

ISSN 0032—874X

# 1 ПРИРОДА

1985



Ежемесячный  
популярный  
естественнонаучный  
журнал  
Академии наук СССР

Основан в 1912 году



## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор  
академик  
Н. Г. БАСОВ

Заместитель главного редактора  
кандидат физико-математических наук  
А. И. АНТИПОВ

Доктор физико-математических наук  
Е. В. АРТЮШКОВ

Академик  
Д. К. БЕЛЯЕВ

Член-корреспондент АН СССР  
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук  
А. А. ВЕЛИЧКО

Член-корреспондент АН СССР  
В. А. ГОВЫРИН

Член-корреспондент АН СССР  
И. Р. ГРИГУЛЕВИЧ

Член-корреспондент АН СССР  
Г. А. ЗАВАРЗИН

Член-корреспондент АН СССР  
В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук  
Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук  
С. П. КАПИЦА

Академик  
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук  
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук  
А. А. КОМАР

Академик  
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор геолого-минералогических наук  
И. Н. КРЫЛОВ

Доктор философских наук  
Н. В. МАРКОВ

Доктор экономических наук  
В. А. МЕДВЕДЕВ

Ответственный секретарь  
В. М. ПОЛЫНИН

Доктор исторических наук  
П. И. ПУЧКОВ

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

Доктор философских наук  
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора  
доктор биологических наук  
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР  
А. А. СОЗИНОВ

Академик  
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук  
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора  
кандидат технических наук  
А. С. ФЕДОРОВ

Заместитель главного редактора  
член-корреспондент АН СССР  
Л. П. ФЕОКТИСТОВ

Член-корреспондент АН СССР  
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР  
Р. Б. ХЕСИН

Доктор физико-математических наук  
А. М. ЧЕРЕПАЩУК

Доктор физико-математических наук  
В. А. ЧУЯНОВ

На первой странице обложки. Свиристель. Эти птицы проводят в Москве всю зиму и только к марту улетают на юг. См. в номере: Ильичев В. Д. Птицы в экологии современного человека.

Фото М. В. Штейнбаха.

На четвертой странице обложки. Спектрометр ГАМС-2000, установленный на Серпуховском ускорителе. См. в номере: Герштейн С. С., Логунов А. А. Единство фундаментальных сил природы и поиски глоболов — частиц из ядерного «клея».

Фото А. М. Степанца.

**В НОМЕРЕ**

<b>К 40-ЛЕТИЮ ВЕЛИКОЙ ПОБЕДЫ</b>	<b>3</b>
<b>Герштейн С. С., Логунов А. А.</b> Единство фундаментальных сил природы и поиски глобулов — частиц из ядерного «клея»	<b>6</b>
<i>На основе единого подхода к описанию фундаментальных взаимодействий создана квантовая хромодинамика, которая, в частности, предсказывает существование частиц, состоящих из квантов полей, «склеивающих» кварки в адронах.</i>	
<b>Шуколюков Ю. А.</b> Сверхтяжелые элементы в метеоритах: надежды и разочарования	<b>20</b>
<i>Все попытки обнаружить следы деления сверхтяжелых элементов в метеоритах привели к отрицательному результату. Но в ходе поисков в руках исследователей оказалась «звездная пыль» — вещество, рожденное еще до образования Солнечной системы.</i>	
<b>Ильичев В. Д.</b> Птицы в экологии современного человека	<b>30</b>
<i>Научиться управлять поведением птиц — это значит решить целый ряд экологических и хозяйственных проблем. С развитием научно-технического прогресса такая задача становится все более актуальной.</i>	
<b>Митрофанов Ф. П., Запольнов А. К.</b> Проблемы геологии докембрия	<b>44</b>
<i>Древнейший этап геологической истории Земли — докембрий — изучен пока очень слабо. Тем не менее уже сейчас мы можем судить о его продолжительности, о процессах в ранней литосфере Земли, о формах жизни, существовавших на Земле 2—3 млрд лет назад.</i>	
<b>КРАСНАЯ КНИГА</b>	
<b>Орлов Н. Л.</b> Индийская бойга	<b>53</b>
<i>Изучаются экологические особенности этой редкой змеи, ведущей скрытный образ жизни.</i>	
<b>ИСПЫТУЮЩИЕ ГОДЫ.</b> Из писем П. Л. Капицы к матери 1921—1923 гг.	<b>56</b>
<i>«Я думаю, что эти годы были, может быть, самые трудные и испытующие в моей жизни. Я был брошен в воздух и летел на своих собственных крыльях. Полет был смел, пожалуй, но, мне кажется, сейчас можно определенно сказать, что я не свалился и не разбился. А это было нетрудно...»</i>	
<b>Каплин П. А., Никифоров Л. Г.</b> Защита морских берегов от размыва	<b>69</b>
<i>Главное в решении этой проблемы — не строительство дорогостоящих и недолговечных гидротехнических сооружений, а восстановление тех условий, в которых морские волны сами строят пляжи, предохраняющие берега от разрушения.</i>	
<b>Мазин И. И., Максимов Е. Г.</b> Вычислительная физика — новая область науки?	<b>80</b>
<i>Физические исследования... на ЭВМ. В чем их основной смысл, как влияют они на развитие науки? Сегодня ученые считают, что такие исследования стремительно ускоряют прогресс естествознания и достигли уровня, позволяющего говорить о становлении новой самостоятельной области науки.</i>	
<b>Велижанин А. Г.</b> Облик фауны Приамурья в наскальных рисунках	<b>90</b>
<i>Климат в Приамурье менялся несколько раз: сухой в бореальном периоде, он стал более теплым и влажным в атлантическом; затем снова наступило похолодание. Климатические изменения влекли за собой изменение и видов фауны на этой территории, что нашло отражение в наскальных рисунках.</i>	

## ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 1984 ГОДА

- Михайлов А. С. По физике — К. Руббиа и С. ван дер Meer 94  
Швачкин Ю. П. По химии — Р. Мэррифилд 97  
Незлин Р. С. По медицине — Н. Эрне, Ц. Мильштейн, Г. Келер 98

## Абдуллоев Д. О древнем виноградарстве и виноделии в Средней Азии 102

*Письменные источники и археологические раскопки свидетельствуют о том, что с древнейших времен виноградарство и виноделие в Средней Азии развивались как городское ремесло.*

## НОВОСТИ НАУКИ 104

Завершена третья основная экспедиция на «Салюте-7» (104) • Ядра шаровых скоплений: сжатие или расширение? (104) • Радиоизлучение от сверхновой I типа (105) • Пульсарная шкала времени (106) • Вулканизм на Земле и Венере (106) • Криолюминесценция (107) • Голографическое трехмерное зрение роботов (107) • Озоновый щит Земли пока еще цел (108) • Субъединицы рибосомы способны перемещаться? (109) • Лейкоциты и кислород (109) • Еще один фактор, разрушающий оболочку нервов волокон (110) • Микробиологический анализ воды за несколько часов (110) • «Птицеустойчивый» подсолнечник (111) • Идеомоторные действия (111) • Загадочные странствия зеленой черепахи (111) • Звуковое оружие кашалота (112) • Температура тела у насекомых (113) • Для вертикального роста корня необходим кальций (114) • Деревья регистрируют кислотность осадков (114) • Грибы против кислотного дождя (115) • Охоту в Кении можно возобновить (115) • Тектоника северо-западного обрамления Тихого океана (115) • Скорость вращения атмосферы меняется (116) • Образование полициклических ароматических углеводородов (116) • Сколько минералов найдено на Земле и на Луне? (117) • Глобальные тенденции климата (118) • Течения в древних океанах (118) • Сейсмовибрационный стенд (118) • Предок гигантских хищных динозавров? (119) • Висмут в бронзе древних инков (119)

## РЕЦЕНЗИИ

- Беляев Д. К., Гиляров М. С., Татарнинов Л. П. По поводу книги В. А. Кордюма «Эволюция и биосфера» 120  
Цверева Г. К. Начало астрономии в России (на кн.: Н. И. Невская. Петербургская астрономическая школа XVIII в.) 122

## НОВЫЕ КНИГИ 124

Окунь Л. Б. Физика элементарных частиц (124) • Эволюция идей Д. И. Менделеева в современной химии (124) • Бардунов Л. В. Древнейшие на суше (124) • Барабой В. А. Растительные фенолы и здоровье человека (125) • Археология СССР. Палеолит СССР (125) • Будущее науки. Международный ежегодник, вып. 17 (125)

## В КОНЦЕ НОМЕРА

- Кириков С. В.** «Места... зело хорошие и хлебородные» 126

## К 40-летию Великой Победы

9 мая наша страна торжественно отметит 40-летие Победы советского народа в Великой Отечественной войне. 40 лет назад потерпел сокрушительное поражение гитлеровский фашизм — самая реакционная сила империализма, направленная против нашего социалистического государства, на установление мирового господства. Трудный путь, полный высочайшего героизма и величайших жертв, прошла наша страна от вероломного нападения гитлеровских войск 22 июня 1941 года к Победе 9 мая 1945 года. 20 миллионов жизней унесла эта война; лучших сынов и дочерей, закаленных в битвах гражданской войны, воспитанных в трудовых подвигах первых пятилеток, потеряла наша Родина на пути к Победе. Под руководством Коммунистической партии наш народ, его Вооруженные Силы отстаивали дело Октября. Они внесли решающий вклад в победу над фашистской Германией и ее союзниками, в освобождение народов Европы от фашистского рабства, в спасение мировой цивилизации. В этом их величайшая заслуга перед человечеством.

Перед всем миром наша Победа в Великой Отечественной войне раскрыла преимущества социализма, его огромные экономические, социально-политические и духовные возможности. Сплоченные идейной убежденностью, безграничной верой в правоту великого ленинского дела, советские люди на фронте и в тылу упорно ковали победу над врагом. Значительный вклад в разгром гитлеровского фашизма внесли и ученые Страны Советов. В постановлении Центрального Комитета КПСС «О 40-летию Победы советского народа в Великой Отечественной войне 1941—1945 годов» отмечается, что рабочие, колхозники, ученые, инженеры, конструкторы своим самоотверженным трудом выигрвали небывалую битву за металл и хлеб, топливо и сырье, за создание могучего советского оружия.

Уже в первые дни войны Коммунистическая партия провела поистине титаническую работу по перестройке всего народного хозяйства страны на военный лад. Перестроилась и работа ведущего научного учреждения страны — Академии наук СССР. Деятельность Академии сосредоточилась в основном на трех главных направлениях: разработка проблем, имеющих оборонное значение; научная помощь промышленности; мобилизация сырьевых ресурсов страны, замена дефицитных материалов местным сырьем.

Как патриотический долг восприняли советские ученые необходимость работать для фронта, для Победы. Об этом ярко сказал в самом начале войны наш выдающийся металлург академик А. А. Байков: «Научная работа сейчас, если она не может дать результат, который будет полезен фронту, не может иметь никакого значения и не представляет никакого интереса... Все должны работать на фронт и для фронта, у всех должна быть только одна цель — уничтожить навсегда отвратительный и гнусный гитлеризм».

Проблемы, вставшие перед учеными уже в самом начале войны, носили, как правило, комплексный характер. Для их разработки

требовалось участие специалистов разных отраслей науки, техники и производства. Кроме того, задача состояла в быстрейшем доведении полученных научных результатов до широкого практического использования. В этих условиях родилась одна из эффективных форм организации научных исследований — создание комиссий, в которых наряду с учеными Академии наук работали сотрудники ведомственных научных учреждений, специалисты различных отраслей народного хозяйства. Тесная связь науки и производства в годы войны привела к появлению научно-производственных объединений, получивших широкое развитие уже в наши дни.

Свидетельством того огромного напряжения, с которым трудились в годы войны наши ученые, служат слова академика А. Ф. Иоффе: «С первых же дней Отечественной войны ленинградские ученые отдали себя целиком служению обороне. Сотни изобретенных новых боевых средств посылались из лабораторий на заводы. Сразу же при содействии партийных организаций установилось тесное содружество между научными институтами и предприятиями. Удачные идеи поэтому быстро осуществлялись. Нигде и никогда я не видел таких стремительных темпов перехода научной идеи в практику, как в Ленинграде в месяцы войны».

Война нанесла значительный урон научному потенциалу нашей страны. Было разрушено свыше 600 научных учреждений, таких, например, как Пулковская и Симеизская обсерватории. Однако поступательное развитие нашей науки продолжалось, росла и сеть научно-исследовательских институтов и лабораторий. В годы войны было создано 240 новых научных учреждений, организованы республиканские академии наук в Грузии (1941), Армении (1943), Узбекистане (1943), Азербайджане (1945). Были открыты филиалы Академии наук в ряде районов страны: Западно-Сибирский (1943), Киргизский (1943) и Казанский (1945), база в Коми АССР (1944). Наряду с напряженной работой на фронт и для фронта ни на минуту не прерывались фундаментальные исследования во всех областях естествознания и общественных наук. В эти суровые годы был создан могучий теоретический задел, обеспечивший стремительные темпы развития науки и техники в послевоенный период. «Война показала, — писал академик С. И. Вавилов, — каким образом научный коллектив в патриотическом порыве способен быстро и уверенно решать большие и трудные задачи».

Четыре десятилетия, отделяющие нас от великой Победы, — это десятилетия мирного труда, динамичного и целеустремленного движения нашего общества по пути совершенствования развитого социализма. За эти десятилетия еще более окрепла, получила всестороннее развитие наука в Советском Союзе. Она стала подлинной производительной силой нашего общества, прочно заняла положение лидера в наиболее значимых, определяющих научно-технический прогресс областях мировой науки.

Впереди — новая и ответственная работа ученых, направленная на дальнейшее укрепление экономического и оборонного потенциала нашей социалистической Родины. «Нас ждет огромная работа по созданию машин, механизмов и технологий как сегодняшнего, так и завтрашнего дня, — отметил июньский (1983 г.) Пленум ЦК КПСС. — Предстоит осуществить автоматизацию производства, обеспечить широкое применение компьютеров и роботов, внедрение гибкой технологии, позволяющей быстро и эффективно перестраивать производство на изготовление новой продукции. Будущее нашей энергетики — это прежде всего использование новейших атомных реакторов, а в перспективе и практическое решение проблемы управляемого термоядерного синтеза. На повестке дня и такие задачи, как получение материалов с заранее заданными свойствами, развитие биотехнологии, широкое применение в промышленности

безотходных и энергосберегающих технологий. Все это приведет к подлинной революции в нашем народном хозяйстве».

Реализация этой поистине захватывающей программы возможна только в условиях мира. Безудержное наращивание средств массового уничтожения, и прежде всего ядерного оружия, таит в себе необычайно тяжелые и грозные последствия возможного военного столкновения в мировом масштабе. Война — это угроза не только для будущего, но и самая тревожная проблема сегодняшнего дня. В постановлении ЦК КПСС «О 40-летию Победы советского народа в Великой Отечественной войне 1941—1945 годов» подчеркивается, что главный из непреходящих уроков Великой Отечественной войны состоит в том, что против войны надо бороться, пока она не началась. Исторический опыт учит: чтобы отстоять мир, нужны сплоченные, согласованные и активные действия всех миролюбивых сил против агрессивного, авантюристического курса империализма. Необходимо повышать бдительность народов, беречь и приумножать завоевания социализма.

Здесь исключительно велика роль ученых: они лучше чем кто-либо сознают безграничные возможности науки — как созидательные, так и разрушительные. Долг ученых — предупредить человечество о том, что далеко не все последствия возможных мировых конфликтов поддаются оценке средствами современной науки; но даже поддающиеся оценке последствия равнозначны смертельной опасности для человеческой цивилизации. Долг ученых — донести всем народам правду о том, что в условиях всеобщего мира наука способна обеспечить полную занятость всего работоспособного населения Земли, достичь самых серьезных успехов в решении глобальных проблем, таких как экологическая, топливно-сырьевая, продовольственная.

Борьба ученых за мир — важная и трудная задача. И в то время как подавляющее большинство ученых мира, в том числе и США, выступают против гонки вооружений, проимпериалистически настроенные представители академических кругов США обильно поставляют различные антикоммунистические концепции и «исследования». Как заявил вице-президент АН СССР академик П. Н. Федосеев, можно, по-видимому, констатировать, что в дополнение к военно-промышленному комплексу и в тесном взаимодействии с ним сложился своего рода политико-информационно-псевдоакадемический альянс — тесный союз между правительственным аппаратом США, организациями крупного капитала, средствами массовой информации и «исследовательскими советологическими» центрами.

Советские ученые глубоко сознают свою ответственность в благородном и трудном деле борьбы за мир. Советский Союз убедительно и последовательно демонстрирует возможности социализма в ускорении научно-технического прогресса, лидируя в таких сферах, как освоение атомной энергии в мирных целях, мирное исследование космоса и ряде других. «Окончание войн, мир между народами, прекращение грабежей и насилий — именно наш идеал...» — подчеркивал основатель нашей партии и государства В. И. Ленин, и этому идеалу самоотверженно служат советские ученые. Образованный в Советском Союзе Комитет советских ученых в защиту мира, против ядерной угрозы развернул активную деятельность как внутри страны, так и за рубежом.

Отмечая 40-летие Победы в Великой Отечественной войне, «Природа» планирует опубликовать ряд материалов, посвященных героической истории тех лет, работам наших ученых, направленным на укрепление экономического и оборонного могущества нашей Родины, на дальнейшее глубокое и всестороннее исследование фундаментальных проблем естествознания, а также вопросам борьбы за всеобщее разоружение и мир.

## Единство фундаментальных сил природы и поиски глюболов — частиц из ядерного «клея»

С. С. Герштейн, А. А. Логунов



Семен Соломонович Герштейн, доктор физико-математических наук, профессор Московского физико-технического института, начальник лаборатории Института физики высоких энергий (Протвино). Основные труды в области слабых взаимодействий и физики элементарных частиц.



Анатолий Алексеевич Логунов, академик, вице-президент АН СССР, ректор Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, научный руководитель Института физики высоких энергий. Научные интересы связаны с физикой элементарных частиц и квантовой теорией поля. Один из авторов монографии: Основы аксиоматического подхода в квантовой теории поля (совместно с Н. Н. Боголюбовым и И. Т. Тодоровым). М., 1969. Лауреат Ленинской премии (1970) и Государственных премий СССР (1973, 1984). Герой Социалистического Труда.

За последнее десятилетие в физике элементарных частиц сделан целый ряд фундаментальных открытий, которые привели к коренным изменениям в понимании строения материи и свойств фундаментальных сил природы на малых расстояниях. В частности, сейчас уже не вызывает сомнения, что нейтроны и протоны, из которых состоят атомные ядра и которые в течение долгого времени рассматривались как элементарные частицы, в действительности сами имеют сложное строение и состоят из трех более фундаментальных частиц, названных «кварками».

С помощью представления о кварках удалось не только объяснить всю систематику обнаруженных на опыте частиц, но и предсказать много новых частиц и их свой-

ства. Эти представления блестяще оправдались на опыте<sup>1</sup>.

Реальность существования кварков в особенности ярко подтверждается характером взаимодействия частиц при высоких энергиях. Обнаруженные здесь закономерности естественным образом объясняются именно кварковым строением сильнодействующих частиц — адронов (протонов, нейтронов,  $\pi$ -мезонов и т. д.). Благодаря им появилась долгожданная возможность количественного описания широкого класса процессов сильного взаимодействия

<sup>1</sup> О систематике адронов и их кварковом строении см.: Шехтер В. М. Кварки. — Природа, 1980, № 2, с. 53.

при высоких энергиях и предсказания новых явлений.

Однако, несмотря на очевидные успехи гипотезы кварков в объяснении огромного количества наблюдаемых явлений, кварки в свободном состоянии до сих пор не обнаружены. Большинство физиков склоняется сейчас к мысли, что объяснение этого парадокса заключается в особом характере сил, удерживающих кварки в адронах и не позволяющих «разбить» эти частицы на свободные кварки. Современная физика все ближе и ближе подходит к пониманию природы этих сил.

Замечательно при этом, что принятая в настоящее время (и получающая все больше и больше экспериментальных подтверждений) теория сил, действующих между кварками, — квантовая хромодинамика — создана на основе единого подхода к описанию всех фундаментальных взаимодействий природы с помощью так называемых калибровочных полей. Разработка такого общего подхода является одним из выдающихся достижений физики XX в. Он получил в последние годы блестящие экспериментальные подтверждения и позволил реально поставить перед современной физикой проблему величайшей важности — проблему единства всех элементарных взаимодействий природы: сильных, слабых, электромагнитных и даже гравитационных.

В настоящей статье пойдет речь о теории сил, действующих между кварками, и о проверке одного из удивительных предсказаний этой теории: возможности существования так называемых глоболов — массивных частиц, состоящих из квантов полей, «склеивающих» кварки в адронах.

### ОБОБЩЕНИЕ ПОНЯТИЯ ЗАРЯДА. КАЛИБРОВОЧНЫЕ ВЕКТОРНЫЕ ПОЛЯ

Чтобы пояснить, какими могут быть силы, действующие между кварками, обратимся сначала к хорошо изученным электромагнитным силам между двумя электрически заряженными частицами. Взаимодействие между ними можно представить следующим образом: одна из заряженных частиц создает в пространстве вокруг себя электромагнитное поле, которое действует на вторую частицу. Это рассуждение, конечно, можно обратить: считать, что электромагнитное поле создается второй частицей и уже оно действует на заряд первой. С точки зрения современных квантовых представлений, электромаг-

нитное поле представляет собой совокупность большого числа частиц — фотонов, а электромагнитное взаимодействие заряженных частиц есть результат обмена виртуальными фотонами. Заметим, что фотон — нейтральная безмассовая частица, обладающая внутренним моментом количества движения — спином, который в принятой в квантовой механике системе единиц равен 1.

Поля, которым соответствуют частицы со спином 1, называются векторными. Таким образом, электромагнитное поле — векторное.

Когда в конце 50-х годов после длительных исследований удалось установить законы слабых взаимодействий (под влиянием которых происходит, например, радиоактивный  $\beta$ -распад ядер), выяснилось, что слабое взаимодействие, так же как и электромагнитное, можно представить как обмен некоторой векторной частицей. Однако в отличие от фотона эта векторная частица должна обладать ненулевой массой покоя и электрическим зарядом. С одной стороны, это наводило на мысль об аналогии между слабыми и электромагнитными взаимодействиями, а с другой — ставило перед физиками новый вопрос: почему в качестве переносчиков электромагнитных и слабых взаимодействий выступают именно векторные частицы, выделены ли они как переносчики любых других взаимодействий? Ответ на этот вопрос в действительности уже содержался в работе американских теоретиков Ч. Янга и Р. Миллса, выполненной в 1954 г. Он был основан на понимании той двойной роли, которую играет электрический заряд в электродинамике. Действительно, электрический заряд представляет собой сохраняющуюся величину, значение которой не меняется в процессе взаимодействия, в то же время именно он является источником поля, действующего на другие заряды.

В работе Янга и Миллса это свойство электрического заряда получило обобщение на другие типы взаимодействий. Известно, что в различных взаимодействиях помимо электрического заряда сохраняются и некоторые другие величины (например, число барионов, изотопический спин и т. д.). Вопрос был поставлен следующим образом: могут ли эти сохраняющиеся величины выполняться одновременно и другие функции, например являться источниками каких-либо полей, посредством которых осуществляется взаимодействие между частицами? Исследования показали,

что такую теоретическую схему можно всегда построить. Причем поля, источником которых являются сохраняющиеся величины, должны быть, подобно электромагнитному полю, векторными, а соответствующие им частицы — безмассовыми, как и фотоны.

Вместе с тем было получено важное обобщение электродинамики. Дело в том, что существование сохраняющихся величин (в том числе электрического заряда) является (согласно известной теореме Э. Неттер) следствием определенной симметрии системы. Если симметрия рассматриваемого взаимодействия более широкая, чем для электромагнитного взаимодействия (так что ей отвечает не один, а несколько законов сохранения), то, как показали Янг и Миллс, взаимодействие должно переноситься не одним, а несколькими векторными полями.

