскоп на основе полупроводникового лазера*	1	101
Сверхпроводимость поваренной соли*	1	101
Реакторы на быстрых нейтронах в атомной энергетике. Казачковский О. Д.	2	16
Кварки. Шехтер В. М.	2	53
Открытие глюона. Долгов А. Д.*	2	105
Сжатие водорода с помощью пинч-эффекта*	2	106
Новый метод лазерного разделения изотопов*	2	106
Индукцированная током оптическая активность теллура*	2	107
Ядро ^{16}O имеет форму тетраэдра*	2	107
Рентгенолитография в пучках синхротронного излучения. Александров Ю. М., Якименко М. Н.	3	36
Принцип эквивалентности. Смердинский Я. А.	3	58
Локализация электронов над поверхностями водорода и неона*	3	108
СВЧ-поле создает ток*	3	109
Сколько живет протон?*	3	110
Распределение заряда внутри нейтрального K^0 -мезона*	3	111
Новый вид лазера на электронных пучках*	3	111
Твердый водород при комнатной температуре*	3	112
Вращение Земли и квантовомеханическая фаза нейтрона*	3	113
Некоторые проблемы оптики. Франк И. М.	4	22
Макроскопические квантовые явления. Пятаевский Л. П.	4	40
ЯМР-интроскопия — новый метод изучения структуры биологических объектов. Федин Э. И.	4	77
Новые данные по изотропности пространства*	4	81
Исследование внутренней структуры Λ -мезонов*	4	108
Премия Европейского физического общества — члену-корреспонденту АН СССР Ю. В. Гуляеву. Ланцберг Г. С., Хазанов Е. Н.*	4	109
Кристаллизационные волны в ^4He *	4	111
Неравновесный металл*	4	112
«Гейзеры» на поверхности сверхтекучего гелия*	4	113
Ниобат германия — высокотемпературный сверхпроводник*	4	113
Пучок релятивистских электронов создает алмазы*	4	114
Проблема синтеза алмазов. Калашников Я. А.	5	34
Фотоны и нелинейная оптика. Клышко Д. Н.	5	66
Совместная самофокусировка атомного и светового пучков*	5	110
Плазма оптического разряда в конденсированной среде*	5	111
Самарий увеличивает намагниченность редкоземельных металлов*	5	111
Лазер измеряет сверхмалые СВЧ-поля*	5	112
Растяжение превращает полупроводник в металл*	5	112
В поисках единой теории фундаментальных взаимодействий. Ансельм А. А.	6	9
Проблемы безопасности на атомных электростанциях. Бабаев Н. С., Кузьмин И. И., Легосов В. А., Сидоренко В. А.	6	30
Система сканирования световых пучков*	6	68
Компенсация фазовых искажений при многофотонных процессах*	6	107
Проверка опыта Кавендиша*	6	108
Сверхтекучесть и поляризованный атомарный водород*	6	109

Получен сверхпроводящий палладий*	6	109
Кузница инженерных кадров. К 150-летию МВТУ им. Н. Э. Баумана. Николаев Г. А.	7	20
В поисках единой теории фундаментальных взаимодействий (окончание, см.: 1980, № 5)		
Ансельм А. А.	7	63
Межзвездная среда в лаборатории*	7	102
Оптический грузонесущий кабель*	7	103
Электронная микроскопия на атомном уровне*	7	103
Протактиний — сверхпроводник*	7	103
Эффект обращения волнового фронта лазерного излучения. Басов Н. Г., Зубарев И. Г.	8	8
Космические лучи на службе геологии. Бондаренко В. М., Жданов Г. Б.	8	20
Экстремальные состояния в ядерных системах. Галицкий В. М.	8	74
Получение термоядерных нейтронов с помощью кумулятивного взрыва*	8	104
Бесконтактное возбуждение ультразвука в металлах*	8	105
Инверсия населенностей «горячих» носителей в полупроводниках*	8	106
Наносекундная дифрактометрия биологических структур*	8	106
Наблюдение трех γ -частиц*	8	107
Ускорение ионов электронными облаками*	8	108
Популяризация для профессионалов (рец. на кн.: Каганов М. И. Электроны, фононы, магноны). Гегузин Я. Е.	8	121
Метастабильный металл. Каганов М. И., Чудинов С. М.	9	53
Квантовая электродинамика на малых расстояниях. Смондырев М. А.	9	74
Запаздывающая двухнейтронная активность ядер. Гапонов Ю. В.*	9	110
Новый вид спинового эха ¹ *	9	111
Оптическая подсветка изменяет населенности спиновых состояний*	9	112
Зоны поглощения радиоволн*	9	113
Рост кристаллов. Проблемы и достижения (интервью с участниками VI международной конференции по росту кристаллов)	10	14
Роль А. Ф. Иоффе в развитии советской ядерной физики и техники. Зельдович Я. Б., Харитон Ю. Б. В подборке: Абрам Федорович Иоффе. К 100-летию со дня рождения	10	27
А. Ф. Иоффе — создатель Агрофизического института. Чудновский А. Ф. В подборке: Абрам Федорович Иоффе. К 100-летию со дня рождения	10	36
Спектроскопия ядерного магнитного резонанса. Леше А.	10	69
Дрейф молекул под действием лазерного излучения*	10	109
Антипротоны из Галактики. Богомолов Э. А., Романов В. А.*	10	110
Лазерное излучение отрывает молекулы от поверхности кристалла*	10	111
Упругие волны в кристалле*	10	111
Новые возможности ЭВМ — аналитические вычисления. Гердт В. П., Ширков Д. В.	11	36
Магнитная релаксация в аналитической, координационной и бионеорганической химии. Михайлов О. В.	11	70
Лазеры на свободных электронах. Чельцов В. Ф.*	11	107
Поляризация атомов при фотодиссоциации молекул*	11	108
Вынужденное излучение баллистических фононов*	11	109
Экситон-примесные комплексы в кристалле $GaSe_{0,1}Se_{0,9}$ *	11	109

Особенности люминесценции в кристалле $\text{CaS}_{0,1}\text{Se}_{0,9}$ *	11	109
Колебания плотности электронов вблизи поверхности металлов*	11	109
Турбины Дарье и Масуды — источники электроэнергии*	11	110
Положительные мюоны в физике твердого тела. Пономарев А. Н.	12	20
Гидриды в водородной энергетике. Кост М. Е., Понятовский Е. Г.	12	11
Гигантская магнитострикция*	12	91
Релятивистская скорость испарения металла*	12	92
Расщепление атомного пучка световой волной*	12	93

МАТЕМАТИКА. МЕХАНИКА

Борис Николаевич Делоне. К 90-летию со дня рождения. Александров А. Д.	3	25
Как решали математические задачи в древнем Вавилоне. Розин В. М.	6	94
Золотая медаль им. М. В. Ломоносова за 1979 год — Б. Сёкефальви-Надю. Теляковский С. А.*	6	104
Как математика познает самое себя (рец. на кн.: Манин Ю. И. Доказуемое и недоказуемое). Ершов А. П.	7	119
Новые возможности ЭВМ — аналитические вычисления. Гердт В. М., Широков Д. В.	11	36