Пусть, например, есть несколько частиц, отличающихся друг от друга какой-либо внутренней характеристикой, а существующее между ними взаимодействие одинаково и не зависит от этой характеристики. Это означает, что взаимодействие имеет определенную симметрию (например, оно может не изменяться, если каждую из частиц заменить некоторой суперпозицией всех остальных). Если в качестве специального физического принципа принять, что такая симметрия должна осуществляться локально (т. е. поля, отвечающие частицам, можно в каждой пространственно-временной точке независимо подвергнуть преобразованию симметрии), то оказывается, что для выполнения этого требования необходимо, чтобы рассматриваемые частицы являлись источниками нескольких векторных полей, которые сами определенным образом преобразуются при преобразованиях симметрии. Такие векторные поля были названы калибровочными. При этом единая сохраняющаяся константа — обобщенный «заряд» — определяет и взаимодействие рассматриваемых частиц с калибровочными полями, и взаимодействие векторных частиц, отвечающих калибровочным полям, между собой. Таким образом, оказывается, что переносчики взаимодействия — векторные частицы — в этом случае сами обладают «зарядом» и могут являться источниками подобных себе полей. Существование такого взаимодействия векторных частиц с необходимостью вытекает из требования локальной симметрии (если эта симметрия более широкая, чем в электродинамике), а сам за-

кон взаимодействия однозначно определяется характером симметрии.

Из принципа локальной симметрии возникают, таким образом, исключительные по своей красоте и важности выводы. Во-первых, выявляется особая, привилегированная роль векторных частиц как переносчиков элементарных взаимодействий и, во-вторых, выясняется, что динамика взаимодействия однозначно диктуется его симметрией.

Развивая эти идеи, удалось построить единую теорию электромагнитных и слабых взаимодействий, переносчиками которых являются фотон и промежуточные бозоны  $W^\pm$ ,  $Z^0$ . Не имея возможности подробнее останавливаться на этом вопросе<sup>2</sup>, отметим лишь тот факт, что в этой теории удалось указать общий механизм возникновения массы промежуточных бозонов (в результате так называемого спонтанного нарушения симметрии) и, используя экспериментальные данные о структуре и интенсивности слабых и электромагнитных взаимодействий, точно предсказать значения масс  $W^\pm$ - и  $Z^0$ -бозонов.

Эти значения оказались очень большими: массы  $W^\pm$  и  $Z^0$  примерно в 80 и 90 раз больше массы протона, соответственно. Частицы с предсказанными массами и свойствами удалось обнаружить в 1983 г. в экспериментах на встречных пучках антипротонов и протонов, специально созданных для этой цели в ЦЕРНе (Швейцария)<sup>3</sup>.

Открытие промежуточных бозонов ознаменовало новый важный этап в развитии физики. Оно окончательно доказало единую природу слабых и электромагнитных взаимодействий и, несмотря на целый ряд еще не решенных вопросов (например, выбор конкретного механизма возникновения массы  $W^\pm$  и  $Z^0$ ), подтвердило, что физики, используя принцип локальной симметрии в подходе к проблеме фундаментальных взаимодействий, находятся на правильном пути.

## КВАРКИ И ЦВЕТ

Естественно было попытаться с помощью принципа локальной калибровочной симметрии подойти к проблеме

<sup>2</sup> Об открытии промежуточных векторных бозонов в ЦЕРНе см.: Смондырев М. А. Промежуточные векторные бозоны. — Природа, 1983, № 12, с. 2.

<sup>3</sup> Следует отметить, что технические возможности создания таких встречных пучков были впервые открыты и разработаны в Институте ядерной физики СО АН СССР.

сил, действующих между кварками. Для этого прежде всего надо найти симметрию взаимодействий и величины, сохраняющиеся при взаимодействии кварков, а затем попытаться использовать их в качестве «зарядов», создающих поля, посредством которых осуществляется взаимодействие. Замечательно, что существование таких сохраняющихся величин было предсказано почти сразу же после того, как М. Гелл-Маном и Дж. Цвейгом в 1964 г. была высказана гипотеза о существовании кварков.

Дело в том, что строение всех обнаруженных к 60-м годам частиц, участвующих в процессах сильного взаимодействия, могло быть объяснено с помощью трех типов (или, как их сейчас называют, ароматов) кварков:  $u$ ,  $d$ ,  $s$  (и соответственно их антикварков)<sup>4</sup>. Причем барионы, к которым относятся протоны ( $p$ ), нейтроны ( $n$ ) и т. д., строились из трех кварков (например,  $p = uud$ ), мезоны — из кварка и антикварка (например,  $\pi^+ = u\bar{d}$ ). Перебирая все возможные комбинации кварков с учетом возможного направления их внутреннего момента количества движения — спина, удавалось объяснить всю совокупность обнаруженных на опыте частиц и их свойства. Возникло, однако, следующее затруднение: некоторые частицы должны были состоять из кварков одного типа (например,  $\Omega^- = sss$ ,  $\Delta^{++} = uuu$ ) с одинаково направленными спинами, т. е. из частиц, находящихся в одном и том же квантовомеханическом состоянии. Такая возможность противоречила принципу Паули, по которому две одинаковые частицы с полуспином не могут находиться в одном и том же состоянии (а кваркам для объяснения систематики наблюдаемых частиц необходимо было приписать именно полуспиновый спин). Чтобы обойти эту трудность, рядом авторов (Н. Н. Боголюбов, Б. В. Струминский, А. Н. Тавхелидзе; М. Хан и И. Намбу) была выдвинута гипотеза, что кварки каждого типа (аромата) могут находиться в трех различных состояниях, отличающихся некоторой внутренней физической характеристикой, которую сейчас называют «цветом»<sup>5</sup>. Другими

словами, частицы, которые считались составленными из трех тождественных кварков, в действительности построены из кварков различного цвета (тем самым обеспечивается соблюдение принципа Паули).

Введение цвета кварков одновременно объясняет, почему простейшими наблюдаемыми комбинациями кварков должны быть либо комбинации кварка с антикварком (мезоны), либо комбинации трех кварков разного цвета (барионы). Это обстоятельство стало особенно понятным при последующем развитии теории. Действительно, отсутствие в природе свободных кварков наводит на мысль, что они обладают некоторой внутренней характеристикой, не позволяющей им существовать в свободном состоянии. В настоящее время есть веские основания полагать, что такой характеристикой является именно цвет (к этому вопросу мы еще вернемся). С этой точки зрения, в свободном состоянии могут существовать только такие комбинации кварков, которые не обладают суммарным цветом (или, как говорят, являются бесцветными состояниями). Простейшими такими бесцветными комбинациями и являются мезоны и барионы. Иначе говоря, все наблюдаемые частицы бесцветны, хотя и состоят из цветных кварков<sup>6</sup>.

Надо сказать, что к гипотезе цвета вначале у многих было скептическое отношение. Это вполне объяснимо, поскольку в то время еще сама модель кварков подвергалась сомнению: свободные кварки не были найдены, а динамические закономерности, показавшие реальность существования кварков, еще не установлены. В этих условиях даже те физики, которые верили в модель кварков, предпочитали как-нибудь по-иному обойти трудность, связанную с выполнением принципа Паули, и не утраивать по существу число возможных кварков.

Ситуация полностью изменилась, когда было понято, что гипотеза цвета приводит к важной симметрии, которая может быть использована для построения динамики сильных взаимодействий.

<sup>4</sup> В настоящее время установлено существование еще двух тяжелых кварков: очарованного кварка  $c$  и прелестного кварка  $b$ . Недавно появились сообщения об экспериментальном наблюдении шестого тяжелого кварка  $t$ . См.: Ко м а р А. А. Открыт  $t$ -кварк. — Природа, 1984, № 12, с. 100.

<sup>5</sup> Еще раньше О. Гринбергом была высказана гипотеза о том, что кварки подчиняются так называемой парастатистике, позволяющей

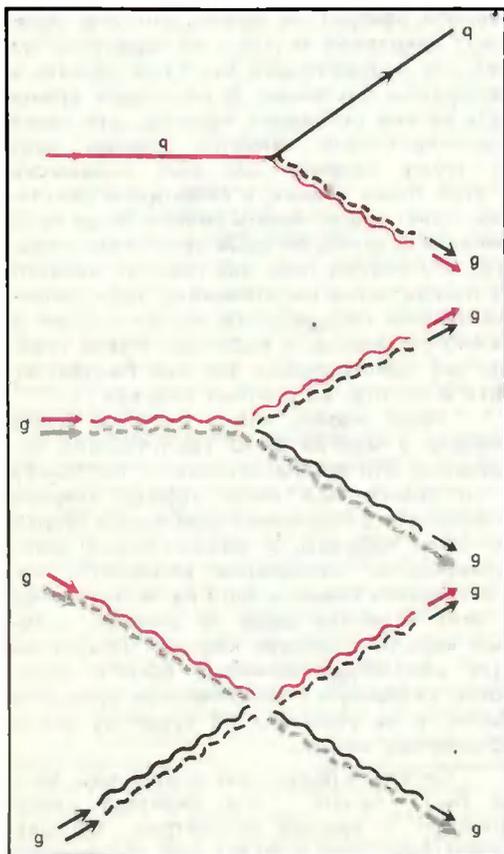
трем тождественным частицам находиться в одинаковых квантовомеханических состояниях.

<sup>6</sup> Простейшей аналогией, которая может объяснить эту ситуацию, является хорошо известный пример из оптики, когда смешение нескольких дополнительных цветов дает в результате белый цвет. Эта аналогия и послужила причиной, по которой характеристика, отличающая различные состояния кварков, была названа «цветом».

## ЦВЕТОВАЯ СИММЕТРИЯ. ГЛЮОНЫ. КВАНТОВАЯ ХРОМОДИНАМИКА

Считая, что кварки могут находиться в трех цветовых состояниях, необходимо одновременно полагать (в соответствии с экспериментом), что сильное взаимодействие кварка любого типа не зависит от его цветового состояния (т. е. оно одинаково для всех цветов). Другими словами, существует особая цветовая симметрия сильного взаимодействия.

Предполагая, что эта симметрия осу-



Графическое изображение (диаграммы Фейнмана) элементарного взаимодействия кварка  $q$  с глюоном  $g$  (вверху), элементарного взаимодействия глюонов друг с другом: превращения глюона в пару глюонов (в середине) и пары глюонов в пару других глюонов (внизу). При всех превращениях цвет системы в начальном и конечном состояниях не изменяется [пунктирной волнистой линией изображен «антицвет»].

ществляется локально, в каждой пространственно-временной точке, мы (как об этом уже говорилось выше) неизбежно приходим к выводу, что каждый кварк должен быть источником особых векторных полей. При этом взаимодействие возникающих векторных полей с кварками должно определяться единой для всех кварков константой — «цветовым зарядом».

Частицы, отвечающие этим полям, должны иметь, подобно фотонам, спин, равный 1, и нулевую массу покоя. Однако в отличие от фотонов, не имеющих электрического заряда, они должны сами обладать цветовым зарядом и взаимодействовать друг с другом.

Предполагая, что именно эти частицы могут связывать (или, образно говоря, склеивать) кварки в обычные адроны, их назвали глюонами (от англ. glue — клей). Глюоны должны быть «двухцветными», или, точнее, обладать цветом и антицветом. Действительно, если условно назвать цветовые состояния кварков «красным», «синим» и «зеленым», то, чтобы переход, скажем, красного кварка в синий не менял суммарного цвета системы, он обязательно должен сопровождаться испусканием красно-«антисинего» глюона (или поглощением сине-«антикрасного»). Сохранение цвета соблюдается и в предсказываемых теорией взаимодействиях глюонов друг с другом.

Исходя из этого можно пояснить, почему должно быть 8 различных типов глюонов. В самом деле, из трех цветов и трех антицветов можно образовать девять различных двухцветных комбинаций. Однако одна из них, полностью симметричная по цвету и антицвету, в действительности не будет иметь цветового заряда и поэтому не сможет быть переносчиком сильного взаимодействия.

По аналогии с квантовой электродинамикой, теория взаимодействия цветных объектов была названа квантовой хромодинамикой.

### МОЖЕТ ЛИ ЦВЕТОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОБЪЯСНИТЬ НЕРАЗДЕЛИМОСТЬ ЦВЕТНЫХ ЧАСТИЦ. ПРИНЦИП ОБЕСЦВЕЧИВАНИЯ

Теоретический анализ уравнений квантовой хромодинамики показал, что взаимодействие цветных зарядов таково, что сами заряды как бы уменьшаются, когда уменьшается расстояние между ними. Это явление получило название асимптотической свободы. Оно означает, что на

очень малых расстояниях кварки почти перестают взаимодействовать между собой. То же самое имеет место и для глюонов. Обращая этот результат, можно было бы думать, что с ростом расстояния силы взаимодействия между кварками растут до бесконечности и тем самым осуществляется «пленение» кварков, т. е. невозможность им оторваться друг от друга. Это объяснило бы неудачу опытов по поиску свободных кварков. Однако такой вывод был бы, строго говоря, незаконен. Дело в том, что, когда силы между кварками становятся очень большими, применимы приближенные методы, с помощью которых было установлено явление асимптотической свободы. Поэтому вопрос о возможном «пленении» кварков остается пока открытым, несмотря на продолжающиеся попытки физиков-теоретиков его решить, а физиков-экспериментаторов обнаружить кварки в свободном состоянии. Возможно, что в ходе экспериментальных исследований будут найдены явления, которые подскажут пути решения этой проблемы. Возможно, что ее удастся решить, развивая новые численные методы решения уравнений квантовой хромодинамики<sup>7</sup>.

Вместе с тем, если пока принять невозможность отделить цветные частицы друг от друга в виде специального принципа или хотя бы в качестве рабочей гипотезы (к чему, как отмечалось выше, есть определенные основания), то получает объяснение большое количество наблюдаемых явлений. Процесс рождения вторичных частиц при столкновениях частиц высоких энергий можно, например, описать следующим образом. Представим себе, что глюонные поля, действующие между цветными кварками, заключены в силовые трубки, которые, наподобие упругих пружин (или «струн»), удерживают цветные кварки в бесцветных адронах (мезонах или барионах). Тогда, если один из кварков получает в результате столкновения частиц большой импульс и начинает удаляться от остальных, «глюонная струна» натягивается, а затем может разорваться. Это происходит, когда под действием глюонных полей из вакуума рождается новая пара, состоящая из кварка и антикварка. Место возникновения этой пары и является местом разрыва струны. Антикварк вместе с одной частью разрываемой струны прикрепляется к уходящему кварку, образуя

вместе с ним бесцветный мезон, а родившийся кварк вместе с другой половиной струны занимает место ушедшего. Если разрыв струны происходит в нескольких местах, то при больших энергиях может возникнуть целая группа «бесцветных» адронов (струя), летящих в направлении кварка, получившего большой импульс. Образование таких адронных струй является характерной особенностью процессов, наблюдаемых в экспериментах при высоких энергиях<sup>8</sup>. На основе таких качественных представлений удается построить количественную модель, описывающую процессы множественного рождения частиц. С другой стороны, в науке часто случается, что нерешенную проблему удается в определенной степени изолировать и искать экспериментальную проверку других важнейших аспектов выдвигаемой теории. Так произошло и с проблемой неразделимости кварков, или, иначе, проблемой невозможности существования свободных частиц с цветowym зарядом. Независимо от того, можно ли объяснить ее, исходя лишь из первых принципов квантовой хромодинамики, или для этого понадобятся новые идеи, оказывается возможной проверка других выводов квантовой хромодинамики — теории взаимодействия цветных объектов.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ КВАНТОВОЙ ХРОМОДИНАМИКИ. «НАБЛЮДЕНИЕ» ГЛЮОНОВ

Огромный опытный материал, подтверждающий предсказания квантовой хромодинамики, получен при изучении процессов на встречных  $e^+e^-$ -пучках. Он включает в себя измерение частоты появления струй адронов, возникающих при аннигиляции сталкивающихся электронов и позитронов в пару кварк — антикварк, угловое распределение этих струй и т. д. По мере увеличения энергии столкновения (в точном соответствии с предсказаниями квантовой хромодинамики) наблюдается увеличение числа «трехструйных» событий, которые интерпретируются как результат испускания глюона разлетающимися кварком или антикварком. Экспериментальные данные по трехструйным событиям (при такой их интерпретации) подтверждают<sup>9</sup>, что спин глюона равен 1.

<sup>8</sup> Подробнее о физике образования кварковых и глюонных струй см.: А з и м о в Я. И., Д о к ш и ц е р А. А., Х о з е В. А. Партоны и струны.— Природа, 1984, № 6, с. 64.

<sup>9</sup> Об открытии глюона см.: Д о л г о в А. Д. Открытие глюона.— Природа, 1980, № 2, с. 105.

<sup>7</sup> Подробнее см.: М а к е в н к о Ю. М. Численные эксперименты в теории сильного взаимодействия.— Природа, 1984, № 3, с. 3.

В самое последнее время на протон-антипротонных встречных пучках в ЦЕРНе получены данные о взаимодействии кварков на малых расстояниях, которые прекрасно согласуются с тем, что это взаимодействие переносится безмассовыми частицами со спином 1. Эти выводы сделаны на основании изучения углового распределения адронных струй высокой энергии, возникающих при столкновении протонов с антипротонами. Оно оказалось аналогичным угловому распределению, наблюдавшемуся в опытах Э. Резерфорда по рассеянию  $\alpha$ -частиц кулоновским полем атомных ядер. Это позволяет даже при существующей точности экспериментов прийти к заключению, что размеры кварков не превышают  $10^{-16}$  см (т. е. по крайней мере они в 1000 раз меньше размеров нуклонов). Прекрасным подтверждением квантовой хромодинамики является также объяснение свойств частиц, содержащих тяжелые  $s$ - и  $b$ -кварки. К этому вопросу мы еще вернемся. Таким образом, все явления, наблюдаемые на расстояниях значительно меньших радиуса «пленения» кварков, где квантовая хромодинамика может давать вполне определенные предсказания, блестяще согласуются с теорией.

Теперь мы перейдем к одному из наиболее ярких качественных предсказаний квантовой хромодинамики, которое относится к расстояниям, сравнимым с радиусом «пленения» цвета, и поэтому не получило еще надежного количественного обоснования. Речь пойдет о возможности существования особых массивных частиц, состоящих из глюонов. Их называют глоболами, или глюониями.

### КАК ИСКАТЬ ГЛЮБОЛЫ

Поскольку глюоны, обладая цветовым зарядом, должны непосредственно взаимодействовать друг с другом, они могут не только «склеивать» кварки, но и «склеиваться» между собой, образуя массивные частицы — глоболы (от англ. glueball — шар из клея). Строение таких частиц качественно отличается от строения обычных адронов, состоящих из кварков. Действительно, если обычные адроны можно образно представить себе как шарики, состоящие из зерен — кварков или антикварков, склеенных «глюонным клеем», то глоболы представляют собой частицы, состоящие из склеенных между собой частиц самого клея. Такое состояние представляется особенно необычным, если вспомнить, что глюоны, подобно фотонам, являются безмассовыми частицами — пе-

реносчиками взаимодействия. Для электромагнитного поля аналогом глобола было бы массивное состояние, состоящее из фотонов — квантов электромагнитного поля. Однако фотоны электрически нейтральны, практически не взаимодействуют друг с другом и составных частиц образовать не могут.

Экспериментальное обнаружение глоболов и установление их свойств (в частности, спектра масс) представляет большой интерес не только для проверки основных принципов квантовой хромодинамики, но и для количественного изучения ее в области тех расстояний, где осуществляется «пленение» кварков и пока еще не разработаны надежные методы теоретического рассмотрения.

Однако эксперименты по поиску глоболов, которые интенсивно ведутся во многих лабораториях мира, сталкиваются со значительными трудностями, связанными прежде всего с проблемой, как отличить глоболы от множества других, «обычных», частиц, состоящих из кварков и антикварков?

Дело в том, что глобол путем перехода в два или более глюонов и последующего их превращения в пары кварков и антикварков может распадаться на обычные адроны. Внешне такой распад может выглядеть, как распад обычных мезонов, состоящих из кварка и антикварка<sup>10</sup>. Как же узнать по нему глобол?

Поиски возможных кандидатов в глоболы ведутся чаще всего в таких реакциях, где, по существующим представлениям, должны возникать глюоны, способные связываться между собой в массивные частицы. Одной из таких реакций является распад  $J/\psi$ -частицы, состоящей из тяжелых кварков  $c$  и  $\bar{c}$ . По современным представлениям, распад  $J/\psi$ -частицы происходит путем аннигиляции  $c$ - и  $\bar{c}$ -кварков в три глюона с последующим переходом их в обычные адроны из более легких кварков. Объяснение с помощью этого механизма

<sup>10</sup> В действительности ситуация еще более сложная. Благодаря указанным переходам в пары кварков и антикварков, глоболы, в соответствии с законами квантовой механики, могут «смешиваться» с обычными мезонами, состоящими из кварка и антикварка и имеющими тот же спин и четность (особенно в тех случаях, когда их массы близки). Возможно также существование гибридных состояний, например из одного глюона и пары кварк — антикварк, а также «молекул» из двух пар кварков и антикварков. Все это делает идентификацию глоболов очень сложной задачей.

парадоксально большего времени жизни  $J/\psi$ -частиц явилось одним из первых значительных достижений квантовой хромодинамики. Однако, наряду с распадом на 3 глюона, около 10% возможных распадов  $J/\psi$  должно происходить с испусканием одного  $\gamma$ -кванта и двух глюонов, превращающихся затем в адроны. Поскольку два глюона могут при этом образовать связанное состояние, то новые, неизвестные ранее частицы, обнаруженные в радиационном распаде  $J/\psi$ , естественно рассматриваются как возможные кандидаты в глоболы.

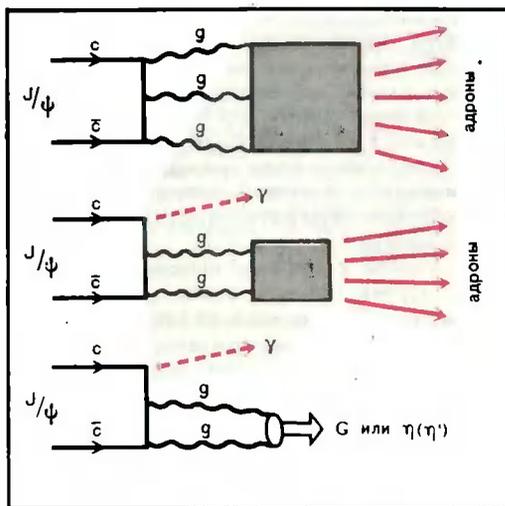
Такие кандидаты к настоящему времени есть. Один из них —  $\psi$ -мезон, частица с массой около 1700 МэВ, а другой —  $i$ -мезон с массой 1440 МэВ. Однако доказать, что эти частицы на самом деле являются глоболами, не так-то просто. Как показывает опыт, два глюона могут превращаться и в частицы, состоящие из обычных кварков. Так,  $J/\psi$ -частицы, испустив  $\gamma$ -квант, могут образовывать  $\eta$ - и  $\eta'$ -мезоны, кварковое строение которых хорошо установлено. Поскольку в дальнейшем нам еще придется говорить об этих мезонах, остановимся несколько подробнее на их свойствах.

Мезоны  $\eta$  и  $\eta'$  — электрически нейтральные частицы со спином, равным нулю. Они входят в одно семейство с  $\pi$ - и  $K$ -мезонами, тоже имеющими нулевой спин. Масса  $\eta$ -мезона равна 550 МэВ, а масса  $\eta'$  — 959 МэВ (т. е. немного тяжелее протона и нейтрона). По своему кварковому строению  $\eta'$  близок к совершенно симметричной суперпозиции кварковых состояний ( $u\bar{u} + d\bar{d} + s\bar{s}$ ). Это означает, что  $\eta'$ -мезон с одинаковой вероятностью можно обнаружить состоящим из пары  $u\bar{u}$ ,  $d\bar{d}$  и  $s\bar{s}$ -кварков. Мезон  $\eta$  близок к другой, «асимметричной», суперпозиции кварковых состояний ( $u\bar{u} + d\bar{d} - 2s\bar{s}$ ).

Заметим теперь, что глюоны, обладающие цветовым зарядом, совершенно «безразличны» к типу (аромату) кварков. Иначе говоря, глюоны одинаково взаимодействуют как с  $s$ -, так и с  $u$ - и  $d$ -кварками. Поэтому, если бы масса  $s$ -кварка не отличалась от массы  $u$ - и  $d$ -кварков, два глюона могли бы переходить только в симметричную комбинацию кварков, т. е. в  $\eta'$ -мезон. Поскольку же  $s$ -кварк отличается по массе от  $u$ - и  $d$ -кварков, пара глюонов может переходить как в  $\eta'$ -, так и в  $\eta$ -мезон (но, разумеется, в  $\eta'$  гораздо интенсивнее, чем в  $\eta$ ). Опытные данные подтверждают такое предсказание: радиационный распад  $J/\psi \rightarrow \gamma \eta'$  происходит

приблизительно в 4,7 раз чаще, чем распад  $J/\psi \rightarrow \gamma \eta$ .

Как показали расчеты теоретиков из Института теоретической и экспериментальной физики (Москва) и Института ядерной физики СО АН СССР, вероятность перехода двух глюонов в  $\eta$ - и  $\eta'$ -мезоны очень велика<sup>11</sup>. Они значительно превышают ожидаемые вероятности переходов двух глюонов в другие известные мезоны. Эти расчеты объясняют, почему на опыте наблюдаются интенсивные радиационные распады  $J/\psi \rightarrow \eta'(\eta)\gamma$ , а также пра-



Различные каналы распада  $J/\psi$ -частицы, состоящей из тяжелых кварков  $c$  и  $\bar{c}$ . Вверху: аннигиляция  $c\bar{c}$ -пары в три глюона, которые затем превращаются в пары легких кварков и антикварков, объединяющихся в адроны. В середине: радиационный распад  $J/\psi$  с превращением пары глюонов в адроны. Внизу: радиационный распад  $J/\psi$ , в котором два глюона объединяются в глобол  $G$  либо в мезон  $\eta$  (или  $\eta'$ ).

вильно указывают отношение их вероятностей. Однако именно такая возможность появления в радиационных распадах  $J/\psi$ -частицы мезонов, состоящих из «обычных» кварков, и ставит под сомнение статус многих «новых» частиц, обнаруженных в указанных распадах, как кандидатов в глоболы.

Необходимо было найти какие-то специальные критерии, по которым можно было бы отличать глоболы и их распады от распадов обычных мезонов, состоя-

<sup>11</sup> Вайнштейн А. М. и др.— Элемент. частицы и атомн. ядро, 1982, т. 7, вып. 13, с. 542.

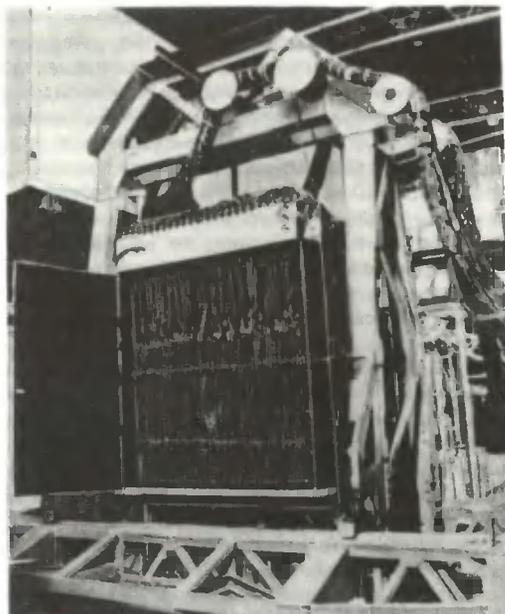
щих из кварк-антикварковых пар. Как это часто бывает в науке, найти некоторые из таких критериев помог эксперимент, в котором одновременно и был обнаружен наиболее вероятный кандидат в глобол. Это произошло в исследованиях, проводимых на установке ГАМС в Институте физики высоких энергий (ИФВЭ, Протвино) группой советских и западноевропейских ученых под руководством Ю. Д. Прокошкина<sup>12</sup>.

### ЭКСПЕРИМЕНТ НА УСТАНОВКЕ ГАМС

Установка ГАМС (годоскопический автоматизированный многофотонный спектрометр) предназначена для измерения энергии влетающих в нее  $\gamma$ -квантов и углов между ними. Поскольку многие нейтральные мезоны, например  $\pi^0$ ,  $\eta$ ,  $\eta'$ , могут распадаться на  $\gamma$ -кванты, то, измеряя энергию  $\gamma$ -квантов и углы между ними, можно определить массы частиц, от распада которых возникли регистрируемые установкой  $\gamma$ -кванты.

Опыты ставились следующим образом. Пучок отрицательно заряженных  $\pi^-$ -мезонов с энергией 40 ГэВ, полученных на Серпуховском ускорителе, направлялся на мишень из жидкого водорода. При столкновении  $\pi^-$ -мезонов с протонами в этой мишени происходят самые различные ядерные реакции, продукты которых по законам специальной теории относительности летят в основном вперед — в узком конусе вокруг направления пучка  $\pi^-$ -мезонов. Если среди продуктов ядерной реакции присутствовали мезоны, распадающиеся на  $\gamma$ -кванты, они и регистрировались установкой ГАМС, расположенной в нескольких метрах от водородной мишени по направлению пучка. За одну секунду на мишень падает около 10 млн  $\pi^-$ -мезонов. Из них около 10 % взаимодействуют с ядрами мишени (иными словами, акты реакций следуют один за другим, в среднем с интервалом в одну миллионную долю секунды). Быстродействие установки настолько велико, что позволяет разделить такие события и измерить их характеристики.

Одна из тонкостей постановки опыта заключалась в том, что регистрировались лишь те события, где возникали только нейтральные частицы. Это делалось для того, чтобы специально выделить те реак-

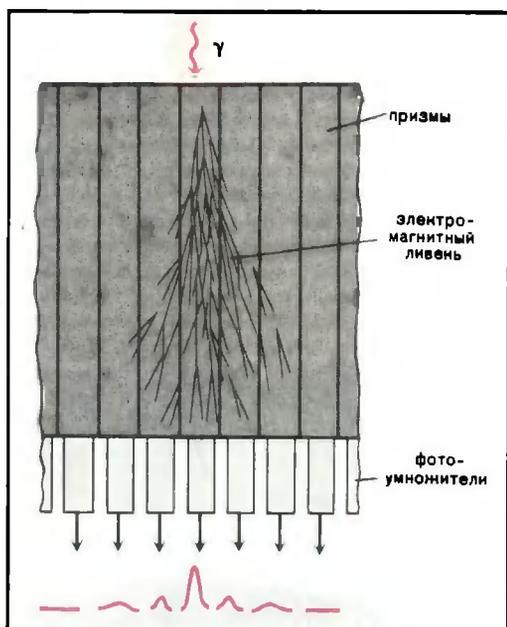


Спектрометр ГАМС-2000, созданный в ИФВЭ и установленный на пучке  $\pi^-$ -мезонов Серпуховского ускорителя [энергия  $\pi^-$ -мезонов 40 ГэВ]. Он состоит из 1600 правильных четырехугольных призм из свинцового стекла длиной 0,5 м и основанием  $4 \times 4$  см. Еще больший спектрометр ГАМС-4000, созданный физиками ИФВЭ вместе с их европейскими коллегами, используется в совместных опытах на ускорителе SPS в ЦЕРНе [энергия  $\pi^-$ -мезонов 100—200 ГэВ].

ции, в которых заведомо произошло изменение внутренней структуры сталкивающихся заряженных частиц:  $\pi$ -мезонов и протонов. Именно в таких реакциях особенно отчетливо можно заметить рождение новых частиц. Чтобы осуществить эксперимент в такой постановке, водородную мишень окружали специальными «охранными» счетчиками, которые выключали регистрацию в ГАМС тех реакций, при которых через эти счетчики пролетали заряженные частицы. Сама же мишень представляла собой одновременно черенковский детектор, с помощью которого по черенковскому излучению влетающего  $\pi^-$ -мезона можно было с хорошей точностью определить точку, в которой это излучение прекратилось, т. е. произошла реакция с образованием одних только нейтральных частиц.

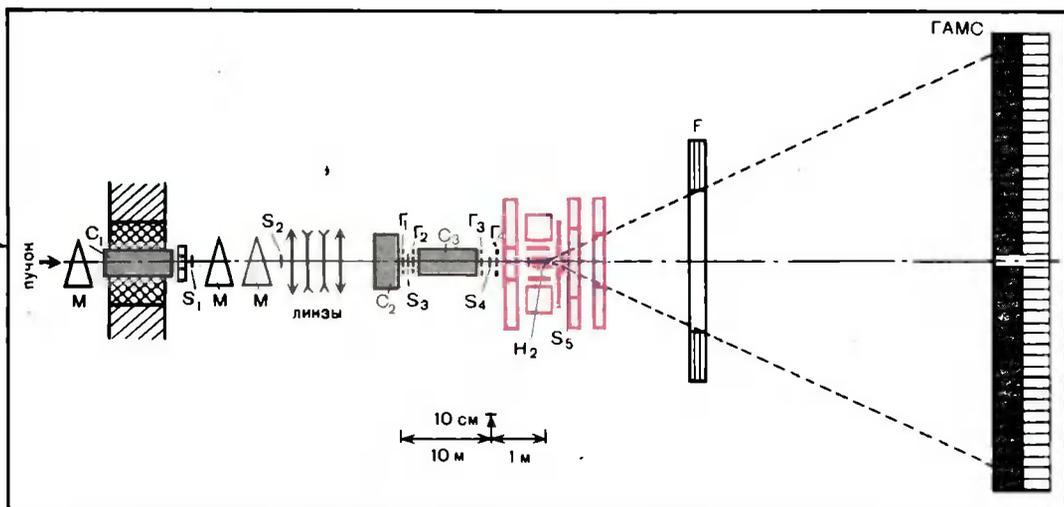
Следует специально остановиться на оригинальном способе детектирования  $\gamma$ -квантов, разработанном и осуществлен-

<sup>12</sup> Кандидат в глоболы. — Природа, 1984, № 4, с. 106.



Принцип действия спектрометра ГАМС. Черенковское излучение от электрон-позитронного ливня, вызванного  $\gamma$ -квантом в свинцовом стекле, регистрируется в ячейках спектрометра фотоэлектронными умножителями, сигналы от которых обрабатываются электронной системой и компьютерами спектрометра (результатирующий электрический сигнал изображен на рисунке в и з  $\gamma$ ).

Схема экспериментов, проведенных на ускорителе ИФВЭ с помощью спектрометра ГАМС. Пучок отрицательных частиц ( $\pi^-$ ,  $K^-$ ,  $p$ ) с импульсом 40 ГэВ/с формируется магнитами  $M$  и фокусируется квадратными линзами на жидководородную мишень  $H_2$ . Черенковские счетчики  $C_1$ — $C_3$  позволяют выделить из пучка частицы  $\pi^-$ -мезоны, траектории которых измеряются годоскопами  $\Gamma_1$ — $\Gamma_4$ . Сцинтилляционные счетчики  $S_1$ — $S_5$  регистрируют факт прохождения  $\pi^-$ -мезонов. Жидководородная мишень окружена системой охранных счетчиков (изобразены цветными линиями), запрещающей регистрацию реакций с заряженными частицами и  $\gamma$ -квантами, вылетающими из мишени вне узкого конуса по направлению пучка, определяемого счетчиком  $F$ ;  $\gamma$ -кванты, летящие внутри этого конуса, регистрируются годоскопическим детектором ГАМС.



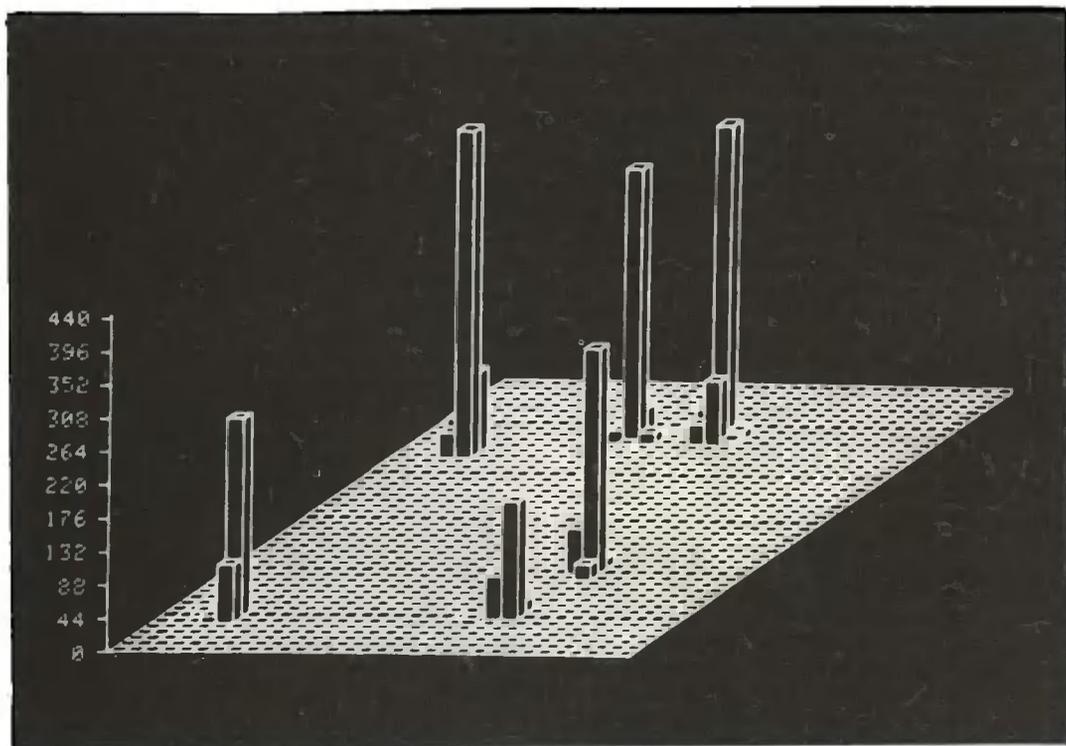
ном физиками ИФВЭ на установке ГАМС. Для того чтобы с необходимой точностью восстанавливать по энергии и углам разлета  $\gamma$ -квантов массы частиц, от распада которых они возникли, необходимо определять точку попадания отдельного  $\gamma$ -кванта в детектор с точностью до миллиметра. Казалось бы, для этого размер отдельных ячеек детектора должен быть порядка миллиметра. Поскольку общая площадь, перекрываемая детектором для регистрации  $\gamma$ -квантов, летящих под углом к пучку,

должна быть не меньше квадратного метра, такой способ детектирования потребовал бы сооружения его из более миллиона отдельных ячеек. Для нынешнего уровня техники это не реально. Физики ИФВЭ избрали другой путь.

Детектор ГАМС состоит из правильных четырехугольных призм длиной около 0,5 м и основанием  $4 \times 4$  см. Эти призмы изготовлены с точностью до 50 мкм из специального особо прозрачного свинцового стекла и плотно уложены друг к дру-

гу. С задней торцевой части каждая из призм просматривается фотоумножителем, измеряющим количество световой энергии, выделяющейся в призме. Попадая в одну из призм,  $\gamma$ -квант рождает электрон-позитронную пару. Эти частицы, двигаясь в веществе призмы, испускают новые кванты, которые в свою очередь рождают новые пары электронов и позитронов — образуется электромагнитный ливень. По мере развития ливня его поперечные размеры растут и он проникает в соседние призмы. Число электронов и позитронов в раз-

вившемся ливне очень велико: при энергиях  $\gamma$ -квантов в несколько ГэВ — это тысячи частиц. Каждая из них является источником черенковского излучения, регистрируемого фотоумножителями. Измеряя энергию черенковского излучения в каждой из призм, захваченных ливнем, можно с точностью до долей миллиметра восстановить направление оси ливня и, следовательно, точку попадания первоначального  $\gamma$ -кванта в детектор. Одновременно по полной энергии излучения можно определить и энергию каждого  $\gamma$ -кванта. Подобным об-



Распад  $\eta'$ -мезона на  $\eta$ -мезон и два нейтральных пи-мезона [с последующим распадом каждой из образовавшихся частиц на 2  $\gamma$ -кванта], зарегистрированный спектрометром ГАМС-2000 [фотография с дисплея установки]. В горизонтальной плоскости изображена матрица  $48 \times 32$  — адреса ячеек (призм) спектрометра; по вертикальной оси отложена величина сигнала в ячейках спектрометра, которая пропорциональна энергии, выделенной каждым из 6 образовавшихся  $\gamma$ -квантов [им и соответствуют 6 пиков на рисунке]. Пары пиков, близко расположенные друг к другу, соответствуют  $\gamma$ -квантам от распада  $\pi^0$ , а разнесенные на большие расстояния пики —  $\gamma$ -квантам от распада  $\eta$ -мезона, имеющего большую массу.

разом спектрометр ГАМС может с высокой эффективностью регистрировать до десяти и более одновременно влетающих  $\gamma$ -квантов. Это удается сделать с помощью изготовленной в ИФВЭ электронной системы, которая является одной из крупнейших и самых быстродействующих в мире. Она оснащена специальными скоростными процессорами, позволяющими добиться не только огромного быстродействия, но и получить физическую информацию непосредственно в ходе эксперимента.

В рамках короткой статьи невозможно остановиться на многих важных исследованиях, выполненных в ИФВЭ с помо-

щью установки ГАМС. Упомянем лишь об одном из них, непосредственно предшествующем тому, о котором в дальнейшем пойдет речь.

Исследуя реакцию  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0$ , авторы обнаружили, что два нейтральных  $\pi^0$ -мезона в этой реакции могут возникать от распада неизвестной ранее частицы. Так был открыт мезон с массой около 2510 МэВ, названный авторами  $\rho$ -мезоном<sup>13</sup>. В исследованиях этой же реакции несколько лет назад был открыт  $h$ -мезон с массой около 2000 МэВ. Примечательной особенностью этих частиц является большой спин: у  $h$ -мезона — 4, у  $\rho$ -мезона — 6. Наличие таких мезонов ожидалось в модели кварков. На сегодня  $\rho$ -мезон является самым «мощным волчком», обладая наибольшим спином среди достоверно обнаруженных мезонов.

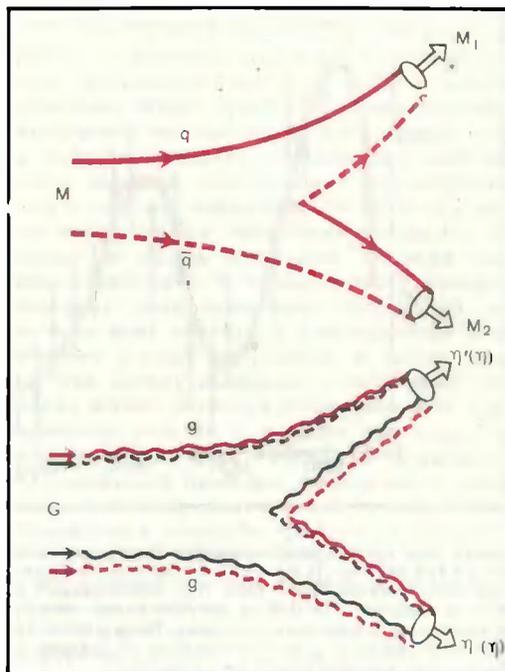
### G-МЕЗОН — НАИБОЛЕЕ ВЕРОЯТНЫЙ КАНДИДАТ В ГЛЮБОЛ

Продолжением исследований, проводившихся на установке ГАМС, было изучение реакций, в которых рождаются два  $\eta$ -мезона (т. е. реакций типа  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \eta \eta$ ). Поскольку каждый  $\eta$ -мезон в 40 % случаев распадается на два  $\gamma$ -кванта, выделение таких реакций производилось среди тех событий, когда в детектор ГАМС влетало 4  $\gamma$ -кванта (точно так же, как и в реакциях  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0$ ). В ходе этих исследований было обнаружено, что часть событий с появлением двух  $\eta$ -мезонов возникает от распада уже известных частиц, например  $f$ -мезона со спином 2. Однако другая часть событий свидетельствовала о том, что два  $\eta$ -мезона возникают от распада неизвестной ранее частицы с нулевым спином и массой 1590 МэВ. Эта частица была названа  $G$ -мезоном.

Надо заметить, что в настоящее время, когда обнаружены десятки мезонных состояний, открытие какого-либо нового из них перестало быть из ряда вон выходящим событием. Его можно вполне сравнить с обнаружением новых уровней энергии в сложных атомах или атомных ядрах. Однако  $G$ -мезон сразу привлек внимание своей необычностью.

Начнем с того, что низкие по энергии кварк-антикварковые состояния с характеристиками  $G$ -мезона уже считались занятыми другими известными мезонами. Само

по себе это обстоятельство не представлялось особенно существенным.  $G$ -мезон мог вполне оказаться не низшим по энергии, а возбужденным состоянием системы кварк — антикварк. Настораживало другое. Поскольку параллельно с реакцией  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \eta \eta$  изучалась реакция  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0$ , была сделана попытка наблюдать наряду с распадами  $G \rightarrow \eta \eta$  и распады  $G \rightarrow \pi^0 \pi^0$ . Такие распады не были обнаружены. Точнее, было установлено, что если такие распады и существуют, то происходят по крайней мере в 3—5 раз реже, чем распад  $G \rightarrow \eta \eta$ . Объяс-



Примеры распадов бесцветных объектов, состоящих из цветных частиц [кварков или глюонов]. Такие распады происходят следующим образом. Силы, действующие между цветными частицами, не дают им разлететься. В результате, за счет энергии поля этих сил из вакуума рождаются пары цветных частиц, которые и «обесцвечивают» распадающиеся кварки или глюоны. Вверху: распад мезона  $M$ , состоящего из кварка  $q$  и антикварка  $\bar{q}$ , в бесцветные мезоны  $M_1$  и  $M_2$ . Внизу: распад глюоболов  $G$ , состоящего из двух глюонов  $[g]$ , в пару мезонов  $\eta'$  (или  $\eta \eta$ ).