ХИМИЯ

Лауреаты Нобелевской премии 1979 года по химии — Г. Браун и Г. Виттиг. Брегадзе В. И.	1	87
Химические аспекты деятельности человечества и охраны природы. Пирюзян Л. А., Маленков А. Г., Баренбойм Г. М.	3	2
Проблема синтеза алмазов. Калашников Я. А.	5	34
Биоэлектрокатализ*	5	113
Полимеры в борьбе с эрозией почв*	5	113
Интерметаллические соединения — аккумуляторы водорода*	5	114
Синтетические макроциклические комплексоны. Богатский А. В., Лурияненко Н. Г.	7	81
Магнитная релаксация в аналитической, координационной и бионеорганической химии. Михайлов О. В.	11	70
Гидриды в водородной энергетике. Кост М. Е., Понятовский Е. Г.	12	11

ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ. ЭКОЛОГИЯ. СИСТЕМАТИКА

Население литорали дальневосточных морей СССР. Кусакин О. Г.	1	38
«Экофильм-79». Заметки эколога. Благодислов К. Н.	2	13
Удаление метана желтыми кувшинками*	2	112
Использование панцирных клещей в биостратиграфии. Кривошукский Д. А., Друн Я. А., Ласкова Л. М.	2	113
Роль почвенной фауны в очистке окружающей среды. Кривошукский Д. А.*	3	117
Сопраженная эволюция растений и их паразитов. Дьяков Ю. Т.	5	43
Микробиологическое окисление нефти в водных экосистемах. Гусев М. В., Каронелли Т. В.*	5	116
Скорость самоочищения почв от нефти в различных природных зонах. Глазовская М. А., Пиковский Ю. И.*	5	118

МББ	Агроценология — важное направление современной биогеоценологии. К 100-летию со дня рождения В. Н. Сукачева. Гиляров М. С.	6	2
МББ	Проблемы безопасности на атомных электростанциях. Бабаев Н. С., Кузьмин И. И., Легасов В. А., Сидоренко В. А.	6	30
МББ	Биологические знания в палеолите. Фролов Б. А.	6	50
	Золотая медаль им. М. В. Ломоносова за 1979 год — А. И. Опарину. Деборин Г. А.*	6	106
МББ	Лишайники обнаруживают загрязнение среды*	6	116
	Дарвиновский принцип в иммунологии. Галактионов В. Г.	8	28
	Генетика, эволюция и теоретическая биология. Тимофеев-Ресовский Н. В.	9	62
МББ	Поток чужеродных веществ: влияние на человечество. Ковалев И. Е., Маленков А. Г.	9	90
МББ	Проблема кислотности осадков в США*	10	115
	Волны жизни. (Из лепидоптерологических наблюдений за лето 1903 года). Четвериков С. С. К 100-летию со дня рождения С. С. Четверикова	11	95
	Географические связи флоры Крыма и гипотеза Понтиды. Рубцов Н. И.	1	50
	Обоняние у птиц*	1	104
	Животные приспосабливаются к яду*	1	104
МББ	Даурский еж. Щербак Н. Н.	2	42
	Лоза-великан. Матнашвили А. Д.	2	50
	Дельфины выбрасываются на берег*	2	110
	Жабры форели под электронным микроскопом*	2	110
	Несовершенный эхолокатор гуачаро*	2	111
МББ	Лошадь Пржевальского: тревоги и надежды. Банинников А. Г., Лобанов Н. В.	3	100
МББ	Новый метод исследования китообразных. Яблоков А. В.	3	115
	Назначение антенн и щетинок у пузырчатки*	3	117
	Морская змея в заливе Петра Великого. Чугунов Ю. Д.	4	49
	Страницы истории отечественной ботаники. Белонжко Ю. А.	4	94
МББ	Охотский улит. Нечаев В. А.	4	102
	Гербарий Московского университета. Палов В. Н.	5	84
МББ	Моржи на Аракамченском лежбище. Смирин В. М., Смирин Ю. М.	5	90
	Перспективность сорта пшеницы определяется ее морфогенетическим типом. Морозова З. А.*	5	117
МББ	Орхидеи и их охрана. Вахрамеева М. Г., Денисова Л. В.	6	45
	«Сигнальный алфавит» дельфинов. Дьяченко С. М.	6	113
	«И ничего смешного тут нет, дорогой читатель» (рец. на кн.: Асс М. Я., Шаргаев М. А. Очерки по филогении и охране животного мира). Раутман А. С.	6	124

БОТАНИКА.
ЗООЛОГИЯ

МББ	Возродить гепарда в Закаспии. Рустамов А. К.	7	46
	Лягушки «пьют» через кожу*	7	108
	Уникальный способ движения. Несис К. Н.*	7	108
	Энциклопедия мира растений (рец. на кн.: Жизнь растений. Т. 4). Губанов И. А., Скворцов А. К.	7	118
	Мемориал — насекомому. Пеннионжек С. А.	7	126
МББ	Моллюск халиотис, или морское ушко. Жирмунский А. В., Касьянов В. Л., Лукин В. Н.	8	44
МББ	Дикорастущая яблоня Восточной Сибири. Пономаренко В. В.	8	90
	Рыбы вырабатывают антифриз*	8	113
	Альтруистическое поведение антарктической рыбки. Несис К. Н.*	8	113
	Куликово поле в прошлом и настоящем. Куринов С. Ф. В подборке: «За землю Русскую...» К 600-летию Куликовской битвы и 500-летию «Великого стояния» на реке Угре	9	4
	Река Угра — жемчужина среднерусской природы. Скворцов А. К. В подборке: «За Землю Русскую ...» К 600-летию Куликовской битвы и 500-летию «Великого стояния» на реке Угре	9	14
МББ	Белолицая савка. Дробовцев Э. И., Кошелев А. И.	9	102
	Хеморецепция дельфинов*	9	115
	Фисташка в Средней Азии. Попов К. П.	11	21
МББ	Большеглазый полоз. Горелов Ю. К.	11	100
	Почему колорадский жук распространяется на восток? Кохманюк Ф. С.	11	103
	Цитологический механизм симбиоза бактерии и рыбы*	11	115
	Энергетика плавания дельфина*	11	116
	Гигантский кальмар*	11	117
	Рыба с двойным зрением*	11	117
	Угроза панде*	11	121
	На Айновых островах. Георгиевский А. Б.	12	53
МББ	Фламинго. Андрусенко Н. Н.	12	72
МББ	Сверхскоростная ловля добычи рыбой-клоуном. Несис К. Н.*	12	95

ГЕНЕТИКА.
МОЛЕКУЛЯРНАЯ
БИОЛОГИЯ.
БИОХИМИЯ.
БИОФИЗИКА.
МИКРОБИОЛОГИЯ.
ЦИТОЛОГИЯ

Преждевременное старение клеток, взятых от больных муковисцидозом*	1	102
Определение мутагенной опасности для клеток плода*	1	102
Исследуется фенилкетонурия*	1	102
Основные тенденции в развитии физико-химической биологии. Овчинников Ю. А.	2	2
Липосомы в медицине. Терчилин Б. П.	2	26
Продление действия белковых лекарственных препаратов*	2	108

	Функции вакуолей растительных клеток*	2	108
	Внутриклеточный обмен симбионта зависит от экологии хозяина*	2	109
	Циклическая РНК в цитоплазме эвкариот*	2	110
	Биотрансформация чужеродных веществ. Оксенгендлер Г. И.	3	13
	Механизм формирования хряща в эмбриогенезе. Шубич М. Г.*	3	114
МБ	Загрязнение воздуха изменяет проницаемость мембран растительных клеток. Остроумов С. А.*	3	115
МБ	Генетические последствия интенсивного применения пестицидов. Воронцов Н. Н.*	4	114
	Хромосомные аномалии у потомства облученных мышей*	4	115
	Клеточная система для промышленного получения интерферона*	4	115
	Химический состав феромона тигра*	4	116
	Новый тип клеток в альвеолярном эпителии млекопитающих*	4	118
МБ	Роль микроорганизмов в очистке морской воды*	4	119
МБ	Биологическая деструкция загрязняющих неприродных соединений*	4	120
	Генетика нашего времени (рец. на кн.: Гершензон С. М. Основы современной генетики). Ратнер В. А.	4	123
	Мутации при хранении семян*	5	49
	Первый год в Московском университете. Четвериков С. С. (См. также: Воспоминания. Четвериков С. С. 1980, №№ 11, 12)	5	50
	Исследуется пигмент-белковый комплекс*	5	65
	Направленная фрагментация РНК*	5	114
	Микробиологическое окисление нефти в водных экосистемах. Гусев М. В., Каронелли Т. В.*	5	116
	Вирионы — новый объект молекулярной биологии. Негрук В. И.	6	70
	Золотая медаль им. М. В. Ломоносова за 1979 год — А. И. Опарину. Деборин Г. А.*	6	105
	Универсален ли генетический код?*	6	110
	Левая спираль ДНК. Франк-Каменецкий М. Д.*	6	111
	Биолюминесценция в химическом анализе*	6	111
	Цитогенетические показатели долголетия*	6	112
	Центриоли в клеточном цикле. Воробьев И. А.*	6	115
	Амеба — новый объект генетических исследований. Юдин А. Л.	7	2
	Механизм первичных процессов фотосинтеза. Рубин А. Б.	7	74
	Новые данные о строении генов иммуноглобулинов*	7	104
	Вирусная природа гепатомы человека*	7	107
МБ	Где хранятся вирусы гриппа?*	7	107
МБ	«Мозаичное» строение генов. Кобринский Г. Д.*	8	109
МБ	Как появляются новые вирусы гриппа в природе*	8	111
	Проект «Ревертаза» выполнен. Киселев Л. Л.	9	78
МБ	Поток чужеродных веществ: влияние на человечество. Ковалев И. Е., Маленков А. Г.	9	90
	Успехи и перспективы генной инженерии. Алеханян С. И.	10	62
	Обнаружено функциональное назначение сортов интронов. Сургучев А. П.*	10	112
	Получение интерферона с помощью генной инженерии*	10	112

Ферментативные детекторы слабых сигналов и перспективы их применения в медицинской диагностике. Березин И. В., Мартинек К., Смирнов В. Н., Торчилин В. П., Чазов Е. И.	11	47
К 100-летию со дня рождения С. С. Четверикова. Сидоров Б. Н.	11	86
Воспоминания. Четвериков С. С. (продолжение, см. также: 1980, №№ 5, 12)	11	88
Топоизомеразы — новый класс ферментов, меняющих топологию молекул ДНК. Франк-Каменецкий М. Д.*	11	113
Химический состав феромона огородной совки*	11	114
Новые фунгициды*	11	115
Цитологический механизм симбиоза бактерии и рыбы*	11	115
Жидкокристаллическое состояние и метаболизм. Усольцева Н. В., Усольцева В. А.	12	56
Воспоминания. Четвериков С. С. (окончание, см. также: 1980, №№ 5, 11)	12	76
Механизм действия калмодулина. Кобринский Г. Д.*	12	93
РНК ослабляет вирусное заболевание у растений*	12	94

ФИЗИОЛОГИЯ.
МЕДИЦИНА.
ПСИХОЛОГИЯ

Фенаминовая стереотипия поведения как модель психопатологии у животных. Арушанян Э. Б.	1	78
Лауреаты Нобелевской премии 1979 года по медицине — Г. Н. Хаунсфилд и А. М. Кормак. Власов П. В., Свиридов Н. К.	1	91
Ацетальдегид не является нейротоксическим агентом*	1	103
Причины гибели клеток при замораживании. Попов А. С.*	1	103
Внимание у младенцев*	1	109
Отражение процесса внимания на энцефалограмме. Кочубей Б. И.*	3	115
ЯМР-интроскопия — новый метод изучения структуры биологических объектов. Федин Э. И.	4	77
Лечение рака яичников нейраминидазой*	4	116
Морские продукты в лечебном питании*	4	117
Неферментативное растворение сгустков фибрина в организме человека и животных. Ляпина Л. А.*	5	115
«Протезирование» памяти*	6	112
Реакция «сверхчувствительности» у растений*	6	113
Демографический кризис: психологические аспекты*	6	120
Экспресс-анализ крови под электронным микроскопом*	7	105
Перепелиные яйца против аллергии?*	7	106
Непрофессиональная психотерапия*	7	106
НК-клетки — враги опухолей*	8	109
Способы воздействия на опухолевые клетки*	8	110
 Возможен ли возврат натуральной оспы?*	8	111
 Гриб против комаров*	8	112
Холинергические структуры мозга и память*	8	112
«Обучение» лимфоцитов*	9	113
Ретиноиды и рак*	9	114
Попытки лечения бешенства*	9	114
Устойчивость феноменов «7» и «голубой»*	9	114
Получение интерферона с помощью генной инженерии*	10	112

Курение уменьшает содержание в организме α -антитрипсина*	10	114
Токсическое действие свинца повышается с ростом температуры*	10	114
Глаз рака и рентгеновская астрономия*	10	115
Получение антител повышенной специфичности.		
Кобринский Г. Д.*	11	111
Человек чувствует момент инерции предмета*	11	112
Новые стимуляторы иммунного ответа*	11	112
География пандемии холеры Эль Тор. Першин Е. Я., Ульянов В. К.	12	63
Амантадин — препарат против гриппа А*	12	94

ГЕОЛОГИЯ. ГЕОХИМИЯ. МИНЕРАЛОГИЯ

Строение и история развития осадочной оболочки Земли. Ронов А. Б.	1	14
Источники марганца в океане. Базилевская Е. С.	1	25
65-й рейс «Гломара Челленджера». Золотарев Б. П.*	1	106
Геологическая карта Кавказа. Шлезингер А. Е.*	1	108
Разломы Восточной Камчатки*	1	108
Железо-марганцевые конкреции Индийского океана*	1	110
Сероводород в подземных водах. Щербakov А. В.	2	43
Геологические феномены Корякского нагорья. Тильман С. М.	2	88
66-й рейс «Гломара Челленджера». Мурдмаа И. О.*	2	114
Геология метеоритных кратеров. Постельников Е. С.*	2	115
Туранская плита и Прикаспийская впадина — два типа континентальных осадочных бассейнов*	2	117
Человек видоизменяет рельеф*	2	117
Глубоководные обломочные осадки*	2	118
Кимберлит — обломочная порода*	2	119
Термальные воды Прибайкалья. Ломоносов И. С., Пиннекер Е. В.	3	78
Оценка глубинных температур по гидрохимическим показателям*	3	118
Новые аспекты изучения офиолитов. Постельников Е. С.*	3	119
Крупные куски янтаря в Предкарпатье. Сребродольский Б. И., Горшенин С. Б.*	3	119
67-й рейс «Гломара Челленджера». Музылев Н. Г.*	4	121
Термобарогеохимия минералов Земли из космоса. Ермаков Н. П.	5	56
Поиски вулканогенных месторождений на Рудном Алтае. Авдонин В. В.*	5	118
Фосфориты — камни плодородия. Бушинский Г. И.	6	18