нить такое подавление распадов  $G$ -мезона на два  $\pi^0$ -мезона можно было бы, предположив, что он построен из странных кварка и антикварка ( $s\bar{s}$ ). Однако в этом случае  $G$ -мезон должен интенсивно распадаться на пару  $K$ -мезонов. Между тем на

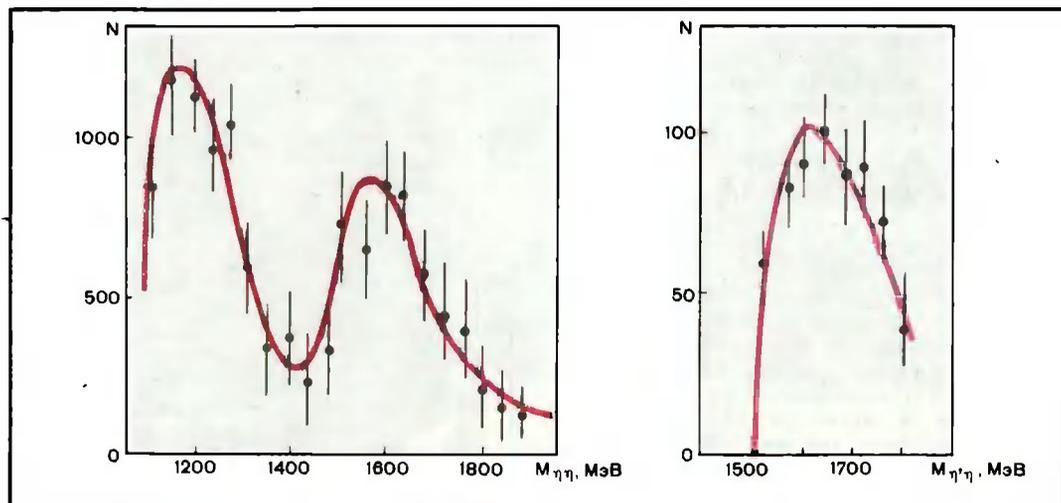
<sup>13</sup> Об открытии  $\rho$ -мезона см.: Наблюдение мезона со спином шесть.— Природа, 1984, № 2, с. 107

основе экспериментальных данных по изучению реакции  $\pi^-p \rightarrow K\bar{K}$ , полученных в ЦЕРНе, можно было утверждать, что и канал распада  $G \rightarrow K\bar{K}$  подавлен по сравнению с каналом  $G \rightarrow \eta\eta$ .

Возник вопрос: почему же из всех возможных каналов распада на две частицы  $G$ -мезон предпочитает распадаться на два  $\eta$ -мезона? Учитывая уже упоминавшуюся в предыдущем разделе этой статьи большую вероятность перехода двух глюонов в  $\eta$ -мезоны, авторы исследования выска-

нию с переходом глюонов в два  $\eta$ - или два  $K$ -мезона.

Однако, как заметили физики ИФВЭ, может существовать и другой механизм распада глобола. Подобно тому как цветные кварк и антикварк в обычных тяжелых мезонах могут путем рождения дополнительной кварк-антикварковой пары превращаться в разлетающиеся пары более легких бесцветных мезонов, так и цветные глюоны в глоболе могут рождать дополнительную пару глюонов, которые, объединяясь с уже существовавшими глюонами,



Спектр масс систем, распадающихся на два  $\eta$ -мезона (слева) и пару  $\eta\eta'$  (справа), измеренный с помощью спектрометра ГАМС-2000. Пик, наблюдаемый в области энергий 1200 МэВ на рисунке слева, связан, по-видимому, с распадом  $\epsilon$ -мезона. Пики в области 1600 МэВ соответствуют образованию  $G$ -мезона и его распаду соответственно на  $\eta\eta$  или  $\eta\eta'$ .

зали предположение, что  $G$ -мезон является глоболом, т. е. представляет собой связанную систему двух глюонов. Такая интерпретация встретила, в свою очередь, с определенными трудностями. Действительно, если два глюона с большой вероятностью переходят в один  $\eta$ -мезон, это еще не означает, что два глюона от распада глобола должны преимущественно переходить в два  $\eta$ -мезона. Наоборот, с точки зрения существовавших представлений (согласно которым два глюона в глоболе должны превращаться в пары кварков и антикварков), такой переход оказывался ничем не выделенным по сравне-

с большой вероятностью переходят непосредственно в два  $\eta$ -мезона. Такой механизм является уникальной особенностью систем, состоящих из глюонов, и поэтому усиление распадов какой-либо частицы на два  $\eta$ -мезона может служить одним из характерных признаков того, что эта частица является глоболом.

Одновременно было доказано, что критической экспериментальной проверкой «глобальной» природы  $G$ -мезона может служить измерение соотношения между вероятностями распада  $G$ -мезона на пары мезонов  $\eta\eta$  и  $\eta\eta'$ . Поскольку переход двух глюонов в  $\eta\eta'$ -мезон происходит почти в 5 раз интенсивнее, чем переход в  $\eta$ -мезон, можно ожидать, что  $G$ -мезон, если он действительно является глоболом, будет, согласно предложенному механизму, еще интенсивнее переходить в пару  $\eta\eta'$ , нежели в  $\eta\eta$ .

Масса  $G$ -мезона равна 1590 МэВ, поэтому он способен распадаться на  $\eta'$  и  $\eta$ , массы которых равны соответственно 959 и 550 МэВ. Превышение массы  $G$ -мезона над

суммарной массой  $\eta$ - и  $\eta'$ -мезонов, однако, существенно меньше, чем над суммарной массой двух  $\eta$ -мезонов. По этой причине возникает определенный фактор в подавлении распада  $G \rightarrow \eta\eta'$  (по сравнению с  $G \rightarrow \eta\eta$ ), равный 0,43. Тем не менее, как показали теоретические оценки, даже с учетом этого фактора, вероятность распада  $G \rightarrow \eta\eta'$  должна быть больше вероятности распада  $G \rightarrow \eta\eta$  от 2,3 до 3,7 раз, если  $G$ -мезон является глюболом. Таким образом, обнаружение распада  $G \rightarrow \eta\eta$  и измерение его вероятности по отношению к  $G \rightarrow \eta\eta'$  становилось критической проверкой природы  $G$ -мезона.

Для осуществления такой проверки необходимо было исследовать реакцию  $p\bar{p} \rightarrow \eta\eta'$ . Экспериментальное изучение этой реакции проводилось параллельно с теоретическими расчетами. Оно показало, что значительная доля зарегистрированных событий в этой реакции действительно объясняется распадом  $G \rightarrow \eta\eta'$ . При этом частота распада  $G$  на пару  $\eta\eta'$  оказалась почти в 3 раза большей, чем на пару  $\eta\eta$ , в согласии с теоретическими оценками для глюбола. Если вспомнить об упомянутом выше факторе подавления реакции  $G \rightarrow \eta\eta'$ , равном 0,43, результаты экспериментов означают, что распад  $G \rightarrow \eta\eta'$  в действительности усилен по сравнению с распадом  $G \rightarrow \eta\eta$  приблизительно в 7 раз. Это убедительно свидетельствует в пользу гипотезы, что  $G$ -мезон является глюболом — новым видом материальных частиц, состоящих из квантов поля, которые переносят взаимодействие между кварками<sup>14</sup>. Новое весомое подтверждение современного подхода к проблеме сил, действующих между кварками.

Эти выводы столь важны, что, естественно, нуждаются в более детальных дальнейших исследованиях. Необходимо попытаться зарегистрировать  $G$ -мезон и в других реакциях взаимодействия или распада адронов, определить его возможные каналы распада и т. д. Однако уже сейчас открываются большие перспективы в экспериментальном изучении глюболов, поскольку удалось понять, что усиленные распады глюболов на  $\eta\eta'$  (а для более тяжелых частиц, чем  $G$ , и на  $\eta'\eta'$ ) могут быть их характерными признаками. Из теорети-

ческих соображений следует, что должны существовать целые серии таких состояний с различными спинами и массами<sup>15</sup>. Несомненно, что образование глюболов должно играть важную роль в процессах сильного взаимодействия при высоких энергиях. Возможно, что именно с ним связан обнаруженный на ускорителе ИФВЭ так называемый «серпуховской эффект» — рост эффективных сечений взаимодействия адронов при увеличении энергии столкновения частиц.

\*

С открытия кваркового строения адронов и единого подхода к элементарным взаимодействиям на основе калибровочных полей (столь блестяще подтвердившегося на опыте) начался новый этап в развитии физики. Одинаковая размерность зарядов, участвующих в электрослабых и сильных взаимодействиях, естественно возникающая при таком подходе, наводит на мысль о единой природе всех взаимодействий. В пользу такого предположения свидетельствует сближение величины всех зарядов с уменьшением расстояния между частицами, а также симметрия между кварками и лептонами (которая может являться отражением их одинакового участия в едином взаимодействии на малых расстояниях). Для решения поставленных проблем необходимы дальнейшие экспериментальные исследования, проведение которых требует сооружения ускорителей нового поколения с энергией сталкивающихся пучков в несколько тераэлектронвольт ( $10^{12}$  эВ).

Вместе с тем исключительно важное значение имеет решение проблем сильного взаимодействия на сравнительно больших расстояниях (порядка размеров адронов, т. е.  $10^{-13}$ — $10^{-14}$  см). Именно на этих расстояниях происходит «пленение» кварков и глюонов. Непосредственную возможность подойти к решению этой проблемы дает обнаружение и экспериментальное изучение свойств глюболов — частиц из ядерного «клея».

<sup>15</sup> Герштейн С. С., Логунов А. А. — Ядерная физика, 1984, т. 39, вып. 6, с. 1514.

<sup>14</sup> Во всяком случае, сейчас не видно никаких других возможностей объяснить наблюдаемое усиление распада  $G \rightarrow \eta\eta'$  по сравнению с распадом  $G \rightarrow \eta\eta$  (да еще с учетом того, что распад  $G \rightarrow \eta\eta$  сам усилен по сравнению с распадами  $G \rightarrow \pi\pi$ ,  $KK$ ).

## Сверхтяжелые элементы в метеоритах: надежды и разочарования

Ю. А. Шуколюков



Юрий Александрович Шуколюков, доктор химических наук, заместитель директора Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР, заведующий лабораторией геохимии изотопов того же института, профессор Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, председатель Комитета по метеоритам АН СССР. Специалист в области изотопной геохимии, космохимии и геохронологии. В «Природе» опубликовал статью: Все ли понятно в феномене Окло? (1984, № 7).

В Периодической системе элементов Д. И. Менделеева в течение многих лет оставались пустыми клетки № 43, № 61, № 85, № 87... Были безрезультатными все попытки найти в природе элементы, подходящие по своим химическим свойствам для этих незаполненных мест. В 30-е годы стала понятной причина этого: из-за радиоактивного распада недостающие элементы попросту «вымирают» в природных условиях. По той же причине весь набор природных химических элементов, казалось, резко обрывается на уране (клетка № 92). Более тяжелые трансурановые элементы, как тогда полагали, слишком короткоживущие, чтобы уцелеть в природе.

Но это не помешало физикам синтезировать невиданные ранее элементы, заполнить белые пятна в Периодической системе, а затем и продолжить ее. Сначала путем облучения на циклотронах создали первый «техногенный» химический элемент — № 43, технеций. Затем получили прометий (№ 61), астат (№ 85) и франций (№ 87). Позже научились создавать и тяжелые, трансурановые элементы, бомбардируя урановые мишени нейтронами, дейтронами и  $\alpha$ -частицами. В лабораториях физиков и химиков родились нептуний (№ 93), плутоний (№ 94), америций (№ 95), кюрий (№ 96), берклий

(№ 97), калифорний (№ 98), эйнштейний (№ 99), фермий (№ 100), менделевий (№ 101)...

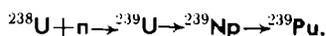
Но все искусственно созданные изотопы этих элементов «живут» относительно недолго — от долей секунды до нескольких сотен лет. В сравнении с историей Земли — 4,6 млрд лет — это один миг... Даже если бы такие элементы образовались при возникновении Земли, до наших дней ни одному из них не сохранилось из-за радиоактивного распада. Казалось, уран — самый тяжелый земной природный химический элемент. И все-таки удалось найти...

### ...ПРИРОДНЫЕ ТРАНСУРАНОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ЗЕМЛЕ

Атомная бомба, сброшенная американцами в августе 1945 г. на Нагасаки, была сделана из искусственного изотопа плутония —  $^{239}\text{Pu}$ . Период полураспада этого изотопа — 86,4 г. Были преодолены огромные технические трудности, прежде чем научились изготавливать плутоний из урана в промышленных ядерных реакторах.

Каково же было удивление исследователей, когда через три года Г. Сиборг и М. Перлман обнаружили этот же изотоп в природном минерале — в урановой смоляной руде с Большого Медвежьего

озера в Канаде! Сомнений не было: плутоний синтезирует сама природа и в наши дни, поскольку с момента образования Земли  $^{239}\text{Pu}$  полностью распался и не должен был бы сохраниться в минералах. Для такого синтеза нужны уран и нейтроны. Урана в руде много — почти половина ее массы. Небольшой нейтронный поток существует в любом природном объекте, особенно в урановых минералах. Нейтроны присоединяются к атомным ядрам урана, и в результате цепочки радиоактивных превращений после испускания двух  $\beta^-$ -частиц (электронов) возникает природный плутоний:



Концентрация его очень мала — 1 атом плутония на  $10^{14}$  атомов руды. Если бы из такого плутония кто-нибудь надумал сделать атомную бомбу, понадобилось бы переработать 1000 млрд т урановой руды, т. е. намного больше, чем имеется во всем мире.

Однако, хотя концентрация плутония оказалась столь малой, важность результата состояла в доказательстве принципиальной возможности его природного синтеза в потоке нейтронов.

... В ноябре 1952 г. в южной части Тихого океана американцы произвели испытательный термоядерный взрыв большой мощности. Выпали радиоактивные осадки. В них обнаружили ранее неизвестный изотоп плутония —  $^{244}\text{Pu}$ . Период полураспада у него самый большой среди трансурановых элементов: 82 млн лет. Профессор П. Курода из Арканзасского университета в США, пожалуй, первый оценил важность  $^{244}\text{Pu}$  для понимания существа процессов, происходивших в ранней Солнечной системе. Если этот изотоп образуется при термоядерных взрывах, сопровождающихся сильнейшим нейтронным излучением, это значит, что для его образования нужен очень большой поток нейтронов. Именно такие потоки возникают при взрывах звезд.

Взрывы — одна из нормальных стадий эволюции многих звезд. В молодых звездах более или менее спокойно «горят» легкие элементы вроде водорода, гелия, углерода: происходит слияние атомных ядер таких элементов и выделяется энергия. Но по мере «выгорания» этих элементов температура постепенно понижается. Сила гравитационного сжатия начинает превалировать над силой температурного расширения. В какой-то момент звезда из-за гравитационного сжатия сокращает свой

объем катастрофически быстро. Атомы сближаются настолько, что начинают сливаться их ядра, в том числе и ядра химических элементов середины Периодической системы. При этом в очень короткий интервал времени выделяется громадное количество энергии. В недрах звезды происходит ядерный взрыв, и ее вещество разбрасывается в космическом пространстве. Примерно раз в 30 лет на нашем небе можно видеть такую взрывающуюся, ярко вспыхивающую звезду. Их называют сверхновыми. Возможно, взрыв именно такой звезды, сопровождавшийся выбросом вещества и ударными волнами, послужил «спусковым крючком» для образования нашей Солнечной системы из межзвездного газово-пылевого облака 4,6 млрд лет назад. Сверхновая «впрыснула» в это облако новорожденные химические элементы, образованные под действием громадных нейтронных потоков при взрыве звезды. Эти потоки были столь интенсивными, что нейтроны успевали присоединиться даже к очень короткоживущим атомным ядрам до того, как ядра распались. Ядра «обрастали» нейтронами, словно снежный ком.

Среди изотопов, рожденных в подобных процессах, называемых r-процессами, должен был находиться и  $^{244}\text{Pu}$ , а также изотопы других трансурановых элементов. Следовательно, хотя все эти изотопы и имеют относительно короткое время жизни, в начале существования Солнечной системы они должны были войти в состав всех ее тел. К сегодняшнему дню они «вымерли». Но можно все же попытаться найти признаки их бывшего существования в природе по каким-либо их следам. Например, по продуктам распада. Для поисков Курода предложил в 1960 г. обратиться...

### ... ОТ ЗЕМЛИ К КОСМОСУ

Вещество Земли прошло многократную геологическую и геохимическую переработку. Если трансурановые элементы и существовали при образовании Земли в каких-то минералах, то при последующей эволюции вещества они, так же как и продукты их распада, рассеялись. Позже, когда возникали новые минералы, короткоживущие трансурановые элементы сконцентрироваться уже не могли, так как успели распасться. Поэтому Курода предложил искать их следы не на Земле, а в космосе — в метеоритах-ахондритах.

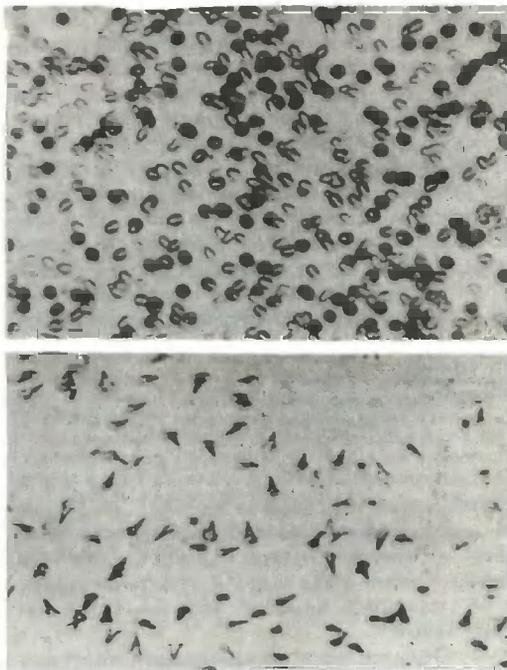
История вещества этих метеоритов,

вероятно, такова. Вскоре после взрыва сверхновой в газово-пылевом протопланетном облаке началась конденсация вещества. Образовался рой мельчайших пылинок в смеси с газом. Постепенно частицы объединялись, слипались. Возникли куски, фрагменты сантиметровых, а затем метровых размеров. Из них образовалось множество небольших планет диаметром в километры и даже десятки километров. Это были очень горячие планеты. Изнутри их подогревало тепло от распадающихся радиоактивных короткоживущих изотопов, снаружи — тепло, выделяющееся при падении на их поверхность крупных метеоритов. Под действием тепла возникла расплавленная магма. При метеоритной «бомбардировке» и остывании магмы происходила дифференциация вещества — разделение на породы с разной температурой плавления и с разным химическим и минеральным составом. На эту начальную страницу истории Солнечной системы приходится 100—300 миллионов лет после вспышки сверхновой. Следовательно,  $^{244}\text{Pu}$  тогда еще наверняка существовал, не успев полностью распастись. Плутоний — химический аналог редкоземельных элементов и тория. Поэтому он должен был концентрироваться при магматической дифференциации в тех же минералах, где и эти элементы.

Сталкиваясь, малые планеты дробились. Их осколки до сих пор мчатся по своим орбитам в Солнечной системе, и некоторые из них в виде метеоритов-ахондритов падают на Землю. Но как доказать, что в веществе метеоритов был когда-то плутоний, если к сегодняшнему дню он уже полностью в метеоритах распался? Оказалось, что плутоний да и другие вымершие трансураниевые элементы можно обнаруживать так же, как обнаруживали уэллсовского Человека-Невидимку: достаточно увидеть...

### ... СЛЕДЫ ТРАНСУРАНИЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Изотоп  $^{244}\text{Pu}$ , изотопы любых трансураниевых элементов неизбежно должны оставлять в кристаллической структуре минералов следы радиоактивного распада. Их атомные ядра, так же как и ядра атомов урана, могут распадаться путем деления. Под действием внутренних сил ядро делится на два осколка — два ядра более легких элементов. Энергетически это очень выгодный процесс: при каждом делении высвобождается около

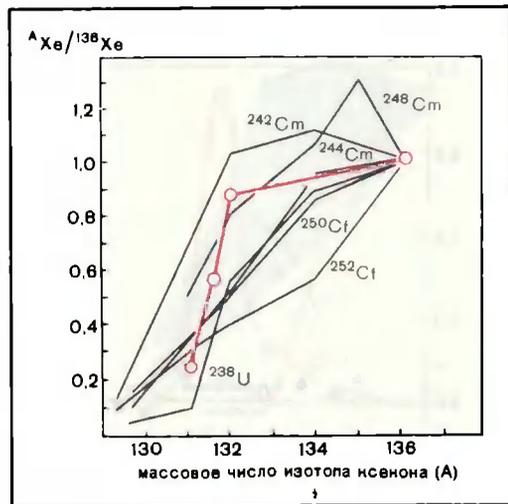


Следы (треки) осколков деления тяжелых элементов в стекле (вверху) и в ортоклазе (внизу). Увел. примерно в 500 раз. Эти треки стали видны в оптическом микроскопе после протравливания стекла и ортоклаза плавниковой кислотой.

200 МэВ энергии. Каждый осколок обладает кинетической энергией до 100 МэВ. Такой микроскопический снаряд, врываясь в кристаллическую решетку минерала, производит в ней множество разрушений: ведь атомы в решетке связаны силами, для преодоления которых требуется всего 2—3 эВ. По пути движения осколка-снаряда в кристаллической решетке минерала образуется разрушенная зона в виде узкого канала. Если на минерал подействовать подходящим реагентом (кислоты, щелочи), канал, проделанный осколком, расширяется в сотни раз: вещество разрушенной зоны гораздо легче растворяется, растравливается, чем вещество ненарушенных участков минерала. Получающийся канал можно легко увидеть в обычный оптический микроскоп. Каждому распавшемуся атому трансураниевого элемента соответствует один канал, или трек (след). Подсчитав число треков, можно узнать, сколько атомов трансураниевого элемента распалось путем деления. И действительно, исследуя кристаллы минералов, извлеченных из некоторых метеоритов-ахондри-

тов, американцы Р. Л. Флейшер, П. Б. Прайс и Р. М. Уокер, а затем и другие исследователи обнаружили миллионы следов осколков деления на каждом квадратном сантиметре. Но какой химический элемент оставил эти следы?

Любой делящийся элемент обладает своеобразным паспортом, по которому можно безошибочно его узнать. Это характерный, типичный набор изотопов — осколков деления. Причем массовые числа пары осколков могут быть разными. Но наиболее удобны осколки — атомные яд-



Отличие изотопных соотношений ксенона, содержащегося в ахондритах Червоный Кут и Ветлуга (цветная кривая), от изотопных соотношений ксенона, образующегося при делении известных тяжелых элементов — урана, тория, калифорния (черные кривые). Из этого был сделан вывод, что в метеоритах происходило деление какого-то неизвестного элемента.

ра изотопов ксенона, потому что природная распространенность ксенона в земных и космических минералах одна из самых низких, в миллионы и миллиарды раз меньше, чем других химических элементов. Следовательно, любые даже незначительные добавки ксенона, образующегося при делении, легко зафиксировать на слабом фоне обычного ксенона. У других элементов природный фон полностью маскирует такие добавки. Поэтому соотношение распространенности изотопов ксенона, образующихся при делении, точно указывает, какой именно делящийся элемент распадался в метеорите.

Дж. Вассербург и его сотрудники в

Калифорнийском технологическом институте в 1970 г. исследовали такие кристаллы метеоритов-ахондритов, где были обнаружены в избытке следы осколков деления неизвестного трансуранового элемента. И именно в них оказался ксенон с таким набором изотопов, т. е. изотопным составом, который нельзя было приписать делению ни одного из известных элементов и изотопов. Подобный же ксенон нашли мы и в метеоритах-ахондритах Ветлуга и Червоный Кут, упавших на территории СССР. Что же за трансурановый элемент генерировал при своем делении такой ксенон? Ответ дал...

### ...ЭКСПЕРИМЕНТ, ДЛИВШИЙСЯ ЦЕЛЫХ ДВА ГОДА

Чтобы получить этот ответ, американские исследователи Э. Александер, Р. Люис, Дж. Рейнолдс и М. Мичел должны были набраться изрядного терпения. Они воспользовались тем, что в ядерных реакторах в потоке нейтронов можно синтезировать множество разных изотопов, в том числе и  $^{244}\text{Pu}$ . Исследователи поместили несколько миллиграммов этого изотопа в кварцевую ампулу, выкачали из нее воздух и герметически запаяли. А через два года вскрыли и с помощью масс-спектрометра исследовали образовавшийся из плутония ксенон. Период полураспада  $^{244}\text{Pu}$  — 82 млн лет, так что за два года путем деления распалась мизерная доля плутония. Тем не менее чувствительность современных приборов такова, что и этого оказалось достаточно для исследования накопившегося ксенона. Измерили его изотопный состав — и он в точности оказался таким же, как и в метеоритах-ахондритах! Следовательно, в метеоритах действительно когда-то существовал изотоп  $^{244}\text{Pu}$ , оставивший свои следы в виде треков осколков деления и в виде ксенона деления. Открытие, сделанное когда-то Куродой «на кончике пера», подтвердилось экспериментально.