Верховые торфяники — индикаторы нарастающего загрязнения атмосферы. Добродеев О. П.	6	116
Глубинные конгломераты: месторождения золота, урана, алмазов. Портнов А. М.	7	27
Что дает БАМ петрологии? Что петрология дает БАМ? Кренделев Ф. П.	7	34
68-й и 69-й рейсы «Гломара Челленджера». Перцев Н. Н.*	7	109
Писчий мел*	7	111
Фосфориты на шельфе Охотского моря*	7	114
Неизбежен ли сырьевой голод?*	7	115
Космические лучи на службе геологии. Бондаренко В. М., Жданов Г. Б.	8	20
Оолитовые руды Восточной Сибири. Вахрушев В. А.	8	57

ГЕОЛОГИЯ	Геологические рубежи антропогена. Додонов А. Е., Пеньков А. В., Ранов В. А.	8	68
	Исследования в Тихом океане на «Дмитрии Менделееве». Непрочнов Ю. В.*	8	114
	Алмазы на Камчатке*	8	116
	«Горячие» проблемы геологии (рец. на кн.: Шолпо В. Н. Земля раскрывает свои тайны). Сеславинский К. Б.	8	123
	Тихоокеанский рудный пояс. Радкевич Е. А.	9	66
	Кольская скважина — глубочайшая в мире. Шадрин Л. Н.*	9	116
	Геологическая неоднородность Тихого океана*	9	117
	Органическое вещество в осадочном слое Мирового океана*	9	119
	Выжигание лесов загрязняет атмосферу*	9	121
	Подмосковный известняк в Астраханском кремле. Викторев А. М.	10	50
ГЕОГРАФИЯ	Все ли мы знаем о нефти? Наливкин В. Д.	10	78
	Озеро Аксукоп — уникальный бассейн, образованный подземными рассолами. Черняго А. В., Черняго Л. С.*	10	116
	Карбонат кальция в Тихом океане*	10	117
	Подводные горы в Тихом океане*	10	118
	Обнаружена рифтовая система на северо-востоке Азии*	10	118
	Угледородные газы в земной оболочке*	10	121
	Нефть и газ под глубинами океанов. Оленни В. Б., Соколов Б. А.	11	10
	Космическое земледелие. Сидоренко А. В.	11	3
	Альфред Вегенер и его идеи. Милановский Е. Е.	11	52
	Структура континентальной окраины Востока СССР. Пуцаровский Ю. М.*	11	118
	Новые карты Монголии. Шлезингер А. Е.*	11	118
	Глубинные минералы Земли. Пуцаровский Д. Ю.*	11	119
	Медь в почвах виноградников*	11	119
	Не слишком ли много катастроф? (рец. на кн.: Резанов И. А. Великие катастрофы в истории Земли). Гурский Б. Н.	11	125
	Каменные узоры скарнов. Ефимова М. И., Шабанов В. Н.	12	42
	Первая карта четвертичных отложений внутренней Азии. Клейнер Ю. М.*	12	98
	Новая гипотеза строения земных недр*	12	98
	Рост гор Центральной Азии*	12	99
	Тектоническая карта Средиземного моря. Шлезингер А. Е.*	12	100
ГЕОФИЗИКА. ВУЛКАНОЛОГИЯ. СЕЙСМОЛОГИЯ	Солнечный гелий в недрах Земли. Мамырин Б. А., Толстухин И. Н.	1	2
	Рождение нового океанического бассейна*	1	110
	Кислотный дождь на Новых Гебридах*	2	118
	Дрейфуют пемзовые «плоты»*	3	120
	Тепловой поток из недр Земли и его происхождение. Любимова Е. А.	4	70
	Определение интенсивности землетрясений прошлого*	6	119
	Радиолокационное зондирование торфяных месторождений*	7	112

Аномалии температурного поля на шельфе.		
Калинин В. В., Калинин А. В., Фадеев В. Е.*	7	112
Вулканические извержения и земные приливы*	8	116
Микросейсмы планеты*	9	118
Подводный вулкан Эсмеральда*	9	119
Успехи и просчеты прогноза землетрясения в Алайской долине. Никонов А. А. В подборке:		
Землетрясения: прогноз и предвестники	10	83
Геохимические и гидрогеологические эффекты, сопровождающие землетрясения. Войтов Г. И., Гречухина Т. Г. В подборке: Землетрясения: прогноз и предвестники	10	90
Антропогенные землетрясения в Степном Крыму. Комарова М. В., Штенгелов Е. С. В подборке:		
Землетрясения: прогноз и предвестники	10	96
Пересмотрена статистика землетрясений*	10	120
Искусственный смерч*	11	119
Тепловая аномалия на склонах Этны*	11	120
Современный подводный вулканизм. Авдейко Г. П.	12	31
Электромагнитное излучение снежных лавин*	12	96
Комплексное определение возраста метеоритного кратера Жаманшин*	12	97

ГЕОГРАФИЯ.
ПОЧВОВЕДЕНИЕ.
МЕТЕОРОЛОГИЯ.
КЛИМАТОЛОГИЯ.
ОКЕАНОЛОГИЯ

Долгая память океана. Федоров К. Н.	1	71
Озон и парниковый эффект*	1	109
Железо-марганцевые конкреции Индийского океана*	1	110
Интенсивность Западно-Шпицбергенского течения*	1	111
Фотомониторинг океанического дна. Несис К. Н.	2	50
Полярные льды: следствие или причина изменения климата? Захаров В. Ф.	2	70
Вертикальные движения водных масс в океане*	2	118
Глубоководные обломочные осадки*	2	118
К началу выхода серии «Страны и народы» (рец. на кн.: Страны и народы. Т. I). Абрамов Л. С., Андрианов Б. В.	2	120
Глубочайшая пещера СССР. Людкинский Г. В., Морозов И. А., Немченко Т. А., Усиков Д. А.	3	66
Атлантическому океану около 100 миллионов лет*	3	121
Изменения климата в Южном полушарии. Квасов Д. Д.	4	90
Прозрачность атмосферы в городе. Абакумова Г. М., Еванович Т. В., Никольская Н. П.	5	96
Прошлое и будущее Антарктического оледенения*	5	100
Полимеры в борьбе с эрозией почв*	5	113
Купальный сезон на территории СССР. Корнилова Р. П.	6	78
Изменения теплового стока сибирских рек. Одрова Т. В.	6	90
Программа ПИКАР (подводное исследование Красноморско-Аденского рифа). Войтов В. И.*	6	118
Морские льды прогнозируют оледенение?*	6	119
Климат и растительные зоны на территории СССР 5—6 тыс. лет назад. Муратова М. В., Суетова И. А., Бурашников Г. А., Кроличенко Е. И.	7	42
Разрушается ли ледник Росса?*	7	114
Фосфориты на шельфе Охотского моря*	7	114
Метан в осадках Балтийского моря*	7	115

	За международное научное сотрудничество в Тихоокеанском регионе. Итоги XIV Тихоокеанского научного конгресса. Сидоренко А. В.	8	2
	Был ли русский чертеж карты? Кусков В. С.	8	50
	Исследования в Тихом океане на «Дмитрии Мен-Экспедиция в Красное море. Монин А. С., Ястребов В. С.	8	114
	Один из сильнейших ураганов столетия*	9	25
	Жизнь океана в смене времен. Краснов Е. В.*	9	121
	Выжигание лесов загрязняет атмосферу*	9	121
	Пропать Снежная — самая большая на территории СССР. Морозов А. И.	10	119
	Подводные горы в Тихом океане*	10	118
	Новые количественные оценки состава атмосферы*	10	120
	Климат Карелии в голоцене*	10	122
	К выходу первых томов «Географии Мирового океана» (рец. на кн.: Физическая география Мирового океана). Гвоздецкий Н. А.	10	124
	Прошлое, настоящее, будущее западносибирских болот. Нейштадт М. И., Малик Л. К.	11	24
	Медь в почвах виноградников*	11	119
	Температура и загрязнение атмосферы*	12	100

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

	Использование панцирных клещей в биостратиграфии. Кривошукский Д. А., Друк Я. А., Ласкова Л. М.*	2	113
	Древнейшие эвкариоты?*	3	121
	Атлантическому океану около 100 миллионов лет*	3	121
	Орган слуха австралопитека*	3	122
	Что известно о предках человека? (рец. на кн.: Вуд П., Вачек Л., Хэмблин Ф. Дж., Леонард Дж. Н. Жизнь до человека. Иди М. Недостающее звено. Уайт Э., Браун Д. М. Первые люди. Кёнстебл Дж. Неандертальцы. Придо Т. Кроманьонский человек). Урысон М. И.	3	124
	Как исчезли динозавры? Татаринов Л. П.	4	31
	Биологические знания в палеолите. Фролов Б. А.	6	50
	Древнейшие приматы в Азии*	6	121
	Палеонтологические исследования в Монголии. Решетов В. Ю., Барсболд Р.	8	36
	Климат Карелии в голоцене*	10	122
	Новый взгляд на ископаемых гоминид. Урысон М. И.*	10	122
	Яйца хищного динозавра найдены в Северной Америке*	11	121
	«Новая» голова бронтозавра*	12	101

АРХЕОЛОГИЯ.
ЭТНОГРАФИЯ

	Хазары. Плетнева С. А. Из сер. статей «Исчезнувшие народы»	1	59
	Галерея наскального искусства в Хангае. Коваль П. В.	2	96

Бактрийское золото. Сарнианиди В. И.	4	50
Долгожительство и долгожители. Козлов В. И.	7	91
Находка остатков сосны в древнем погребении Северного Прикаспия. Джубанов А. А.*	7	116
Кукуруза в древнем Перу. Березкин Ю. Е.*	7	117
Череповидные маски Сакачи-Аляна. Окладникова Е. А.	8	96
Ритуальный памятник Сахтышских стоянок. Крайнов Д. А.*	8	118
Проблема этногенеза балтов и славян в свете палеогеографии. Сейбутис А. А.	11	78

ОХРАНА ПРИРОДЫ



Моржи на островах Земли Франца-Иосифа. Назаренко Ю. И.*	1	105
«Красную Книгу» — уникальным объектам неживой природы. Ходжибаев Н. Н., Бедер Б. А.	2	34
Даурский еж. Щербак Н. Н.	2	42
Волк в заповедниках СССР. Бибииков Д. И., Филонов К. П.	2	80
Химические аспекты деятельности человечества и охрана природы. Пирузян Л. А., Маленков А. Г., Баренбойм Г. М.	3	2
Тульские засеки, их природа, научное и хозяйственное значение. Курнаев С. Ф.	3	87
Лошадь Пржевальского: тревоги и надежды. Банников А. Г., Лобанов Н. В.	3	100
Роль почвенной фауны в очистке окружающей среды. Криволуцкий Д. А.*	3	117
Природа Антарктики под охраной*	3	122
У истоков ленинских природоохранительных декретов. Публикация Хрусталева В. М. В подборке: В. И. Ленин и наука.	4	18
Охотский улит. Нечаев В. А. -	4	102
Носорог может исчезнуть в 1980 году*	4	122
Моржи на Аракамчеченском лежбище. Смирин В. М., Смирин Ю. М.	5	90
Прозрачность атмосферы в городе. Абакумова Г. М., Евневич Т. В., Никольская Н. П.	5	96
Программа «Фауна» в действии. Зубакин В. А.*	5	119
Программа «Рекреация». Чижова В. П.*	5	120
Проблемы безопасности на атомных электростанциях. Бабаев Н. С., Кузьмин И. И., Легасов В. А., Сидоренко В. А.	6	30
Орхидеи и их охрана. Вахрамеева М. Г., Денисова Л. В.	6	45
Природа Ленинградской области и ее охрана. Семенов, Тянь-Шанская А. М., Ивашинцов А. Д.	6	80
Изменения теплового стока сибирских рек. Одрова Т. В.	6	90
Лишайники обнаруживают загрязнение среды*	6	116
Верховные торфяники — индикаторы нарастающего загрязнения атмосферы. Добродеев О. П.*	6	116
Возродить гепарда в Закаспии. Рустамов А. К.	7	46
Загрязнение атмосферы металлами*	7	109
Моллюск халиотис, или морское ушко. Жирмунский А. В., Касьянов В. Л., Лукин В. Н.	8	44
Сколько у нас серых журавлей? Маркин Ю. М.	8	47
Загрязнение среды полихлорбифенилами*	8	117
Биосферный заповедник в Центральной Америке*	8	117
Новая угроза галапагосским черепахам*	8	117
Куликово поле в прошлом и настоящем. Курнаев С. Ф. В подборке: «За землю Русскую...» К 600-летию		

Куликовской битвы и 500-летию «Великого стояния» на реке Угре	9	4
Река Угра — жемчужина среднерусской природы. Скворцов А. К. В подборке: «За землю Русскую...» К 600-летию Куликовской битвы и 500-летию «Великого стояния» на реке Угре	9	14
Поток чужеродных веществ: влияние на человечество. Ковалев И. Е., Маленков А. Г.	9	90
Белолицая савка. Дробовцев Э. И., Кошелев А. Г.	9	102
Выжигание лесов загрязняет атмосферу*	9	121
Социально-экономическая эффективность охраны природы. Федоренко Н. П., Лемешев М. Я., Реймерс Н. Ф.	10	2
Старейший заповедник страны. Виноградов В. В., Чернявская С. И.	10	40
Угроза панды*	11	121
Большеглазый полоз. Горелов Ю. К.	11	100
На Айновых островах. Георгиевский А. Б.	12	53
Фламинго. Андрусенко Н. Н.	12	72
Всемирная стратегия охраны природы. Остроумов С. А.	12	40
Обезвреживание полихлорбифенилов*	12	96
Температура и загрязнение атмосферы*	12	100