Сразу же возник вопрос: если при вспышке сверхновой, давшей начало Солнечной системе, был синтезирован в г-процессах  $^{244}\text{Pu}$ , почему бы при этом не образоваться и более далеким трансурановым элементам, например сверхтяжелым элементам? Наверняка, они тоже возникли в том или ином количестве. Но были ли они достаточно долгоживущими, чтобы сразу же не распастся и сохраниться в первые десятки или сотни миллионов лет истории Солнечной системы, подобно

$^{244}\text{Pu}$ ? Ведь по мере роста атомной массы (утяжеления) трансурановых элементов, как показали эксперименты, ядерная стабильность резко падает. И все же когда физики-теоретики рассчитали возможное среднее время жизни сверхтяжелых элементов, получился поразительный результат: эти элементы могли существовать очень долго и даже — в отличие от  $^{244}\text{Pu}$  — сохраниться в природе до наших дней. Для расчетов, давших такой неожиданный результат, физики использовали...

### ... МАГИЧЕСКИЕ ЧИСЛА

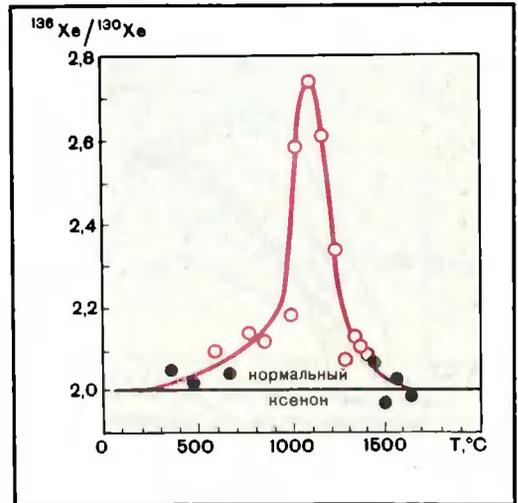
Так, уже давно названы числа нейтронов и протонов в атомных ядрах, при которых ядра особенно прочны и устойчивы. Магическими числами оказались для нейтронов и протонов 8, 20, 50, 82, а для нейтронов еще и 126. Атомные ядра, в которых количество нейтронов или протонов равно магическому числу, особенно прочны в сравнении с соседними ядрами. А уж если в атомном ядре магические одновременно и число протонов, и число нейтронов, такие дважды магические ядра исключительно устойчивы, например  $^{208}_{82}\text{Pb}_{126}$  (здесь 208 — массовое число, 82 — число протонов, 126 — число нейтронов). Это явление объясняется возникновением внутри ядер особых оболочек — «каркасов», для образования которых требуется именно магическое число нейтронов или протонов.

Расчеты физиков-теоретиков показали, что существуют и другие магические числа, например 114 — для протонов и 184 — для нейтронов<sup>1</sup>. Следовательно, химический элемент, занимающий клетку № 114 в Периодической системе и имеющий к тому же 184 нейтрона, т. е. дважды магический, должен быть особенно устойчив по сравнению с соседними элементами. Атомная масса такого элемента должна быть большой — около 300, т. е. это должен быть не просто тяжелый трансурановый элемент, а поистине — сверхтяжелый. Начались...

### ... ПОИСКИ ЭЛЕМЕНТА-НЕВИДИМКИ

Так же как и в детективных историях, сначала попытались представить «характер» невидимки, чтобы предвидеть его поведе-

ние. Как себя будет вести элемент в разных геохимических и космохимических ситуациях? Воспользовались хорошо известными закономерностями строения электронных оболочек химических элементов в Периодической системе и экстраполировали эти закономерности на трансурановые элементы. С помощью ЭВМ рассчитали, как распределяются электроны в оболочках сверхтяжелых элементов, т. е. предсказали их химические свойства. Оказалось, что наиболее устойчивые сверхтяжелые элементы должны быть химиче-



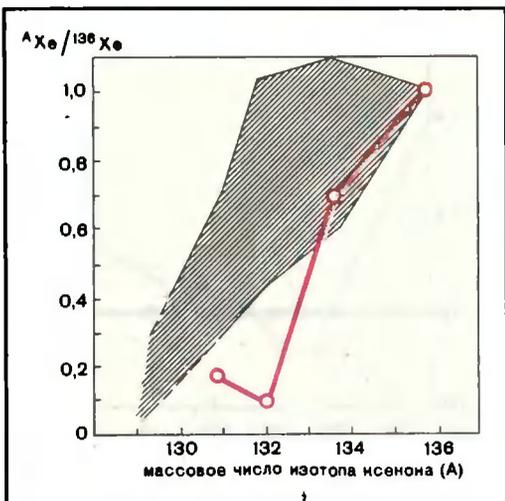
Изотопная аномалия ксенона в углистом хондрите Грозная. При нагревании углистых хондритов в интервале температур 700—1300 °С обычно выделяется ксенон, обогащенный нейтроном избыточными изотопами —  $^{136}\text{Xe}$ ,  $^{134}\text{Xe}$ ,  $^{132}\text{Xe}$  (цветные точки) — по сравнению с нормальным ксеноном углистых хондритов. При температурах ниже 700 и выше 1300 °С выделяется нормальный ксенон (черные точки).

скими аналогами легколетучих элементов вроде свинца. Следовательно, их нужно искать там, где концентрируются легколетучие элементы. Самый богатый концентратор летучих элементов — углистые хондриты. Эти метеориты называются хондритами потому, что в их состав входят хондры — затвердевшие капли силикатного, первичного, древнего вещества. Размер хондра — от долей миллиметра до сантиметра. Вмещающее хондры вещество — матрица — содержит до нескольких процентов углеродсодержащих минералов и соединений, отсюда название — углистые. В матрице и содержится большая часть летучих элементов. Можно было надеяться, что в углистых

<sup>1</sup> Seaborg G. T.— Annual Rev. Nucl. Sci., 1968, v. 18, p. 53.

хондритах, наконец, будут найдены следы сверхтяжелого элемента-невидимки. Таки-ми следами должны быть изотопы ксенона, который обязательно образовался бы при самопроизвольном делении ядер сверхтяжелого элемента<sup>2</sup>.

Первыми на необычный ксенон в уг-листых хондритах наткнулись в 1964 г. Дж. Рейнолдс и Г. Тернер в США. Ксенон в нескольких хондритах оказался обога-щенным изотопами  $^{136}\text{Xe}$ ,  $^{134}\text{Xe}$ ,  $^{132}\text{Xe}$  и  $^{131}\text{Xe}$ . Эти изотопы называются нейтроноизбыточ-ными, поскольку в них на каждый про-



Отклонение изотопных соотношений ксенона в уг-листых хондритах (цветная кривая) от изотопных соотношений ксенона, образующегося при делении известных тяжелых элементов, включая  $^{244}\text{Pu}$  (за-штрихованная область). Возникает вопрос, не образу-ется ли ксенон углистых хондритов при делении не-известных сверхтяжелых ядер.

тон приходится больше нейтронов, чем в других изотопах ксенона. Именно нейтро-ноизбыточные изотопы и должны образо-ваться при делении ядер. Были сделаны эксперименты с другими метеоритами и в других лабораториях — данные Рейнолдса и Тернера прекрасно воспроизводились. При нагреве метеоритов, когда темпера-тура достигает 1000—1200 °С, выделяется ксенон с избытком типичных продуктов деления —  $^{136}\text{Xe}$ ,  $^{134}\text{Xe}$ ,  $^{132}\text{Xe}$  и  $^{131}\text{Xe}$ . Следовательно, какие-то из минералов ме-теорита отдают этот ксенон при характер-

ной температуре. Удалось даже выделить такие минералы. Для этого более 99 % массы метеорита растворили. Необычный ксенон содержался в остатке, выдержав-шем атаку плавиковой, азотной и соля-ной кислот. Заключение в нем ксенон, как представлялось, — типичный ксенон де-ления. Но с делением известных атомных ядер, включая  $^{244}\text{Pu}$ , его не связать — уж очень велики отличия изотопного со-става аномального ксенона от изотопного состава продуктов деления таких ядер. Казалось, таинственный делящийся эле-мент-невидимка выслежен!

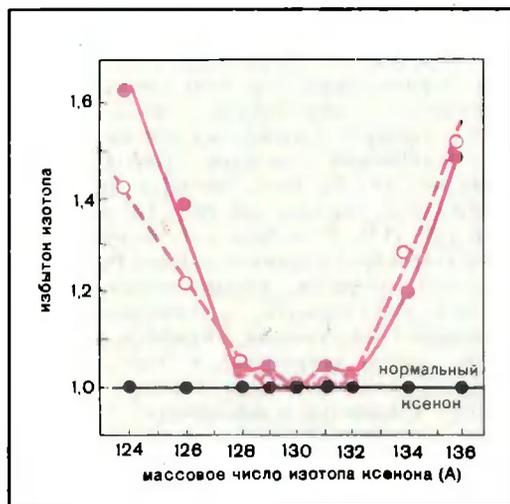
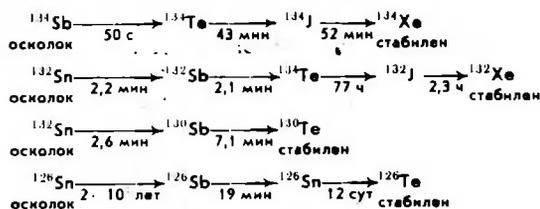
К такому выводу в 1974 г. пришел Э. Андерс из Чикагского университета. Он предположил, что этот сверхтяжелый элемент — химический аналог, скорее всего, висмута, и отвел ему клетку № 115 в Периодической системе. Сверхтяжелый элемент мог бы быть похож и на свинец (тогда его порядковый № 114) или таллий (№ 113). В любом случае носителем сверхтяжелого элемента должен быть суль-фидный минерал, концентратор свинца, таллия или висмута — пентландит. Так примерно рассуждали Андерс и его кол-леги, почти уверенные в том, что им удалось доказать существование сверхтя-желых элементов в метеоритах. Но проб-лема оказалась сложнее, когда в ксеноне углистых хондритов обнаружили...

### ... СТРАННЫЕ ИЗОТОПНЫЕ СВЯЗИ

Нейтроноизбыточные изотопы ксено-на  $^{136}\text{Xe}$ ,  $^{134}\text{Xe}$ ,  $^{132}\text{Xe}$  и  $^{131}\text{Xe}$  всегда образуются при делении. Но нейтроно-дефицитные изотопы —  $^{130}\text{Xe}$ ,  $^{128}\text{Xe}$ ,  $^{126}\text{Xe}$  и  $^{124}\text{Xe}$  — не могут возникнуть в таком процессе. Это объясняется тем, что при делении любого ядра тяжелого эле-мента стабильные изотопы получаются не сразу: сначала образуются два осколка с соотношением нейтронов и протонов таким же, как и в делящемся, материнском ядре. Эти осколки — атомные ядра элементов середины Периодической систе-мы. Для таких элементов энергетически выгодно, чтобы в атомных ядрах на каж-дый протон приходилось гораздо меньше нейтронов, чем имеется у «новорожден-ных» осколков деления. Поэтому осколки избавляются от избытка нейтронов — испускают  $\beta^-$ -частицы. Можно условно ска-зать, что в осколках лишние нейтроны превращаются в протоны. Получаются це-почки  $\beta^-$ -радиоактивных изотопов. В таких цепочках массовое число всех изотопов одно и то же. Каждая цепочка начи-

<sup>2</sup> Srinivasan B., Alexander E. C., Jr., Manual O. K., Troutner D. E.— Phys. Rev., 1969, v. 1979, p. 1166.

нается с «новорожденного» ядра — осколка и кончается стабильным ядром, например:

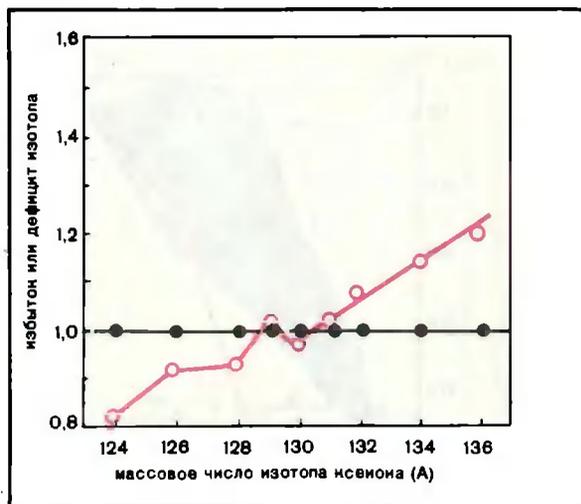


Связь между нейтроноизбыточными изотопами ксенона ( ${}^{130}\text{Xe}$ ,  ${}^{134}\text{Xe}$ ,  ${}^{136}\text{Xe}$ ), которые могут образоваться при делении тяжелых ядер, и нейтронодефицитными его изотопами ( ${}^{124}\text{Xe}$ ,  ${}^{126}\text{Xe}$ ,  ${}^{128}\text{Xe}$ ), образование которых при делении невозможно. Наличие этой связи ставит под сомнение идею о возникновении нейтроноизбыточных изотопов ксенона при делении сверхтяжелых элементов. Сплошная кривая отвечает метеориту Канисаз, пунктирная — метеориту Ефремовка.

Цепочки с массовыми числами 134 и 132 кончаются стабильными изотопами ксенона. Поэтому изотопы  ${}^{134}\text{Xe}$  и  ${}^{132}\text{Xe}$  накапливаются при делении тяжелых ядер. Цепочки же с массовыми числами 130 и 126 обрываются на стабильных изотопах предшественника ксенона в Периодической системе — теллура. Потому-то  ${}^{130}\text{Xe}$ ,  ${}^{126}\text{Xe}$ ,  ${}^{128}\text{Xe}$  и  ${}^{124}\text{Xe}$  не образуются при делении.

Но американский исследователь О. Мануэл из университета Миссури в 1975 г. обнаружил неожиданную и очень

странную связь между изотопами  ${}^{136}\text{Xe}$ ,  ${}^{134}\text{Xe}$ ,  ${}^{132}\text{Xe}$ ,  ${}^{131}\text{Xe}$  — гипотетическими продуктами деления таинственного сверхтяжелого элемента — и нейтронодефицитными изотопами, которые никак не могут возникнуть при делении. В общем, получалось: чем больше нейтроноизбыточных изотопов, тем больше нейтронодефицитных. Андерс и все, кто отстаивал идею сверхтяжелых элементов в метеоритах-хондритах, оказались перед трудной проблемой: обнаруженная Мануэлом связь меж-



Изотопный состав ксенона в углистом хондрите Ефремовка. Аномальный ксенон этого метеорита не является «монокристаллическим» компонентом: изотопно-легкий и изотопно-тяжелый ксенон ведут себя независимо, поэтому левые ветви цветных кривых занимают на графиках разное положение относительно линии «нормального» ксенона углистых хондритов. Слева — ксенон из исходной легкой фракции метеорита, нагретого до  $800^\circ\text{C}$ ; в центре — ксенон из минеральной фазы, не растворимой в HF, HCl,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  при  $1100^\circ\text{C}$ ; справа — ксенон из минеральной фазы, не растворимой в HF, HCl,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{HClO}_4$  при  $1100^\circ\text{C}$ .

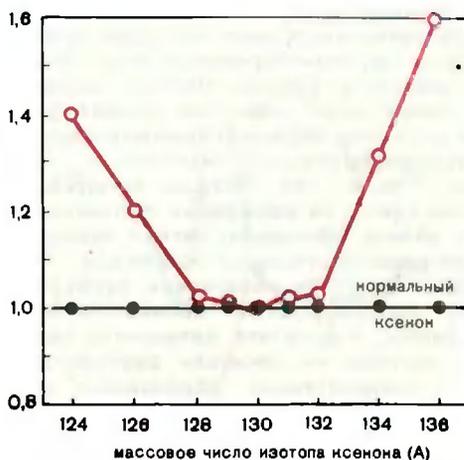
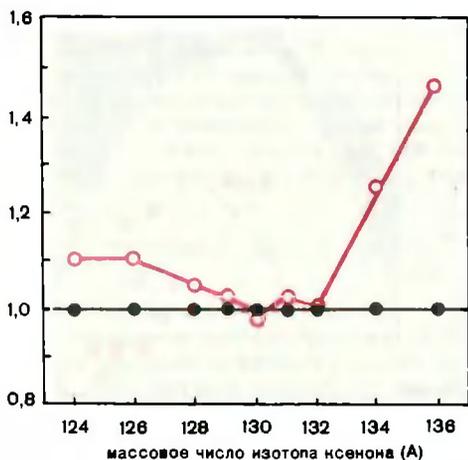
ду изотопами ставила под сомнение их идею...

Одно время представлялось, что парадокс можно разрешить, если предположить, что вместе со сверхтяжелым элементом при образовании вещества метеоритов-хондритов был захвачен ксенон, обогащенный нейтронодефицитными изотопами. Такое обогащение может быть следствием процессов изотопного разделения, масс-фракционирования. Например, в холодном газово-пылевом протопланетном облаке легкими, нейтронодефицитными

изотопами ксенона обогащается газовая фаза, так как более тяжелые изотопы быстрее «вымораживаются» на твердых частицах. Если вещество углистых хондритов захватило вместе со сверхтяжелым элементом такой обогащенный ксенон, а потом уже в метеорите к нему добавился ксенон деления сверхтяжелого элемента, то этим-то и можно было бы объяснить странный изотопный состав ксенона углистых хондритов. Но дальнейшие исследования поставили вопрос:

Главное доказательство «звездного» происхождения необычного ксенона углистых хондритов — неразделимость на отдельные компоненты, «монолитность» этого ксенона.

Но когда автор этой статьи вместе с другими исследователями Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР в 1982 г. исследовал ксенон из нескольких углистых хондритов, упавших в разное время на территории СССР, стало ясно, что Мануэл не прав:



### ...А БЫЛИ ЛИ ВОООБЩЕ СВЕРХТЯЖЕЛЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В МЕТЕОРИТАХ?

И «виноват» в крушении идеи Андерса о сверхтяжелых элементах отчасти... сам Андерс. Но сначала возникли сомнения у других исследователей. Сперва Мануэл выдвинул новое объяснение наблюдавшихся ранее фактов. Он считал, да и продолжает считать, что изотопный состав химических элементов запечатлел ядерные события, происшедшие перед образованием современной Солнечной системы. Взорвалась звезда, которая имела зональное строение. В каждой зоне звезды шли типичные ядерные процессы. Нейтроноизбыточные изотопы ксенона образовались, по Мануэлу, в г-процессах. Легкие, нейтронодефицитные изотопы возникли при захвате протонов. Затем готовая смесь такого нейтроноизбыточного и нейтронодефицитного ксенона была захвачена из газовой фазы веществом углистых хондритов. Никаких сверхтяжелых элементов в метеоритах, по мнению Мануэла, никогда не было.

аномальный ксенон — вовсе не «монолитный» компонент<sup>3</sup>. Пробы вещества метеоритов подвергали жесткой химической обработке, постепенно растворяя один минерал за другим и анализируя ксенон из каждого нерастворенного остатка. Удалось обнаружить две важные особенности необычного ксенона. Сравнив аномальный ксенон из разных минералов, мы убедились, что одни из них обогащены нейтроноизбыточными, а другие — нейтронодефицитными изотопами ксенона. Следовательно, аномальный ксенон углистых хондритов — смесь не менее чем двух компонентов. Вторая его особенность: изотопные соотношения ксенона скоррелированы между собой так, как если бы ксенон прошел через процессы масс-фракционирования. В отличие от легкого ксенона, в тяжелом, нейтроноизбыточном

<sup>3</sup> Шуколюков Ю. А., Данг Ву Минь. Продукты деления трансураниевых элементов в космосе. М., 1984.

ксеноне масс-фракционирование привело к обогащению более тяжелыми изотопами.

В веществе метеоритов тяжелый и легкий ксенон сконцентрированы, по-видимому, в мельчайших частицах двух основных минералов. Один из них — носитель масс-фракционированного легкого, другой — также масс-фракционированного, но тяжелого ксенона. Изотопные сдвиги зависят от массовых чисел не линейно, а по экспоненте. Это подсказывает, каким мог быть механизм масс-фракционирования: экспоненциальная зависимость управляет процессом разделения изотопов в гравитационном поле. Это неудивительно: в протопланетном облаке газы действительно могли фракционировать в поле тяготения молодого Солнца. Частицы минералов, захватившие ксенон из газовой фазы вблизи Солнца, содержат тяжелый ксенон с нейтроноизбыточными изотопами  $^{136}\text{Xe}$ ,  $^{131}\text{Xe}$ ,  $^{132}\text{Xe}$  и  $^{131}\text{Xe}$ . Частицы, захватившие ксенон где-то на периферии протопланетного облака, обогащены легким ксеноном с нейтроноизбыточными изотопами  $^{124}\text{Xe}$ ,  $^{126}\text{Xe}$ ,  $^{128}\text{Xe}$ ,  $^{130}\text{Xe}$ . Благодаря турбулентному перемешиванию облака, частицы смешались, и в составе метеоритов оказались частицы — носители разного ксенона. Следовательно, образование аномального ксенона углистых хондритов можно объяснить без привлечения гипотезы сверхтяжелых элементов.

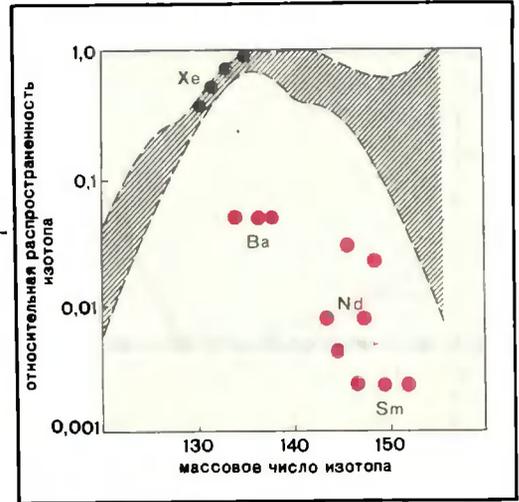
Но последний удар этой гипотезе был нанесен результатами эксперимента, который можно бы назвать:

#### «АНДЕРС ПРОТИВ... АНДЕРСА»

При делении сверхтяжелых элементов одновременно с ксеноном обязательно должны были бы образоваться изотопы соседних элементов — бария, неодима, самария. Это следует из самой сущности процесса деления любого атомного ядра: при самопроизвольном распаде ядер осколками деления могут быть атомные ядра разных элементов, причем вероятность образования ксенона, бария, неодима, самария соизмерима.

Андерс и его коллеги решили убедиться, что в минералах-носителях аномального ксенона в углистых хондритах наряду с ксеноном содержатся и другие продукты деления сверхтяжелого элемента — барий, неодим и самарий. С помощью одного из самых чувствительных в мире масс-спектрометров в 1982 г. был исследован изотопный состав этих трех элементов. Если бы сверхтяжелый элемент

действительно существовал и распадался путем деления ядер, должны были быть обязательно зафиксированы изотопные аномалии в барии, неодиме и самарии. Но... никакого избытка изотопов этих элементов не обнаружено, их изотопный состав, кроме некоторых деталей, не относящихся к делу, был совершенно нормален. Из этого следовал неопровержимый вывод: в углистых хондритах не происходило деления ядер сверхтяжелых элементов!



Отсутствие связи между ксеноном углистых хондритов и типичными продуктами деления ядер сверхтяжелых элементов. Если бы аномальный ксенон углистых хондритов образовался при делении какого-либо ядра (включая ядра сверхтяжелых элементов), вместе с ним в метеоритах должны были бы присутствовать барий, неодим и самарий, в экспериментальные точки (выделенные цветом), должны были бы попасть в заштрихованную область. В действительности этого не наблюдается. Следовательно, аномальный ксенон образовался не при делении сверхтяжелого элемента в метеоритах, а в каком-то другом процессе.

Последней спасительной соломинкой, за которую пытались схватиться сторонники не оправдавшейся гипотезы о сверхтяжелых элементах в ранней Солнечной системе, был такой аргумент: сверхтяжелый элемент когда-то существовал, но он генерировал аномальный ксенон, барий, неодим, самарий и другие элементы еще в газовом протопланетном облаке. При конденсации пылинок сначала образовались

высокотемпературные оксидные минералы вроде перовскита. В их состав вошли изотопы бария, неодима, самария и других труднолетучих элементов — продукты деления сверхтяжелого элемента. А ксенон, как очень летучий благородный газ, был захвачен другими конденсировавшимися частичками много позже, при гораздо более низкой температуре. Поэтому неудивительно, что в ксенонсодержащих минералах метеоритов нет изотопных аномалий у труднолетучих элементов вроде неодима или бария.

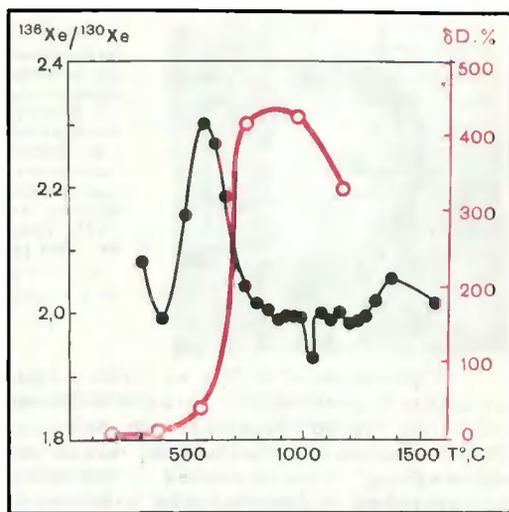
Но этот аргумент просуществовал... лишь несколько месяцев. Объединившись с группой английских физиков, Андерс сам же его и опроверг, изучив изотопный состав нескольких легких элементов, заведомо не образующихся при делении ядер. Исследование показало, что загадка аномального ксенона связана не со сверхтяжелым элементом, а с тем, что у ученых была...

### ... ЗВЕЗДНАЯ ПЫЛЬ В РУКАХ

Аномальный загадочный ксенон углистых хондритов сконцентрирован в мельчайших частицах, входящих в состав метеоритов. Эти частицы состоят из вещества, устойчивого к действию кислот и щелочей, — из сложных органических соединений. Если их медленно нагревать или постепенно сжигать, добавляя газообразный кислород, из них выделяется не только ксенон, но и другие летучие вещества, например азот. Измерения изотопного состава азота, выделившегося при той же температуре, что и аномальный ксенон, дали удивительный результат: азот был обогащен изотопом  $^{14}\text{N}$  на 30—40 % по сравнению с обычным азотом. Изотоп  $^{14}\text{N}$  не может возникать при делении. Такую аномалию  $^{14}\text{N}$  можно объяснить только ядерными реакциями, происходящими в звездах, вне нашей Солнечной системы. Следовательно, азот содержится в частицах, попавших в вещество метеорита из межзвездной пыли, входившей в состав первичного протопланетного облака. Поэтому и аномальный ксенон, заключенный вместе с азотом в тех же частицах, имеет тоже звездное происхождение.

Вскоре были обнаружены и другие изотопные доказательства присутствия частиц межзвездной пыли в метеоритах. Так, в некоторых частицах нашли газ неон, обогащенный изотопом  $^{22}\text{Ne}$  — продуктом ядерных реакций в так называемых новых звездах. В других мельчайших

пылинках, содержащихся в некоторых углистых хондритах, очень аномален по изотопному составу углерод — двукратное обогащение изотопом  $^{13}\text{C}$  объясняется ядерным синтезом такого внеземного углерода в звездах типа красных гигантов. Похоже, что в протопланетном облаке оказалось межзвездное вещество разных типов: А. Л. Девирц и автор этой статьи в Институте геохимии и аналитической химии обнаружили 500 %-ное (!) обогащение



Кинетика выделения аномального ксенона и дейтерия из хондрита Крымка. Разная кинетика свидетельствует о нахождении этих изотопов в разных минералах-носителях, возможно, в межзвездных пылинках разного типа.

водорода дейтерием в метеорите Крымка. Такой чудовищно аномальный водород возник, видимо, где-то в межзвездных молекулярных облаках. Но выделяется «межзвездный» водород из метеорита Крымка при более высокой температуре, чем нейтроноизбыточный ксенон.

Таким образом, поиски неуловимых сверхтяжелых элементов по изотопам ксенона кончились безрезультатно. И словно в утешение природа подарила нам одну из своих тайн: в наших руках оказался прах угасших звезд, оказались частицы, сохранившие изотопную память о событиях, отделенных от нас необъятными космическими расстояниями и происходивших в невообразимо далекие времена...

## Птицы в экологии современного человека

В. Д. Ильичев



Валерий Дмитриевич Ильичев, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией Института эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР. Президент Всесоюзного орнитологического общества, председатель Научного совета АН СССР по биоповреждениям. Председатель Международного комитета по прикладной орнитологии, член исполкома Международного орнитологического комитета, генеральный секретарь XVIII Международного орнитологического конгресса (1982). Почетный член ряда зарубежных орнитологических обществ. Лауреат Премии им. Ленинского комсомола. Автор книг: Биоакустика птиц. М., 1972; Локация птиц. М., 1975; Управление поведением птиц. М., 1984; Общая орнитология. М., 1982 (в соавторстве) и др.

Орнитология — это не только одна из самых разработанных сегодня отраслей зоологии, тесно связанная со многими биологическими дисциплинами, такими как систематика, популяционная биология, эмбриология, эндокринология, этология и, конечно, экология, но и одна из самых древних наук о жизни. Ее официальная история, начавшаяся с Аристотеля, насчитывает уже почти 25 веков. Птицы сопровождали человека с первых шагов его существования и всегда вызывали интерес. Однако в жизни современного человека роль птиц так возросла, что его отношения с птицами стали острыми и напряженными. Именно поэтому для сегодняшней орнитологии наряду с развитием классических направлений характерно появление новых проблем, связанных прежде всего с решением практических вопросов.

Не случайно девизом последнего XVIII Международного орнитологического конгресса, проходившего в Москве в 1982 г., было «сделать отношения между птицами и человеком оптимальными для обеих сторон». Эта задача включает в себя множество проблем, таких как охрана птиц, специфические орнитоконтакты городов, птицы и техника, птицы и урожай, промышленное птицеводство и др. Для решения этих проблем необходим не только накопленный веками научный и практиче-

ский опыт, но и новые подходы, новая постановка задач. Об этих проблемах, стоящих сегодня перед орнитологами, и пойдет речь в нашей статье.

### КОНКУРЕНТЫ ПО МЕСТООБИТАНИЯМ

За 10 тыс. лет человечество уничтожило 2/3 лесных местообитаний птиц. В настоящее время из 14 800 млн га суши на всем земном шаре леса сохранились лишь на площади 4060 млн га, пастбища и луга занимают 2600 млн га, а вновь созданные человеком местообитания — сельскохозяйственные угодья — 1450 млн га. Наряду с этим площади городов неуклонно увеличиваются, например сейчас в ФРГ населенные пункты занимают около 10 % всей земли. В США за последние 200 лет сведено 540 млн га леса, ежегодно 400 тыс. га покрываются асфальтом. Непрерывно растут города-гиганты, с десятиллионным населением. Во всем мире их сейчас уже более 20 — Нью-Йорк, Лондон, Калькутта, Джакарта и др. Площадь Москвы достигла 87,8 тыс. га, на территории располагается свыше 200 водоемов и 24 тыс. га зеленых насаждений.

Создавая нужную для себя среду городских ландшафтов, человек вселяется туда одновременно с птицами, которые ста-

новятся одним из компонентов его экологии.

Изучая в течение многих лет орнитофауну Уфы — крупного промышленного города с миллионным населением, Е. В. Карев установил ее орнитогеографическую автономность и богатый видовой состав, включающий виды, редкие для региона в целом. В этой работе четко показана роль города как активного фактора по отношению к региональной фауне, формирующего новые специфические комплексы птиц, которые характеризуются прежде всего мозаичным размещением, обусловленным неравномерным распределением различных привлекающих факторов<sup>1</sup>.

Всяляясь в урбанизированный ландшафт, птицы захватывают там удобные для себя экологические ниши, принося подчас значительный ущерб городскому хозяйству.

Так, чайки в большинстве городов Западной Европы выбрали для гнездования плоские крыши жилых домов и как источник питания — свалки. Сожительство с человеком оказалось настолько полезным для этих видов, что численность их всюду в Европе стала расти. Только в Англии количество серебристых чаек ежегодно увеличивается на 10 %. Нуждаясь в присадах, птицы используют архитектурные памятники и шпили здания, обтирая и пачкая пометом металлические поверхности, ускоряя их коррозию.

За последние годы в городах значительно выросла численность различных видов птиц, в том числе и перелетных. Многие из них настолько освоились в городе, что перестали улетать и превратились в оседлых. Ранним утром, отправляясь завтракать на городские свалки, птицы стаи поднимают невероятный шум, сопровождаемый дождем капающего сверху помета. Такие набеги причиняют беспокойство жителям и давно уже стали предметом внимания городских властей.

Постоянную городскую «прописку» получили и большие синицы. Они приспособились кормиться в доме: залетают в форточки, проклеивают молочные пакеты и упаковку продуктов, собирают крошки со столов, сводов и кастрюль. Прекрасно себя чувствуют в городах и утки. Например, в Москве на незамерзающих

полынях остаются зимовать до 10 тыс. крякв. Москвичи охотно подкармливают птиц, помогают переживать им суровые зимы.

Целая армия сизых голубей заполняет скверы и площади, крытые рынки (здесь их помет загрязняет продукты), вокзалы и аэропорты. Численность сизых голубей в некоторых крупных городах нашей страны достигает 50 тыс. пар, год от году она увеличивается.

Голуби, как и другие обитающие в городах птицы, в ряде случаев стали серьезной помехой городскому хозяйству. Особенно ощутимый ущерб они наносят не столько памятникам и сооружениям, сколько различным техническим устройствам, осложняя их хранение и эксплуатацию как в черте города, так и его ближайших окрестностях.

## ПТИЦЫ И ТЕХНИКА

Отношения птиц и техники сложны и противоречивы и в то же время одинаково важны для обеих сторон. Первое столкновение самолета с птицей произошло в 1912 г., а в 1982 г. их было уже свыше 4 тыс., причем каждое сопровождалось значительным материальным ущербом.

Именно поэтому защита самолетов от птиц стала одной из важнейших проблем современной орнитологии. В ее решении принимают участие специальные комиссии, созданные на государственном уровне в 35 странах.

Поскольку большинство столкновений, по статистике, происходит при взлете или посадке самолета, господствующей стратегией было уничтожение массовых контингентов птиц, гнездящихся поблизости от аэродрома. Так, в США были истреблены миллионы птиц, однако число столкновений от этого не уменьшилось. В нашей лаборатории был разработан новый этолого-экологический подход, основанный на выявлении факторов, привлекающих птиц на аэродром, и уничтожении этих факторов, своевременном обнаружении птиц с помощью радиолокаторов, рассеивании массовых скоплений.

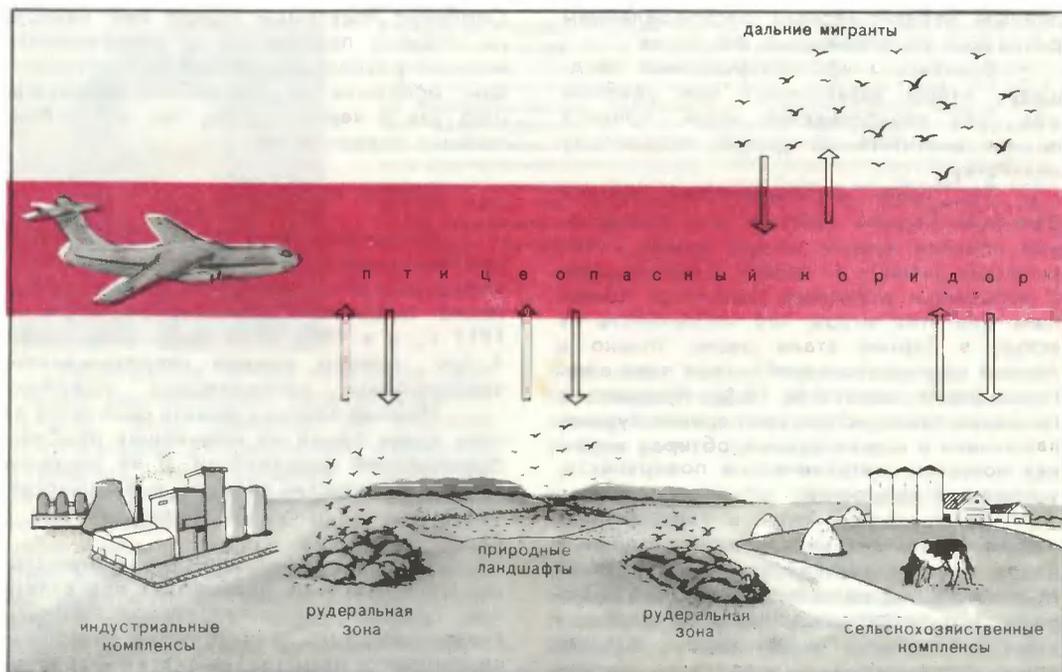
Учитывая ландшафтно-географическую специфику «птицепасных» ситуаций, у нас в стране были обследованы многие гражданские аэродромы, и для каждого из них разработан комплекс мероприятий, способствующих улучшению орнитологической обстановки. Эти обследования показали, что в различных природных зонах опасность для самолетов представляют

<sup>1</sup> Карев Е. В. Состояние, прогноз и пути реконструкции фауны птиц крупного промышленного города. — В кн.: Практическое использование и охрана птиц Южно-Уральского региона. М., 1983, с. 16.

разные виды птиц, и в целом для территории СССР их число не превышает 3 % фауны. К ним относятся различные виды воробьиных (грачи, скворцы, ласточки, жаворонки), чайковых (озерная, сизая, серебристая чайки), дневные хищники (коршун, канюк), утки (кряква, чирки), сизые голуби и т. д. Для каждой ландшафтной зоны и даже для каждого отдельного аэродрома существует свой набор видов, представляющих наибольшую опасность для авиации в данной местности.

неожиданно для себя оказавшиеся в новой для них обстановке<sup>2</sup>.

Проанализировав накопленный предшественниками опыт, показывающий, что универсального средства, гарантирующего стопроцентный успех в защите самолетов от птиц, пока еще создать невозможно, мы сосредоточили усилия на многих, различных по своему характеру мероприятиях, которые в целом, в своей совокупности давали положительный эффект. Разработанная нами стратегия исключает



Пути вовлечения птиц в контакты с самолетами. Препятствием на пути самолетов становятся как птицы, обитающие в городах, так и «дикие» популяции.

В то же время возникновение опасной для самолетов ситуации зависит от экологии и поведения птиц, а поэтому имеет четко выраженный сезонный и суточный характер. Так, с самолетами сталкиваются в основном молодые птицы, не знакомые с ними по прежнему опыту и не обученные избегать столкновения; особую опасность представляют мигранты, впервые и

массовое уничтожение птиц и основывается преимущественно на мягких, экологических и этологических средствах воздействия. Эти подходы оправдали себя и сейчас приняты большинством исследователей.

Разнообразные приемы управления поведением птиц в целях отпугивания их от аэродромов разработали в нашей лаборатории В. Э. Якоби и Ф. С. Шевяков. Разместив акустическую аппаратуру на вездеходах, они транслировали записи сигналов тревоги птиц, подкрепляя их зву-

<sup>2</sup> Якоби В. Э. Биологические основы предотвращения столкновений самолетов с птицами. М., 1974.

ками, имитирующими выстрел. Под действием акустических репеллентов массовые скопления птиц рессеивались и длительное время не появлялись вновь. Применение этих средств в комплексе с другими в ряде регионов «улучшало» статистику столкновений на 10—15 %.

Самолеты — не единственный технический объект, повреждаемый птицами. Значительный ущерб наносят птицы энергетическому хозяйству, вызывая аварии и потери энергии из-за замыкания линий

энергии предприятиям и гибнут сами птицы. В Калмыкии, например, на протяжении 30 км линий электропередач можно встретить до 70 трупов степных орлов и других крупных птиц. Б. М. Звонов и Г. А. Кривоносов, тщательно изучив причины аварий и гибели птиц на ЛЭП, предложили метод защиты, основанный на изоляции горизонтальной металлической траверсы опоры, полностью исключая аварийные отключения по вине птиц и гибель их самих<sup>3</sup>.

В нашей лаборатории были разрабо-

период	месяц	часы суток																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
зимовка	I	полеты небольших групп и одиночных птиц в поисках пищи, 50-100 м																							
	III	полеты небольших групп и одиночных птиц в поисках пищи, 50-100 м																							
весенние перелеты	IV	утри, журавли, грачи, сиворцы, стрижи, хищные птицы, 100-500 м																							
	V	полеты в поисках пищи, 50-100 м												полеты в поисках пищи и возвращении местам гнездования											
гнездование и вывод молодняка	VI																								
	VII																								
ночующие перелеты по местам кормежки	VIII																								
	IX	перелет мелких птиц, журавли, хищные, утри, сиворцы, грачи																							
сбор и полеты большими стаями	X																								
	XI																								
зимовка	XII	полеты небольших групп и одиночных птиц в поисках пищи																							

Столкновения самолетов с птицами зависят от активности и физиологического состояния птиц, сезона и времени суток (по В. Э. Якоби, В. А. Никитину, 1974).

электропередач (ЛЭП) тяжелыми гнездами с вплетенными в них отрезками металлической проволоки. ЛЭП привлекает птиц не только как место для устройства гнезд, но еще и как удобная присада. Рассаживаясь на проводах и опорах, пачкая их жидким пометом, замыкая своим телом, птицы вызывают тяжелые аварии, в результате которых прекращается подача

таны методы отпугивания птиц от опор ЛЭП с помощью газонаполненных шаров диаметром около 25 см с одновременной трансляцией магнитофонных записей криков бедствия птиц. Несмотря на это, гибель птиц на проводах и высотных сооружениях во всем мире все еще остается очень высокой. Так, в США в одном, только штате Иллинойс под 62 телевизионными вышками было найдено 5465 тру-

<sup>3</sup> Звонов Б. М., Кривоносов Г. А. Гибель хищных птиц на опорах ЛЭП в Калмыкии и меры ее предотвращения.— В кн.: Защита материалов и технических устройств от птиц. М., 1984, с. 88.



Обычно крошечные древесные птицы-пищухи гнездятся в лесу за отставшей корой старых стволов, но эта пищуха поселилась рядом с человеком, в стене деревянного сарая, в глубокой и темной щели между досками, где с помощью вспышек и была сфотографирована.



Малый зуек поселился на северной окраине Риги, близ устья Даугавы, на пустыре неподалеку от больших каменных домов, в окружении щепки и битого белого кирпича, довольно удачно маскировавших гнездо.

Зарянка свила гнездо в старой и ржавой консервной банке, которая лежала в саду и про которую все давно забыли.





Гнездо аистов на опорном столбе линии электропередач.

пов разбившихся птиц, принадлежащих к 128 видам<sup>1</sup>.

### ЗАЩИТНИКИ И ПОТРЕБИТЕЛИ УРОЖАЯ

Сельское хозяйство, как и техника, является ареной сложных и противоречивых отношений человека с птицами. В борьбе с вредителями сельского хозяйства, которую давно и не очень успешно ведет человек, птицы занимают заметное место. По прогнозам специалистов, потери от вредителей к 2000 г. составят 68 % валовой стоимости урожая, но могут быть снижены до 24 % за счет интенсивной химической и биологической защиты. Вполне реальным представляется снижение потерь от вредителей на 75 %.

Какой же вклад в эту борьбу вносят птицы? 250 млн певчих птиц уничтожают в месяц огромное количество вредных насекомых, общая масса которых составляет примерно 50 тыс. т. Стая скворцов поедает за месяц 100 т саранчи, при этом скопления пешей саранчи выедаются птицами на 70—80 %. По имеющимся подсчетам, выводок скворцов в сутки потребляет 70—80 г насекомых, одна пара скворцов в гнездовой период очищает от гусениц непарного шелкопряда 70 деревьев, от дубовой листовёртки — 40 деревьев в период массового размножения этих насекомых<sup>5</sup>. 100 скворцов на 1 га площади сокращает численность лугового мотылька до хозяйственно неощутимого уровня. При этом надо учитывать не только количественную сторону этой деятельности птиц, но и тот факт, что их помощь свободна от такого нежелательного сопровождения, как загрязнение среды, которое мы так сильно ощущаем при применении химических средств защиты.

Но зато, как и во всех других ситуациях, связанных с птицами, эта помощь оборачивается другой стороной. Ревностно защищая урожай от вредителей, птицы сами становятся его потребителями. Если обратиться к цифрам, характеризующим ущерб, наносимый птицами, то окажется, что они повреждают примерно десятую часть урожая винограда и косточковых, в некоторые годы в отдельных местностях до 20 % зерновых и т. д. Так, потери урожая от птиц в 25 штатах США — основных поставщиков зерна — оцениваются ежегодно в 6 млн долл., достигая в некоторые годы 49 млн долл.<sup>6</sup> В Кошкарабадском районе Узбекистана скворцы и другие птицы съедают 20—25 % урожая винограда, повреждая отдельные участки плантации до 30 % и более<sup>7</sup>. В Казахстане по вине скворцов виноградарские хозяйства ежегодно теряют не менее 10—19 % товарного винограда<sup>8</sup>. В Таджикистане воробьи уничтожают до 70 % озимого ячменя, выращиваемого на поливных землях, до 40—

<sup>5</sup> Голованова Э. Н. Птицы и сельское хозяйство. Л., 1975.

<sup>6</sup> Stone C., Mott D.— Wildlife, 1973, № 173, p. 28.

<sup>7</sup> Джабаров А. Б. Репеллентное средство защиты виноградников и косточковых культур от повреждений птицами.— В кн.: Защита материалов и технических устройств от птиц, с. 81.

<sup>8</sup> Сема А. М.— Орнитология, 1975, № 12, с. 160.

<sup>1</sup> Seets J., Bohlen H.— Wilson Bull., 1977, v. 89, №3, p. 422.



Такие набеги воробьев на поля (посевы ячменя в Таджикистане) наносят непоправимый ущерб урожаю.

50 % риса<sup>9</sup>. Проведенные сотрудниками нашей лаборатории выборочные обследования садов Подмосковья показали, что значительная (до 50 %) часть урожая мягких сортов яблок повреждается дроздами и другими птицами. Птицы наносят значительный ущерб урожаю садовой земляники.

Таким образом, оценивая сельскохозяйственное значение птиц, мы должны руководствоваться точными количественными данными, в каждом конкретном случае сопоставляя ущерб с приносимой птицами пользой, регулировать численность птиц в разумных и научно обоснованных пределах.