РЕЦЕНЗИИ

Ученый, человек, учитель (рец. на кн.: Микулинский С. Р. Карл Францевич Рулье). Смирнов И. Н.	1	112
Пионер радиохимии (рец. на кн.: Кривомазов А. Н. Фредерик Содди). Цверева Г. К.	1	113
«От набегов внешних врагов» до «мирного созидания ученых нашей планеты» (рец. на кн.: Сердюков А. Р. Петр Николаевич Лебедев). Идлис Г. М.	1	115
 К началу выхода серии «Страны и народы» (рец. на кн.: Страны и народы. Т. 1). Абрамов Л. С., Андрианов Б. В.	2	120
Очерки по истории русской науки (рец. на кн.: Развитие естествознания в России (XVIII — начало XX века). Старостин Б. А.	2	122
Что известно о предках человека? (рец. на кн.: Вуд П., Вачек Л., Хэмблин Ф. Дж., Леонард Дж. Жизнь до человека. Иди М. Недостоящее звено. Уайт Э., Браун Д. М. Первые люди. Констебл Дж. Неандертальцы. Придо Т. Кроманьонский человек). Урысон М. И.	3	124
Как развивалась техника (рец. на кн.: Техника в ее историческом развитии. От появления ручных орудий труда до становления техники машинно-фабричного производства). Черняк А. Я.	3	126
Генетика нашего времени (рец. на кн.: Гершензон С. М. Основы современной генетики). Ратнер В. А.	4	123
Первая книга «Библиотеки всемирной истории естествознания» (рец. на кн.: Кузнецов Б. Г. Идеи и образы Возрождения). Цверева Г. К.	4	124
Многообразие талантов Сергея Ивановича Вавилова (рец. на кн.: Сергей Иванович Вавилов). Жевандров Н. Д.	6	122
«И ничего смешного тут нет, дорогой читатель» (рец. на кн.: Асс М. Я., Шаргаев М. А. Очерки по филогении и охране животного мира). Раутиан А. С.	6	124
Энциклопедия мира растений (рец. на кн.: Жизнь растений. Т. 4). Губанов И. А., Скворцов А. К.	7	118

Как математика познает самое себя (рец. на кн.: Манин Ю. И. Доказуемое и недоказуемое). Ершов А. П.	7	119
Популяризация для профессионалов (рец. на кн.: Каганов М. И. Электроны, фононы, магноны). Гегузин Я. Е.	8	121
«Горячие» проблемы геологии (рец. на кн.: Шолпо В. Н. Земля раскрывает свои тайны). Сеславинский К. Б.	8	123
Трагедия Владимира Онуфриевича Ковалевского (рец. на кн.: Резник С. Владимир Ковалевский). Фортунатов И. К.	8	124
Космология — узел методологических проблем (рец. на кн.: Турсунов А. Основания космологии). Овчинников Н. Ф.	9	124
Об удивительной художнице-натуралистке (рец. на кн.: Лукина Т. А. Мария Сибилла Мериан. 1647—1747). Лебедев Д. В.	10	125
К выходу первых томов «Географии Мирового океана» (рец. на кн.: Физическая география Мирового океана). Гвоздецкий Н. А.	10	124
Первопроходцы отечественной генетики (рец. на кн.: Выдающиеся советские генетики. Сборник биографических очерков). Бабков В. В., Малиновский А. А.	11	122
Не слишком ли много катастроф? (рец. на кн.: Резанов И. А. Великие катастрофы в истории Земли). Гурский Б. Н.	11	125
Страницы большой жизни (рец. на кн.: Карцев Вл. Кржижановский). Федоров А. С.	12	102

НОВЫЕ КНИГИ

1	117; 2	124; 3	127; 4	126; 5	122; 6	126; 7	62,
122; 8	126; 9	126; 10	127; 11	126; 12	105		

В КОНЦЕ НОМЕРА

Гороскоп Иоганна Кеплера	1	120
Кое-что о заголовках. Лазаревич Э. А.	2	126
«День физика» в МГУ. Канер В. В., Милеев В. А.	5	125
Мемориал — насекомому. Пенионжек С. А.	7	126

НЕКРОЛОГИ

Леонид Александрович Чубуков	4	101
Борис Николаевич Делоне	9	122
Николай Васильевич Цинцин	10	104
Константин Константинович Марков	12	86

Авторский указатель журнала «Природа» 1980 года

А бакумова Г. М. 5 96

Абрамов Л. С. 2 120

Авдейко Г. П. 12 31

Авдонин В. В. 5 118

Александров А. Д. 3 25

Александров Ю. М. 3 36

Алиханян С. И. 10 62

Андрианов Б. В. (См. Абрамов Л. С.)

Андрусенко Н. Н. 12 72

Ансельм А. А. 6 9; 7 63

Арушанян Э. Б. 1 78

В авиллов Н. И. 4 17

Вавилов С. И. 4 13

Варшалович Д. А. 12 44

Вахрамеева М. Г. 6 45

Вахрушев В. А. 8 57

Ведешин Л. А. 2 103

Вернадский В. И. 7 52

Викторов А. М. 10 50

Виноградов В. В. 10 40

Власов П. В. 1 94

Войтов В. И. 6 118

Войтов Г. И. 10 90

Волчанская И. К. 8 76

Воробьев И. А. 6 115

Воронцов Н. Н. 4 114

Д анилов Ю. А. 1 120

Деборин Г. А. 6 104

Денисова Л. В. (См. Вахрамеева М. Г.)

Джубанов А. А. 7 116

Добродеев О. П. 6 116

Додонов А. Е. 8 68

Долгов А. Д. 2 105

Дробовцев Э. И. 9 102

Дробышевский Э. М. 6 69

Друк А. Я. (См. Криволицкий Д. А.)

Дьяченко С. М. 6 113

Дьяков Ю. Т. 5 43

Б абаев Н. С. 6 30

Бабков В. В. 11 122

Базилевская Е. С. 1 25

Банников А. Г. 3 100

Баренбойм Г. М. (См. Пирузян Л. А.)

Барсболд Р. (См. Решетов В. Ю.)

Басов Н. Г. 8 8

Бедер Б. А. (См. Ходжибаев Н. Н.)

Белов М. И. 6 75

Белоножко Ю. А. 4 94

Белявский М. Т. 3 8

Березин И. В. 11 47

Березин Ю. Е. 7 116

Бибилов Д. И. 2 80

Бисноватый-Коган Г. С. 4 107

Благосклонов К. Н. 2 13

Богатский А. В. 7 81

Богомоллов Э. А. 10 110

Бондаренко В. М. 8 20

Брегадзе В. И. 1 87

Бурашников Г. А. (См. Муратова М. В.)

Бурба Г. А. 7 88; 9 88

Бушинский Г. И. 6 18

Г алактионов В. Г. 8 28

Галицкий В. М. 8 74

Галкин И. Н. 8 61

Гапонов Ю. В. 9 110

Гарфилд Ю. 3 51

Гвоздецкий В. Л. (См. Жимерин Д. Г.)