А. Джаббаров для защиты виноградников и черешневых садов Узбекистана от скворцов использовал записанные на магнитофон сигналы тревоги в комплексе

с яркими вспышками света, возникающими при вращении зеркальных устройств. Применение акустических сигналов с таким подкреплением вызывало реакцию паники и давало устойчивый отпугивающий эффект. Птицы в массе покидали виноградник, переключаясь на другой корм — ягоды тутовника. Разработав и применив отпугивающее средство, А. Джаббаров одновременно рекомендовал засаживать непригодные для виноградников и садов склоны гор тутовником, имея в виду не только возможность переключения скворцов на другой корм, но также и использования тутовых деревьев еще и в шелководстве. В Узбекистане это позволяло сохранить 1,5 т черешни на каждом га сада, потери винограда от птиц уменьшались на 90—97 %.

Работая с акустическими репеллентами в условиях юго-восточного Казахстана, сотрудник Института зоологии АН Казахской ССР А. М. Сама получил на каждые 100 га виноградника чистую прибыль около 25 тыс. руб. Хорошие результаты получены на виноградниках и в садах Молдавии орнитологами Института зоологии и физиологии АН Молдавской ССР под руководством И. М. Гани.

<sup>9</sup> См. сноску 6.

## ПОМОЩЬ ПТИЦЕВОДСТВУ

Общее число одомашненных птиц, содержащихся под опекой человека, в мире составляет, видимо, несколько десятков миллиардов. Человек при этом преследует культурные цели, но главным образом — сельскохозяйственные. Птицеводство — одна из самых продуктивных и технологичных, высокомеханизированных отраслей — в настоящее время нуждается в помощи этологов. Переместив птиц в огромные цехи и рассадив их по 3—4 в клетки, создав им полный экологический комфорт, человек своевременно не позаботился об их этологических потребностях, о тех сигналах и ориентирах, которые их окружают в природе и которые необходимы им как виду. Ведь дикие предки домашних кур, все еще обитающие в Индии, Бирме и островах Малайского архипелага, ведут гаремный образ жизни (а в клетки попадают только самки), выводок у них водит наседка, а в инкубаторах он представлен сам себе и т. д. В результате у самок, лишенных самцов, задерживается созревание яичников, эмбрионы вылупляются позже естественных сроков, а когда они вылупились, их некому познакомить с окружающими ориентирами. Наседка — это и мать, и воспитательница, и кормилица, заботящаяся о том, чтобы птенцы все время питались и избегали опасности. А кто ее заменит в огромных цехах современных птицефабрик? Только человек.

Конечно, речь не идет о копировании всех природных ориентиров. Это сделало бы промышленное птицеводство нерентабельным. Но ведь воспроизведение голоса наседки, петухов, привычной для кур звуковой среды («среды курятника») и в условиях высокомеханизированных цехов вполне реально. Следующие примеры показывают, насколько эффективной может оказаться подобная помощь птицеводству со стороны орнитологов.

Хотя птицеводство считается одной из самых механизированных отраслей сельского хозяйства, здесь есть свои проблемы, связанные в первую очередь с биологическими особенностями птиц.

В природных условиях наседка начинает общаться с находящимся в яйце эмбрионом за несколько дней до его вылупления: она издает специальные сигналы, а эмбрион запечатлевает голос своей родительницы. В свою очередь, эмбрион также общается с матерью и своими партнерами по выводку. Благодаря этим

Дрозд-рябинник соорудил свое тяжеловесное гнездо из травы и глины на крыше подвешенного к дереву искусственного домика-синичника. При этом его ничуть не смутило, что домик был уже занят мушкетерской-пеструшкой, «законной» обительницей синичников и дуплянок.

сигналам синхронизируется и ускоряется процесс вылупления, и вылупившиеся цыплята всюду следуют за источником запечатленных в яйце звуков — наседкой. Наседка знакомит их с разнообразными и сложными ориентирами окружающего мира, в том числе с врагами и пищевыми объектами, спасает от холода и намокания.

А как это происходит в цехах птицефабрик? Цыплята, лишенные материнской опеки, неравномерно созревают и вылупляются, доставляя большие хлопоты персоналу. Предоставленные сами себе цыплята хуже едят и растут медленнее, чем с наседкой.

В нашей лаборатории В. М. Гуцев и И. Ю. Шапиро совместно с сотрудниками биологического факультета МГУ А. В. Тихоновым и А. М. Мусаевым создали биотехнический комплекс «Сигнал», управляющий поведением цыплят в условиях птицефабрики<sup>10</sup>. Первый блок этого комплекса ускоряет и синхронизирует вывод молодняка, подавая специальные звуковые сигналы; второй блок, излучая звуки, собирает цыплят и облегчает их выборку; третий блок, действуя в полуавтоматическом режиме, определяет пол суточных цыплят; четвертый блок стимулирует питание цыплят, увеличивая среднесуточные привесы без дополнительной затраты кормов. Таким образом, электронно-акустический комплекс оптимизирует поведение цыплят как в биологическом, так и в технологическом отношении. Использование акустических стимулов способствует ускоренному росту цыплят мясных направлений, давая прибыль около 150 руб. на каждую тысячу молодняка.

До сих пор шла речь только о традиционно сельскохозяйственных птицах, ставших объектами современного промышлен-

<sup>10</sup>Тихонов А. В., Мусаев А. М., Гуцев В. М. Биотехнический комплекс «Сигнал» и совершенствование технологических процессов в птицеводстве. Баку, 1982.



ленного птицеводства. Однако сейчас этот список пополняется за счет цесарок, перепелов и других видов, также перспективных для промышленности. Большую помощь в освоении этих новых для промышленного птицеводства видов оказывает опыт, накопленный в работе с курами, утками, гусями, индейками.

Наконец, современный человек одомашнивает птиц и с культурно-эстетическими целями. Он стремится приблизить птиц к себе, ввести их в свой дом, заставить их размножаться. Канарейки, ткачиковые, врановые, попугаи давно уже прошли этот этап, но сейчас к ним добавляются десятки новых видов, и число их во всем мире неуклонно растет. Число «любимцев» человека все увеличивается, и было бы неправильным закрывать глаза на это массовое явление, коль скоро оно имеет место. Вселение этих видов в дом человека сопровождается перестройкой их экологии и поведения, формированием новых для них взаимоотношений с человеком. Эти виды влияют на человека как фактор его существования, открывая новые возможности в воспитании младшего поколения, детей.

#### МИГРАЦИИ ПТИЦ — ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Больше половины видов, населяющих земной шар, относится к категории мигрирующих, или кочующих. Точно гигантский насос, миграции перекачивают значительную часть птичьего населения из одной половины планеты в другую по своеобразным «шлангам» — миграционным руслам, которых всего 8 — четыре на Американском континенте (Миссисипское, Центрально-Американское, Тихоокеанское и Атлантическое), два других соединяют Европу с Африкой (Восточно-Европейское, Западно-Европейское), и еще два — Северную и Центральную Азию с Индией и Австралией (Восточно-Азиатское, Индо-Азиатское).

Чтобы представить себе масштабы сезонных перемещений птиц по этим руслам, достаточно сказать, что в течение только одной ночи поле зрения локатора пересекают 20 млн мигрирующих птиц. Там, где пролет особенно интенсивен (например, на Куршской косе Балтийского моря, где расположена Биологическая станция Зоологического института АН СССР), сразу же после восхода солнца мимо наблюдателя пронесется около миллиона кочующих птиц. Но птицы мигрируют

и вне этих русел, перемещаясь над всей поверхностью земного шара, — в одних случаях на огромные расстояния дважды в году, в других — ежедневно и в местных масштабах.

Бурное освоение планеты не могло не сказаться на миграциях птиц, которые приобрели особое значение в экологии человека. Заполняя воздушные коридоры, перелетные птицы стали серьезным препятствием на пути пассажирского транспорта. Собираясь на отдых и кормежку на сельскохозяйственных землях, мигранты превратились во вредителей зерновых и садовых культур, винограда. Используя для ночевки в осенне-зимний период крупные южные города, мигранты стали активно мешать жителям, создавая дополнительный шум и загрязняя городскую среду, распространяя инфекционные заболевания. Большинство конфликтных ситуаций подобного рода связаны с резким изменением миграционного поведения птиц, вызванным хозяйственной деятельностью человека.

Строительство водохранилищ, охладителей атомных электростанций, городов-гигантов, расширение посевных площадей заставило мигрирующие популяции изменить сроки и направление перелетов в одних случаях, в других — перейти к оседлому образу жизни. Под влиянием человека изменяются места зимовок: исчезают старые, например кавказские, зимовки и появляются новые, такие как искусственные водоемы в Туркмении, куда слетаются до 1 млн зимующих птиц.

Места линьки и зимовки популяций меняются также в зависимости от условий года и других факторов. Перелиняв в одном месте, молодая птица на следующий год отправляется линять в другое место. Выбор зимовки во многом зависит от того, где птица линяла. Каждая популяция линяет и зимует в нескольких местах, и отдельные особи год от году меняют места линьки и зимовки.

Многие виды мигрируют несколькими популяциями, использующими различные пролетные пути и различные места зимовок. Исследования Ю. А. Исакова и Т. П. Шеваревой выявили для перелетных краек 9 таких популяций, для шилохвосты — 6, для хохлатой чернети и красноголового нырка — 2 и т. д.

Изучение миграционного поведения птиц имеет не только чисто научное значение, но и представляет определенную практический интерес, в частности для правильной регуляции сроков охоты.

Конечно, никто не рассчитывает, что

с помощью охоты можно решить продовольственные проблемы. Однако нельзя забывать, что общее число добываемых птиц не так уж и мало. Только в СССР за последнее десятилетие отстреливали 35—38 млн штук в год, причем большую их часть составляли водоплавающие птицы и, следовательно, перелетные. Более 80 % обитающих в СССР уток и гусей зимует на территории 50 стран Европы, Азии, Африки и Северной Америки. Все эти факторы существенно осложняют текущий контроль, регуляцию сроков и норм отстрела.

Однако в экологии современного человека охота на птиц имеет и еще такой важный аспект, как форма тесного контакта с природой, улучшения самочувствия и здоровья. Если учесть, что в СССР занимаются охотой более 2,6 млн человек, этот аспект нельзя относить к категории несущественных и маловажных.

В то же время тесные контакты человека с мигрирующими птицами чреваты распространением среди людей и сельскохозяйственных животных тяжелых заболеваний вирусного, грибкового или бактериального происхождения, возбудителей которых они переносят на расстояние до 15 тыс. км. От птиц и их эктопаразитов выявлено более 60 арбовирусов, около четверти из которых вызывают заболевания, протекающие по типу геморрагических лихорадок. Штаммы вирусов, идентичные вирусам человеческого гриппа, выделены от грачей и чаек.

Советский вирусолог Д. К. Львов выдвинул эколого-географическую гипотезу существования природных очагов вирусных инфекций в скоплениях колониальных птиц, располагающихся на путях миграций, связывающих территории нашей страны с Африкой, Южной и Юго-Восточной Азией. Птичьи базары Дальнего Востока, колонии чаек на побережьях морей, колонии голенастых в устьях рек заслуживают в этом отношении наибольшего внимания орнитологов и вирусологов.

Советские ученые выступили инициаторами международного сотрудничества в этой области, созвав в 1969 г. и 1976 г. в Новосибирске I и II Международные симпозиумы, посвященные роли перелетных птиц в распространении арбовирусов. В работе симпозиумов приняли участие ученые 26 стран, высоко оценивших вклад советских ученых в изучение эпидемиологического значения мигрирующих птиц.

Начиная с 1978 г. советские ученые

совместно с орнитологами ГДР, ПНР, ВНР, ЧССР, НРБ приступили к публикации многотомной сводки — справочника «Миграции птиц Восточной Европы и Северной Азии», обобщающей накопленные за 50 лет данные по кольцеванию птиц на огромной территории и представляющей большой практический интерес и для охотничьего хозяйства, и для здравоохранения стран СЭВ.

#### СОХРАНИТЬ РЕДКИЕ И ИСЧЕЗАЮЩИЕ ВИДЫ

На XVIII Международном орнитологическом конгрессе среди его участников были распространены анкеты: «Какую область орнитологии Вы считаете самой главной?» Большинство участников ответило: «Охрану птиц». Численность многих видов птиц под влиянием деятельности человека снизилась настолько, что орнитологам приходится заботиться о том, чтобы их потомкам было что изучать. За период с 1600 г. с лица Земли исчезло около 160 форм (видов и подвидов) птиц, а сейчас в угрожающем положении находится еще 258. При этом, если 65,5 % уничтоженных человеком видов птиц исчезло за 300 лет (между XVII и XIX вв.), то только в XX столетии — остальные 24,5 %.

Приятно отметить, что успехи советских ученых в охране птиц могут служить примером, достойным подражания. Так, на конгрессе советским ученым было предложено обобщить свой опыт и на его основе подготовить проект Всемирной стратегии охраны птиц. В СССР охрана птиц давно уже стала предметом государственного внимания. Первый птичий заповедник был создан в 1919 г. в дельте Волги. В настоящее время общая площадь охраняемых природных территорий занимает 8 % всей территории СССР (из них около 130 заповедников — 0,5 %).

Среди охраняемых территорий СССР особое место занимают водноболотные угодья международного значения, такие как Кандалакшский залив Белого моря, Матсалуский залив Балтийского моря, дельта Волги и другие, — всего 12 на общей площади в 2872 тыс. га. Статус международных эти угодья приобрели в 1974 г., когда наша страна подписала Рамсарскую межправительственную конвенцию вместе с другими 30 странами, выделившими более 400 водоемов для охраны и изучения водоплавающих птиц.

Большое место в работе советских орнитологов занимают редкие и исчезаю-



Серые мухоловки в лесу устраивают гнезда чаще всего в дуплах старых деревьев. Но в данном случае они предпочли общество человека, облюбовав под крышей дома такое небезопасное место рядом с электрическими проводами.

Довольно редкие птицы — малые крачки устроили свое гнездо недалеко от домов, на дороге, ведущей к морю.



щие виды. Первая «Красная книга СССР» вышла в свет в 1978 г., а сейчас подготовлено второе издание, содержащее сведения о 80 видах птиц, из которых 22 находятся под угрозой исчезновения. В новом издании розовая чайка, кавказский тетерев, белошекая казарка, малый лебедь покинули категорию редких и исчезающих и приобрели новый статус — «вне опасности», свидетельствующий о том, что усилия по их охране не пропали даром.

Успешно развиваются работы по охране и восстановлению численности стерха и других редких журавлей, редких соколов и других хищных птиц. Эти исследования ведутся под руководством В. Е. Флинта на базе Окского заповедника, где создан специальный питомник. Предпринятые совместно с американскими учеными работы по мечениям ошейниковыми метками уникальной популяции белого гуся на о-ве Врангеля позволили определить пути миграций этого вида в Канаде и США и рекомендовать оптимальные сроки и квоты отстрела на зимовках, что способствовало восстановлению численности врангелевской популяции белых гусей.

Как мы видели, отношения птиц и человека остры и напряженны прежде всего потому, что они в экологических, хозяйственных и медицинских отношениях альтернативны: в одних ситуациях птицы исключительно полезны, в других — вредны; в одних — от них нужно защищаться, в других — привлекать; одни из них доставляют нам радость, а другие — огорчения; одни виды исчезают, другие, — напротив, бурно размножаются, и численность их увеличивается с каждым годом. Как решать эти альтернативы, если ясно одно — мы не можем существовать без птиц и должны найти с ними общий язык? Путь к этому один — научиться управлять их поведением.

Человек давно стихийно, сам того не замечая, и в массовом масштабе экспериментирует в этом направлении, загрязняя среду, создавая новые водохранилища, строя города, вырубая леса и засевая освободившиеся площади сельскохозяйственными культурами. Все эти мероприятия влияют на поведение птиц и, следовательно, имеют большое эволюционное значение. Изучая эволюционные последствия освоения природы человеком, мы предложили сигнально-ориентационную концепцию, согласно которой управление пове-

дением должно быть основано на экологических, природных аналогах.

Всесторонне исследуя эти аналогичные, орнитолог выявляет сопутствующие им природные ориентиры и сигналы, вызывающие нужные человеку ответные реакции в поведении птиц. Исходя из этой концепции, мы находим и испытываем эволюционные средства, активно воздействующие на поведение и физиологическое состояние диких и сельскохозяйственных птиц.

Мы рассмотрели основные аспекты взаимоотношений птиц с человеком, существенно осложнившиеся в последнее время в нежелательную сторону. Не будет большой натяжкой считать эту ситуацию одним из побочных явлений, сопутствующих научно-технической революции, которая сопровождается не только экологическим, но еще и эволюционным загрязнением среды, нарушающим привычный для птиц мир окружающих ориентиров. Эти новые для них ориентиры человек должен использовать, воздействуя на птиц и их поведение уже не стихийно, а целенаправленно, в нужную для человека и полезную для птиц сторону. Работы в этом направлении ведутся, но они требуют еще больших усилий со стороны как ученых, так и практиков. Во всяком случае, не приходится сомневаться в том, что в управлении поведением птиц лежит решение тех сложных экологических и хозяйственных проблем, которые все теснее связывают человека с птицами, вводя орнитологию как науку в новый для нас круг биосферных задач, возникших перед человечеством во второй половине XX в.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Дольник В. Р. ТАИНСТВЕННЫЕ ПЕРЕЛЕТЫ. М.: Наука, 1968.

Ильичев В. Д. ЛЕЯТ ПТИЦЫ. М.: Знание, 1976.

Ильичев В. Д. МИГРАЦИИ ПТИЦ И НАРОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО. М.: Изд-во МГУ, 1977.

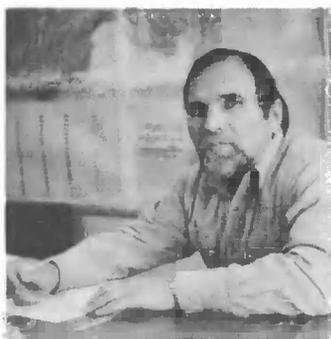
Питерсон Р. ПТИЦЫ. М.: Мир, 1973.

Чельцов-Бebutov А. М. ЭКОЛОГИЯ ПТИЦ. М.: Изд-во МГУ, 1982.

Флинт В. Е. ОПЕРАЦИЯ «СТЕРХ». М.: Лесная промышленность, 1981.

## Проблемы геологии докембрия

Ф. П. Митрофанов, А. К. Запольнов



Феликс Петрович Митрофанов, доктор геолого-минералогических наук, заместитель директора Института геологии и геохронологии докембрия АН СССР, заведующий лабораторией стратиграфии и тектоники докембрия того же института. Специалист по геологии и петрологии докембрийских образований.



Август Константинович Запольнов, кандидат геолого-минералогических наук, работает в той же лаборатории. Специализируется на изучении тектоники древних платформ.

Еще в прошлом веке ближайший к нам фанерозойский этап в истории Земли, составляющий, как мы теперь знаем, около 600 млн лет, был поделен на периоды. Самый древний из них, отмеченный появлением примитивных скелетных организмов, получил название кембрия, а все, что до него, стали называть докембрием.

Докембрийские геологические образования различного состава и происхождения распространены на Земле очень широко. На поверхность они выходят в обширных материковых областях, называемых кристаллическими щитами. Это самые древние и стабильные участки земной коры, в результате длительного воздымания

и эрозии которых обнажались все более глубокие геологические уровни.

В докембрийских толщах заключены огромные запасы полезных ископаемых: 70 % железных руд, хромитов и сульфидного никеля, 60 % меди и марганца, более 90 % золота и кобальта, почти 50 % урана, большая часть платины. С докембрием связаны также чуть ли не все мировые запасы мусковита и флогопита, громадные концентрации фосфоритов, керамического сырья, облицовочных и строительных материалов, месторождения графита, драгоценных и поделочных камней. В настоящее время в докембрии открыты и промышленные концентрации углеводородов.

Этим прежде всего обусловлен интерес геологов к докембрию, изучением которого сейчас заняты сотни групп специалистов в нашей стране и за рубежом. Благодаря их коллективным усилиям нам уже многое известно об этом древнейшем отрезке геологической истории.

Между тем, как это всегда бывает в науке, имеющиеся достижения поставили перед геологами новые проблемы. Какова, например, продолжительность докембрийского времени, какой была первичная земная кора, какие формы жизни существовали в докембрии, какие процессы протекали в древнейшей докембрийской литосфере?

### ДОКЕМБРИЙСКОЕ ВРЕМЯ

Если возраст Земли — 4,55 млрд лет, а возраст известных нам древнейших геологических образований — 3,8 млрд лет, то что же было на Земле в первые 750 млн лет существования планеты? На этот вопрос пока нет ответа. Возможно, нынешние методы и объекты исследований не позволяют нам проникать во время древнее 3,8 млрд лет. Так, радиометрическое изучение этого этапа развития Земли крайне затруднено последующим преобразованием земного вещества, которое стерло всякую информацию о догеологической истории нашей планеты.

Все предствления о самых начальных этапах развития Земли являются пока сугубо гипотетическими. Отсутствуют даже полуколичественные модели, не говоря уже о точных расчетах. Остается неясным такой основополагающий фактор, как характер первичного протоземного резервуара, из которого развивались слои Земли (наряду с гетерогенными разрабатываются гомогенные и гибридные модели), неизвестны скорости дифференциации и дегазации первичного вещества.

Можно лишь предполагать, что первичная Земля, образовавшаяся из протопланетного облака, вначале была достаточно однородной по составу и строению, что должно было пройти много времени, чтобы в ней обособились внутренние и внешние части, включая литосферу. Этот момент чрезвычайно важен, поскольку именно в литосфере движение материи должно подчиняться геологическим законам. Следовательно, со времени образования литосферы можно отсчитывать историю собственно геологического; а не планетарного этапа развития Земли — историю докембрия.

По наиболее разработанным сейчас моделям<sup>1</sup>, догеологический (планетарный) этап развития Земли — от образования протоземного облака до формирования наиболее древних участков земной коры — охватывает интервал 4,7—3,9 млрд лет. Внутри этапа принято выделять доаккреционную (4,7—4,55 млрд лет), аккреционную (4,55—4,45 млрд лет) и постаккреционную (4,45—3,9 млрд лет) фазы. Последняя фаза сопровождалась грандиозной метеоритной бомбардировкой Земли и плавлением ее вещества, с которыми и связывается ускоренная дифференциация вещества в верхних слоях Земли с образованием первичной сиалической (т. е. состоящей из минералов, богатых Si и Al) коры.

Таким образом, в настоящее время можно говорить лишь о достаточно длительном временном интервале, в пределах которого следует искать истоки собственно геологических событий. Согласно изложенной модели, это было 4,45—3,9 млрд лет назад. К последней дате (3,9 млрд лет) близок возраст древнейших горных пород Украины, а также возраст метаморфических и вулканических пород пояса Исуа в Гренландии и некоторых других древнейших пород Земли. Установлено, что такие породы подверглись метаморфизму — были преобразованы 3,8—3,7 млрд лет назад. Возраст — 4,2 млрд лет, определенный в самое последнее время по цирконам Австралии, скорее всего, свидетельствует о том, что относительно стабильные геологические ядра могли оформляться на Земле в еще более раннее время. Поиски таких реликтовых участков, избежавших последующего метаморфизма, составляют одну из задач геологической науки.

Однако эта задача еще более усложнится, если мы примем во внимание гипотезы таких известных исследователей докембрия, как Ю. А. Косыгин и Э. К. Герлинг. Они полагают, что возраст Земли 4,55 млрд лет, определенный по метеоритам, неверен — на самом деле он достигает 10—12 млрд лет. Но в таком случае интервал неопределенности резко возрастает.