Гвоздецкий Н. А. 10 124

Гегузин Я. Е. 8 121

Георгиевский А. Б. 12 53

Гердт П. В. 11 36

Гиляров М. С. 6 2

Глазовская М. А. 5 118

Горбунов Н. П. 4 12

Горелов Ю. К. 11 100

Горшенин С. Б. (См. Сребродольский Б. И.)

Готт В. С. 4 4

Гречухина Т. Г. (См. Войтов Г. И.)

Губанов И. А. 7 118

Губкин И. М. 4 13

Гурский Б. Н. 11 125

Гусев М. В. 5 116

Е вневич Т. В. (См. Абакумова Г. М.)

Ермаков Н. П. 5 56

Ермолова Н. М. 12

Ершов А. П. 7 119

Ефимова М. И. 12 42

Ж данов Г. Б. (См. Бондаренко В. М.)

Жевандров Н. Д. 6 122

Жимерин Д. Г. 12 2

Жирмунский А.-В. 8 44

З ахаров В. Ф. 2 70

Зельдович Я. Б. 10 27

Золотарев Б. П. 1 106

Зубакин В. А. 5 119

Зубарев И. Г. (См. Басов Н. Г.)

Ивашинов А. Д. (См. Семенова-Тян-Шанская А. М.)
Идлис Г. М. 1 115
Июффе А. Ф. 4 16

Каганов М. И. 9 53
Казачковский О. Д. 2 16
Калашников А. Я. 5 34
Калинин А. В. (См. Калинин В. В.)
Калинин В. В. 7 112
Караченцев И. Д. 6 61
Каронелли Т. В. (См. Гусев М. В.)
Карпинский А. П. 4 11
Касьянов В. Л. (См. Жирмунский А. В.)
Квасов Д. Д. 4 90
Кеплер И. 1 121
Киселев Л. Л. 9 78
Клейнер Ю. М. 12 97
Клышко Д. Н. 5 66
Кобзарев И. Ю. 1 84
Кобринский Г. Д. 8 109; 11 111; 12 93
Ковалев И. Е. 9 90
Коваль П. В. 2 96
Козлов В. И. 7 91
Кольцов А. В. 4 11
Комаров В. Л. 4 11
Комарова М. В. 10 96
Корнилова Р. П. 6 78
Кост М. Е.
Кохманюк Ф. С. 11 103
Кочубей Б. И. 3 114
Кошелев А. Г. (См. Дробовцев Э. И.)
Крайнов Д. А. 8 118
Краснов Е. В. 9 120
Кренделев Ф. П. 7 34
Кржижановский Г. М. 4 14
Криволицкий Д. А. 2 112; 3 117
Кроличенко Е. И. (См. Муратова М. В.)
Кузьмин И. И. (См. Бабаев Н. С.)
Куликовский П. Г. 5 101
Курнаев С. Ф. 3 87; 9 4
Курнаков Н. С. 4 15
Кусакин О. Г. 1 38
Кусов В. С. 8 50

Лихтейштейн Е. С. 7 50
Лобанов Н. В. (См. Банников А. Г.)
Ломоносов И. С. 3 78
Лукин В. Н. (См. Жирмунский А. В.)
Лукьяненко Н. Г. (См. Богатский А. В.)
Луначарский А. В. 4 14
Любимова Е. А. 4 70
Людковский Г. В. 3 66
Ляпина Л. А. 5 115

Маленков А. Г. (См. Пирузян Л. А., Ковалев И. Е.)
Малик Л. К. (См. Нейштадт М. И.)
Малиновский А. А. (См. Бабков В. В.)
Мамырин Б. А. 1 2
Маркин Ю. М. 8 47
Мартинек К. (См. Березин И. В.)
Матиашвили А. Д. 2 50
Милановский Е. Е. 11 52
Михайлов О. В. 11 70
Монин А. С. 9 25
Морозов А. И. (См. Людковский Г. В.); 10 119
Морозова З. А. 5 117
Музылев Н. Г. 4 121
Муратова М. В. 7 42
Мурдмаа И. О. 2 114
Муханов В. Ф. 10 107

Наливкин В. Д. 10 78
Назаренко Ю. И. 1 105
Негрук В. И. 6 70
Нейштадт М. И. 11 24
Немченко Т. А. (См. Людковский Г. В.)
Нефьбичев Ю. В. 8 114
Несис К. Н. 2 50; 7 109; 8 114; 12 95
Нечаев В. А. 4 102
Никитин С. А. 2 103; 2 104; 7 99; 9 105; 9 106; 10 106; 11 104
Николаев Г. А. 7 20
Никольская Н. П. (См. Абакумова Г. М.)
Никонов А. А. 10 83

Лазаревич Э. А. 2 126
Ланцберг Г. С. 4 109
Ласкова Л. М. (См. Криволицкий Д. А.)
Лебедев Д. В. 10 125
Легасов В. А. (См. Бабаев Н. С.)
Лемашев М. Я. (См. Федоренко Н. П.)
Леше А. 10 69
Липунов В. М. 10 52

Нифантьев Э. Е. 1 88
Новиков И. Д. 7 12
Нуралиев Ю. Н. 9 46

Овчинников Н. Ф. 12 4
Овчинников Ю. А. 2 2
Одрова Т. В. 6 90

Окладникова Е. А. 8 96
Оксенгендлер Г. И. 3 13
Олейник О. А. 5 22
Оленин В. Б. 11 10
Ольденбург С. Ф. 4 15
Остроумов С. А. 3 115; 12 40

Павлов В. Н. 5 84
Панионжек С. А. 7 126
Пеньков А. В. (См. Додонов А. Е.)
Перцев Н. Н. 7 109
Першин Е. Я. 12 63
Пиковский Ю. И. (См. Глазовская М. А.)
Пиннекер Е. В. (См. Ломоносов И. С.)
Пирузян Л. А. 3 2
Питаевский Л. П. 4 40
Плетнева С. А. 1 59
Полковников Б. Ф. 3 54
Полнарев А. Г. (См. Новиков И. Д.)
Пономарев А. Н. 12 20
Пономаренко В. В. 8 90
Понятовский Е. Г. (См. Кост М. Е.)
Попов А. С. 1 103
Попов К. П. 11
Портнов А. М. 7 27
Постельников Е. С. 2 115; 3 119
Пушаровский Ю. М. 11 118

Радкевич Е. А. 9 66
Ранов В. А. (См. Додонов А. Е.)
Ратнер В. А. 4 123
Раутиан А. С. 6 124
Реймерс Н. Ф. (См. Федоренко Н. П.)
Решетов В. Ю. 8 36
Розин В. М. 6 94
Романов В. А. (См. Богомолов Э. А.)
Ронов А. Б. 1 14
Рубин А. Б. 7 74
Рубцов Н. И. 1 50
Рустамов А. К. 7 46

Самусь Н. Н. (См. Куликовский П. Г.)
Сапожникова Е. Н. (См. Волчанская И. К.)
Сарианиди В. И. 4 50
Сафонова Н. И. 5 75

Свиридов Н. К. (См. Власов П. В.)
 Северин Н. Ф. (См. Бескровный А. М.)
 Сейбутис А. А. 11
 Семенов-Тянь-Шанский А. П. 4 58
 Семенова-Тянь-Шанская А. М. 6 80
 Сеславинский К. Б. 8 122
 Сидоренко А. В. 8 2; 11 3;
 Сидоренко В. А. (См. Бабаев Н. С.)
 Сидоров Б. Н. 11 86
 Скворцов А. К. (См. Губанов И. А.); 6 80; 9 14
 Смирин В. М. 5 90
 Смирин Ю. М. (См. Смирин В. М.)
 Смирнов В. Н. (См. Березин И. В.)
 Смирнов И. Н. 1 112
 Смондырев М. А. 9 74
 Смородинский Я. А. 3 58
 Соколов Б. А. (См. Оленин В. Б.)
 Сребродольский Б. И. 3 119;
 Старостин Б. А. 2 122
 Сутова И. А. (См. Муратова М. В.)
 Сургучев А. П. 10 112

Татаринев Л. П. 4 31
 Теляковский С. А. 6 104
 Тильма С. М. 2 88
 Тимофеев-Ресовский Н. В. 4 68;
 9 62
 Толстихин И. Н. (См. Мамырин Б. А.)
 Торчилин В. П. (См. Березин И. В.); 2 26
 Турсунов А. 9 37
 Тюрюканова Э. Б. 12

Ульянов В. К. (См. Першин Е. Я.)
 Урысон М. И. 3 124; 10 122
 Усиков Д. А. (См. Людковский Г. В.)

Усольцева В. А. 12 (См. Усольцева Н. В.)
 Усольцева Н. В. 12 56

Фадеев В. А. 11
 Фадеев В. Е. (См. Калинин В. В.)
 Федин Э. И. 4 77
 Федоренко Н. П. 10 2
 Федоров А. С. 8 84; 12 102
 Федоров К. Н. 1 71
 Ферсман А. Е. 4 16
 Филонов К. П. (См. Бибииков Д. И.)
 Фортунатов И. К. 8 124
 Франк И. М. 4 22
 Франк-Каменецкий М. Д. 6 110;
 11 113
 Фролов Б. А. 6 50

Хабахпашев А. Г. 1 30
 Хазанов Е. Н. (См. Ланцберг Г. С.)
 Хайтун С. Д. 3 40
 Харитон Ю. Б. (См. Зельдович Я. Б.)
 Херсонский В. К. (См. Варшавич Д. А.)
 Ходжибаев Н. Н. 2 34
 Хрусталева В. М. 4 19

Церава Г. К. 1 113; 4 124

Чазов Е. И. (См. Березин И. В.)
 Чельцов В. Ф. 11 107
 Чернявская С. И. (См. Виноградов В. В.)
 Черняго А. В. 10 116
 Черняго Л. С. (См. Черняго А. В.)
 Черняк А. Я. 3 126
 Четвериков С. С. 5 505; 11 88;
 12 76

Чечеткин В. М. (См. Бисноватый-Коган Г. С.)
 Чижова В. П. 5 120
 Чугунов Ю. Д. 4 49
 Чудинов С. М. (См. Каганов М. И.)
 Чудновский А. Ф. 10 36

Шабанов В. Н. (См. Ефимова М. И.)
 Шадрин Л. Н. 9 116
 Шевченко В. В. 6 106
 Шехтер В. М. 2 53
 Ширков Д. В. (См. Гердт В. П.)
 Шлезингер А. Е. 1 108; 11 118;
 12 100
 Шомоди А. 11 67
 Штенгелов Е. С. (См. Комарова М. В.)
 Шубич М. Г. 3 114

Щербак Н. Н. 2 42
 Щербаков А. В. 2 43

Юдин А. Л. 7 2
 Юдин Б. Г. 10 97
 Юсуфов А. Г. 4 82

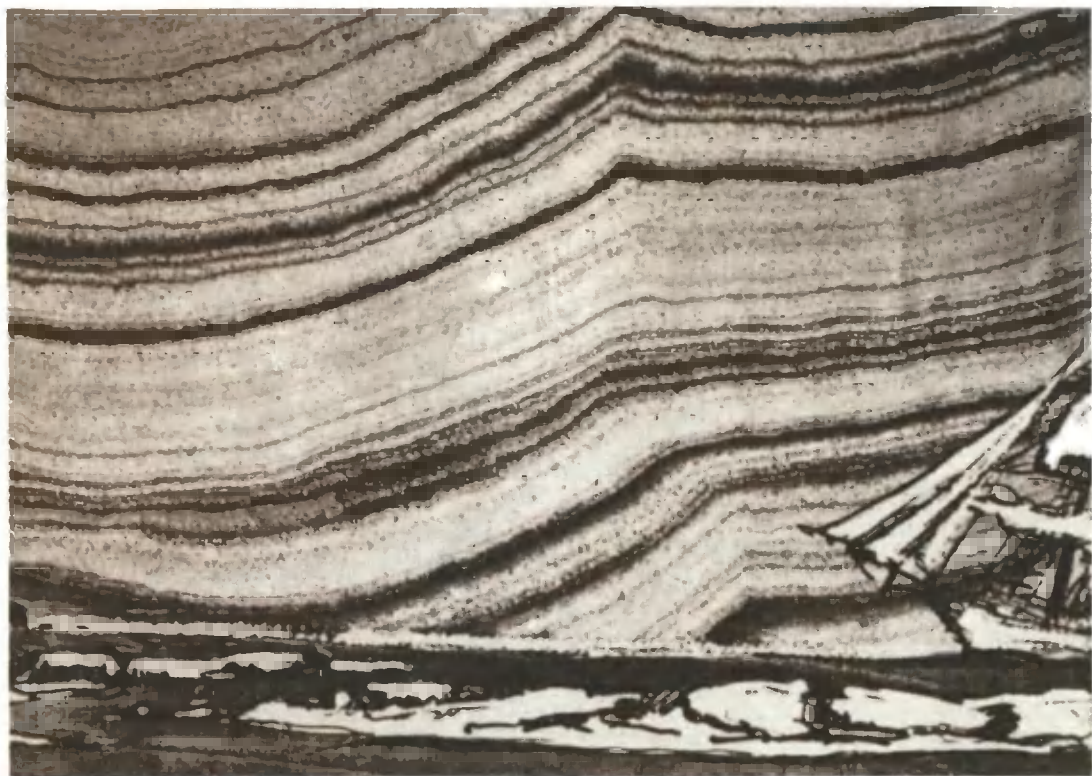
Яблоков А. В. 3 115
 Якименко М. Н. (См. Александров Ю. М.)
 Янин В. Л. (См. Олейник О. А.)
 Яншин А. Л. 12 66
 Ястребов В. С. (См. Монин А. С.)

Художник П. Г. АБЕЛИН
 Художественные редакторы:
 Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР
 Корректоры:
 Т. М. АФОНИНА, Т. Д. МИРЛИС

Сдано в набор 29.09.80.
 Подписано к печати 14.11.80.
 Т-16375
 Формат бумаги 70×100 1/16.
 Offset
 Усл.-печ. л. 10,4 Уч.-изд. л. 14,9
 Бум. л. 4
 Тираж 85 000 экз. Зак. 2494

Чеховский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. г. Чехов, Московской области.

Адрес редакции:
 117049 Москва, ГСП-1;
 Мароховский пер., 26.
 Тел. 238-24-56, 238-26-33



Цена 50 коп.
Индекс 70707