### ПЕРВИЧНАЯ КОРА

До сих пор неизвестно, какой состав имела первичная кора Земли. В книге «Ранняя история Земли» изложен ряд мо-

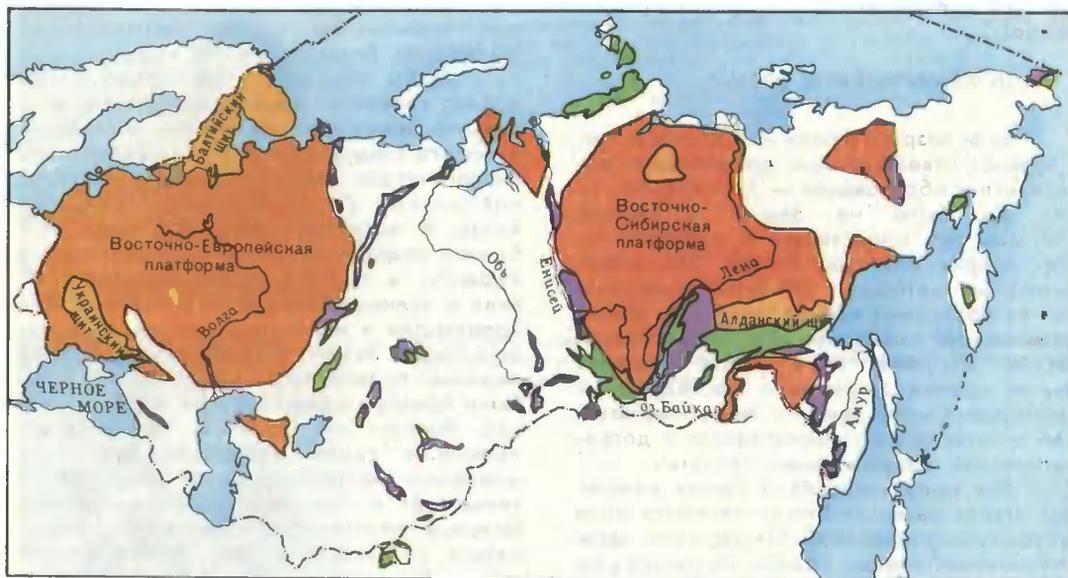
<sup>1</sup> Ранняя история Земли. М., 1980.

делей ее формирования, по которым ее состав определяется и ультрамафическим, и мафическим, и сиалическим<sup>2</sup>. В соответствии с имеющимися в настоящее время геологическими и геохимическими данными, последнее предположение представляется нам наиболее достоверным.

В некоторых районах, где развиты древнейшие геологические образования с возрастом более 3,8 млрд лет, установлено, что первые осадочные и вулканогенные толщи сформировались позже, чем породы гранитоидного состава — так

называемые серые гнейсы. Петрография, петрохимия и геохимия этих плагиоклазовых гранитоидов позволяет отличить их от более молодых пород аналогичного состава. Они содержат меньше магния, железа, калия, рубидия, свинца, урана, иттрия, редкоземельных элементов и больше — алюминия, натрия, стронция, бария.

Эти особенности, а также ряд изотопных характеристик (например, первичное соотношение разных изотопов стронция и кислорода —  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) позволяют говорить о самостоятельном, «первично-



Распространение докембрийских пород на территории СССР.

 Выходы на поверхность пород нижнего докембрия (древнее 1,6 млрд лет)

 Области, где породы нижнего докембрия перекрыты вулканогенно-осадочным чехлом

 Выходы пород нижнего докембрия в рифейских и фанерозойских складчатых областях

 Выходы пород верхнего докембрия (1,6—0,6 млрд лет) в рифейских и фанерозойских складчатых областях

<sup>2</sup> Мафическими называются породы, содержащие в существенном количестве железомagneзиальные (Mg—Fe) минералы. Сиалические породы состоят преимущественно из алюмосиликатов, т. е. минералов, богатых Al и Si.

коровом» типе таких гранитоидов и рассматривать их как продукты древнейшей дифференциации верхнемантийных базальтовых расплавов<sup>3</sup>.

Другое дело, что такие породы первичной коры сохранились на Земле лишь в виде реликтов. В позднем архее (3,2—2,6 млрд лет назад) в пределах современных материков происходило интенсивнейшее образование гранитов. На этом этапе земная кора была большей частью переработана и создана заново. От более ранней коры сохранились, по-видимому, лишь незначительные участ-

<sup>3</sup> Эти вопросы подробно разбираются в последние годы отечественными и зарубежными учеными. См. книги: Древнейшие гранитоиды СССР. Л., 1981; Трофимиты, дациты и связанные с ними породы. М., 1983.

ки. А вновь возникшая кора, став достаточно мощной, уже мало чем отличалась от современной и занимала практически всю территорию современных материков.

Можно думать, что именно на этом этапе обозначились современные континентальные массивы. Возможно, они собрались тогда воедино в виде суперматерика Пангеи, расколовшегося уже в более позднее время. Можно лишь предполагать, что вне этого материка кора была значительно тоньше и, возможно, имела другой состав. Такая кора более интенсивно взаимодействовала с мантией, что привело в дальнейшем к превращению ее в современную кору океанического типа.

### ДОКЕМБРИЙСКАЯ ЖИЗНЬ

В настоящее время хорошо известно, что докембрий вовсе не был безжизненным, как считали прежде. Остатки простейших организмов обнаружены во многих докембрийских отложениях, включая такие, возраст которых достигает 3,5—3,6 млрд лет. Есть основания полагать, что и это не самая нижняя граница появления жизни, что ее можно отодвинуть в глубь времен еще по крайней мере на 0,2 млрд лет.

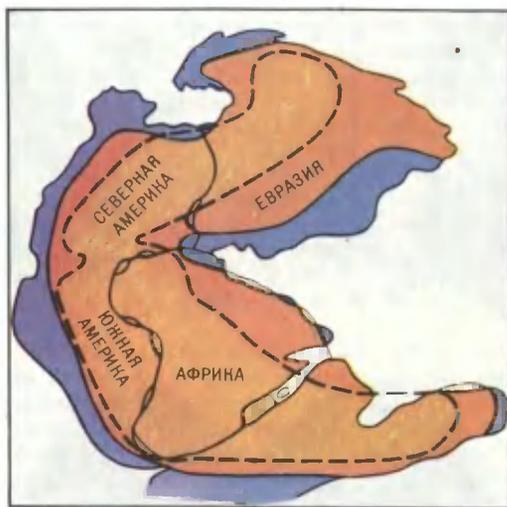
Откуда же взялись древнейшие биогенные остатки? Когда и как появилась жизнь на Земле? Эти вопросы пока не имеют ответов. Некоторые исследователи даже предполагают, что жизнь зародилась не на Земле, а была привнесена из космоса в виде каких-то примитивных организованных белковых структур. С этой возможностью также приходится считаться.

Пока же известно только, что древнейшие микрофоссилии обнаружены в кремнистых отложениях Свазиленда в Южной Африке, включающих образцы из группы Нижний Онвервайт, возраст которых равен 3,5 млрд лет. Микрофоссилии здесь представлены палочковидными бактериеподобными телами, нитчатыми и сфероидальными формами, напоминающими одиночные клетки. Подобные сфероидальные тела описаны в архейской провинции Пилбара в Западной Австралии, а также на Украине в породах возрастом 3,2 млрд лет. Некоторые данные указывают на наличие фотосинтезирующих микроорганизмов (предположительно, микрофитофоссилий) уже 3,9—3,8 млрд лет назад, т. е. во время образования железородных формаций пояса Исуа в Гренландии.

Начиная с позднего архея, отложения которого сформировались 3,2—2,6 млрд лет назад, в распоряжении

палеонтологов имеются ископаемые остатки уже нескольких конкретных живых систем, проделавших в дальнейшем путь от одноклеточных, колониальных и нитчатых организмов к тканеподобным многоклеточным. По представлениям биологов, путь этот был неизбежен, так как существование многоклеточных организмов энергетически гораздо более выгодно по сравнению с прядшествующими формами жизни.

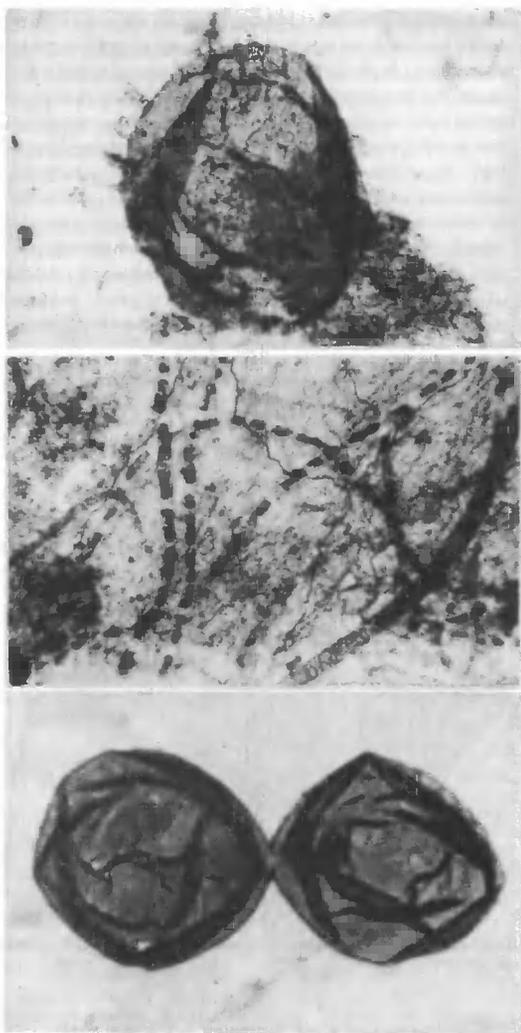
Древняя примитивная жизнь вплоть до рубежа около 1,0 млрд лет назад была представлена прокариотными (безъ-



Реконструкция древнего материка Пангеи (по А. Гудвину, 1976).

- Архейская кора (древнее 2,5 млрд лет)
- Протерозойская кора (2,5—0,6 млрд лет)
- Фанерозойская кора (моложе 0,6 млрд лет)

ядерными) организмами — бактериями и синезелеными водорослями, сохранившимися в ископаемом состоянии в виде сферических и нитчатых микрофоссилий и продуктов их жизнедеятельности. Такие образования встречаются в отложениях верхнего архея (3,2—2,6 млрд лет) и нижнего протерозоя (2,6—1,7 млрд лет), но особенно обильны они в верхнем протерозое (1,7—0,57 млрд лет), включающем рифей



Ископаемые растительные остатки из верхнерифейских отложений (1,0—0,7 млрд лет): вверху — *Trachyhystrichosphaema aimika* (лахандинская свита, р. Мая, Хабаровский край); в центре — *Lomentunella vaginata* [водоросль на пленке, местонахождение то же]; внизу — деление *Kildinella sinika* [мироедихинская свита, р. Мироедиха, Красноярский край].

и венд. Важно, что в отложениях нижнего протерозоя и особенно часто в породах верхнего протерозоя удается обнаружить в ископаемом состоянии фазы жизненного цикла этих организмов, например, размножение сферических и ладьевидных микрофоссилий путем вегетативного деления материнской клетки на две дочерние.

По мнению ряда исследователей, позднепротерозойский этап истории Земли заключал в себе события биологической эволюции, превосходящие по значению многие этапы более позднего биологического развития<sup>4</sup>. Речь идет о массовом появлении в начале этого этапа эвкариотных (ядерных) организмов, многоклеточных форм микро- и макроскопических размеров, о находках в отложениях вендского времени (около 620 млн лет назад) отпечатков эдиакарской фауны беспозвоночных животных и, наконец, об образовании скелетных форм животных на границе венда и кембрия.

Таким образом, к настоящему времени палеонтологами намечен ряд переломных моментов в развитии органического мира докембрия, с которыми связаны изменения в составе и распространении организмов, продуктов их жизнедеятельности и преобразование экологических систем. Вместе с тем успехи палеонтологии докембрия, особенно в СССР, значительно опережают тонкое биологическое изучение докембрийских ископаемых организмов. Поэтому сейчас, как считает Б. С. Соколов, речь должна идти об ускоренном развитии особой науки о биосфере докембрийского прошлого Земли — о геобиологии.

#### СТРУКТУРА ДРЕВНЕЙШЕЙ ЛИТОСФЕРЫ И ПРОЦЕССЫ В НЕЙ

Еще недавно геологи плохо представляли себе, какой была докембрийская литосфера, какие процессы протекали в ней. Работы последних лет показали, что в раннем докембрии, в эпоху древнее 1,5 млрд лет, была сформирована большая часть континентальной коры материков и были заложены крупные латеральные неоднородности в коре и верхней мантии Земли. Такая древняя структурная неоднородность установлена, например, в фундаменте Восточно-Европейской платформы, где выделяется несколько типов раннедокембрийских блоков.

Самыми сохранившимися структурно-вещественными элементами архейской литосферы, несомненно, являются гранит-зеленокаменные области. Так, в фундаменте Восточно-Европейской платформы такие архейские области — кратоны (возрастом древнее 2,5 млрд лет) — протяги-

<sup>4</sup> Соколов Б. С. Вендский период в истории Земли. — Природа, 1984, № 12, с. 3.

ваются широкой полосой с севера на юг, образуя своего рода остов платформ. Это Карельская, Средне-Русская, Курская и Приднепровская структуры.

В целом гранит-зеленокаменные области, как крупные структурные элементы древней литосферы, представляют собой сложные композиции единого развития нижнего структурного этажа — инфраструктуры и верхнего — суперструктуры.

Архейская инфраструктура образовалась на глубинных уровнях земной коры при высоких температурах и давлениях (порядка 500—900 °C и 3—10 кбар), когда породы находились в частично расплавленном состоянии. Сложена она преобразованными породами сиалической первичной земной коры и привнесенными из мантии габбро, норитами и другими плутоническими породами основного состава.

Верхний структурный этаж — суперструктура — представлен зеленокаменными поясами, занимающими 20—30 % площади кратонов. Суперструктура сложена вулканогенными и осадочными породами, в разной степени метаморфизованными. Вулканогенные породы имеют разный состав — от ультраосновного до кислого. Известны прерывные и непрерывные вулканогенные серии, однако их взаимодействие в архейских зеленокаменных поясах еще не выяснено. А именно оно наиболее важно для определения палеотектонических обстановок, в которых сформировались геологические структуры. Так, принято считать, что прерывные серии вулканитов (лишенные пород среднего состава — андезитов) характерны для рифтогенных структур, а непрерывные — для островных дуг и континентальных окраин. Для вулканогенных серий архейских поясов типичны также высокомагнезиальные лавы — коматииты, обладающие специфической минеральной структурой спинифекс, которая возникает при быстром охлаждении очень высокотемпературных (1200—1600 °C) лавовых потоков.

Недавно начаты специальные петрологические исследования магматических пород архейских зеленокаменных поясов. Первые результаты в сочетании с экспериментальными данными по плавлению пород и расчетными коэффициентами распределения различных элементов между кристаллом и расплавом позволяют уже сейчас приблизительно оценить уровни глубинной генерации магм в архейской мантийной астеносфере, т. е. получить первое представление о древнем глубинном слое Земли, генерирующем магму.

Эти уровни оцениваются в 50—150 км, что сопоставимо с положением астеносферы в современных активных структурах Земли (континентальных окраинах и океанических областях), но меньше средней мощности современной континентальной литосферы (200—250 км) и особенно ее щитов (до 400, а возможно, и до 600 км).

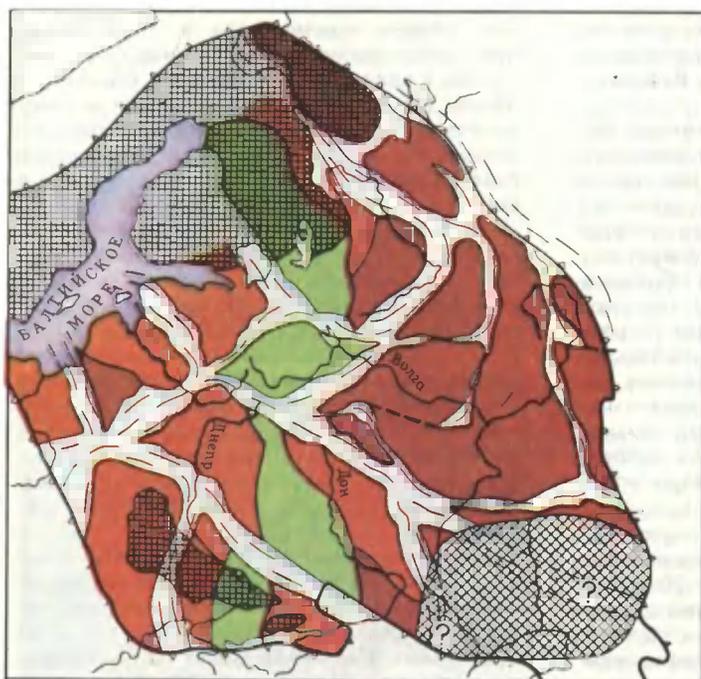
В плане многие архейские зеленокаменные пояса, особенно наиболее древние из них, имеют изогнутую и даже петельчатую форму. Не исключено, что такая форма, так же как и резкие различия в составе вулканитов каждого зеленокаменного пояса, связана с обособленным характером многочисленных ячеек и струй в архейской турбулентной мантийной астеносфере. Возможно, так запечатлены глубинные кольцевые структуры, улавливаемые современными дистанционными методами исследования.

В общих чертах особенности глубинной структуры архейских гранит-зеленокаменных областей и процессы формирования их главных литосферных и астеносферных элементов могут быть отражены, на наш взгляд, в виде следующей схемы.

На самой ранней стадии на глубине (в пределах верхней мантии) происходил достаточно быстрый подъем термального купола. Это привело к появлению глубинного диапира в мантийной астеносфере, а на поверхности — к воздыманию (аркогенезу), сопровождаемому образованием рифтовых структур с активным вулканизмом. Активная вулканическая деятельность обеспечивалась тем, что в земной коре формировалась разветвленная система разломов, по которым поднимались мантийные расплавы. Этот процесс, столь характерный для архейских кратонов всех континентов, связывается нами с увеличением радиуса Земли примерно на 22 %, которое имело место 3,6—3,2 млрд лет назад<sup>5</sup>.

На следующей стадии происходило погружение тяжелой верхней части коры, обогащенной ультраосновными и основными вулканитами. При этом погружающиеся вулканогенно-осадочные суперструктуры создавали особый слой, препятствующий быстрому выносу тепла. Это являлось причиной подъема температуры в земной коре и последующего развития процессов метаморфизма, ультраметаморфизма и пла-

<sup>5</sup> Проблемы расширения и пульсации Земли. М., 1984.



Основные черты строения кристаллического фундамента Восточно-Европейской платформы [по А. К. Запольнову, 1983]. В средней части платформы имеются архейские кратоны, в которых основные литосферные структурные элементы сформировались 2,5 млрд лет назад.

- |  |   |   |   |
|--|---|---|---|
|    | Области, где платформенный чехол отсутствует (щиты)           |    | Гранит-мигматитовые области                       |
|    | Область глубокого погружения фундамента Прикаспийской впадины |    | Гранулитогнейсовые области                        |
|  | Линейные зоны гранулитов                                      |  | Архейские кратоны (гранит-зеленокаменные области) |

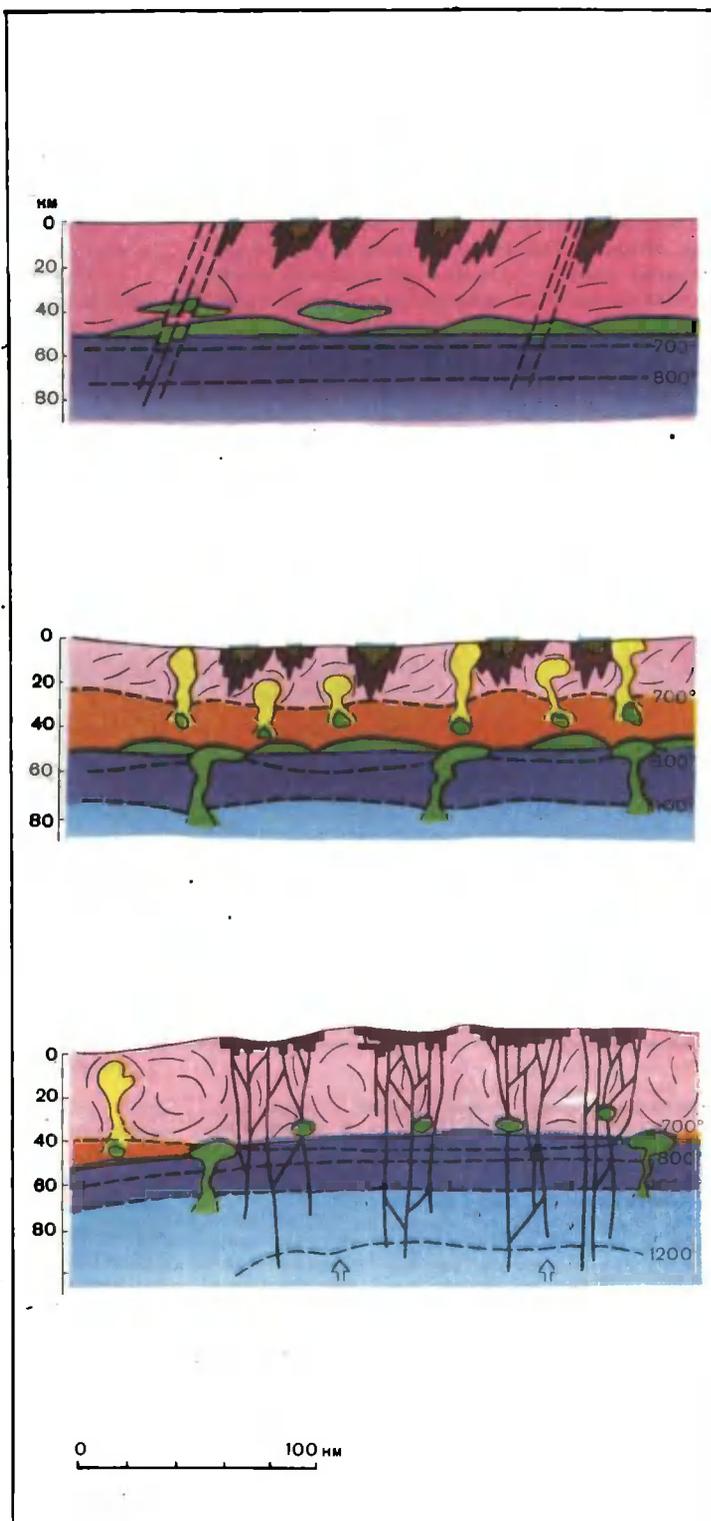
вления (анатексиса) кислого материала. В результате в пределах земной коры на глубине 20—30 км сформировался еще один, коровый, расплавленный астеносферный слой. Проявление его в современных срезах раннедокембрийских структур земной коры отчетливо фиксируется широким развитием полей гранитных мигматитов, в которых степень плавления достигала 10—30 %.

Важно, что образование мощного и протяженного корового астеносферного слоя совершенно не типично для процессов формирования структур земной коры в позднем докембрии и в фанерозое, т. е. в геологические эпохи моложе 1,5 млрд лет. Это, видимо, связано с общим изменением термического баланса Земли, и в частности с изменением термодинамического режима метаморфизма.

Так, на основании изучения метаморфических минеральных ассоциаций из разновозрастных пород земной коры можно сделать вывод, что в течение всей геологической истории происходило снижение фонового потока тепла через литосферу. Связано это, вероятно, с общим охлаждением Земли. Имеющиеся сейчас данные говорят о том, что заметные изменения общей геотермической обстановки происходили дважды: на рубеже архея и протерозоя (3,0—2,6 млрд лет назад) и на рубеже раннего и позднего протерозоя (около 1,5 млрд лет назад).

Все это не могло не найти отражения в характере геодинамического развития крупных литосферных структур Земли. И если для архея нами только разрабатывается модель прерывистой внутриконтинентальной тектоники многочисленных

Принципиальная схема развития литосферы в позднем архее (по Ф. П. Митрофанову, В. Я. Хильтовой и А. Б. Вревскому, 1984). Для этого периода времени характерно появление корового астеносферного слоя, который определил малую толщину (20—30 км) и неустойчивость древнейших литосферных плит.

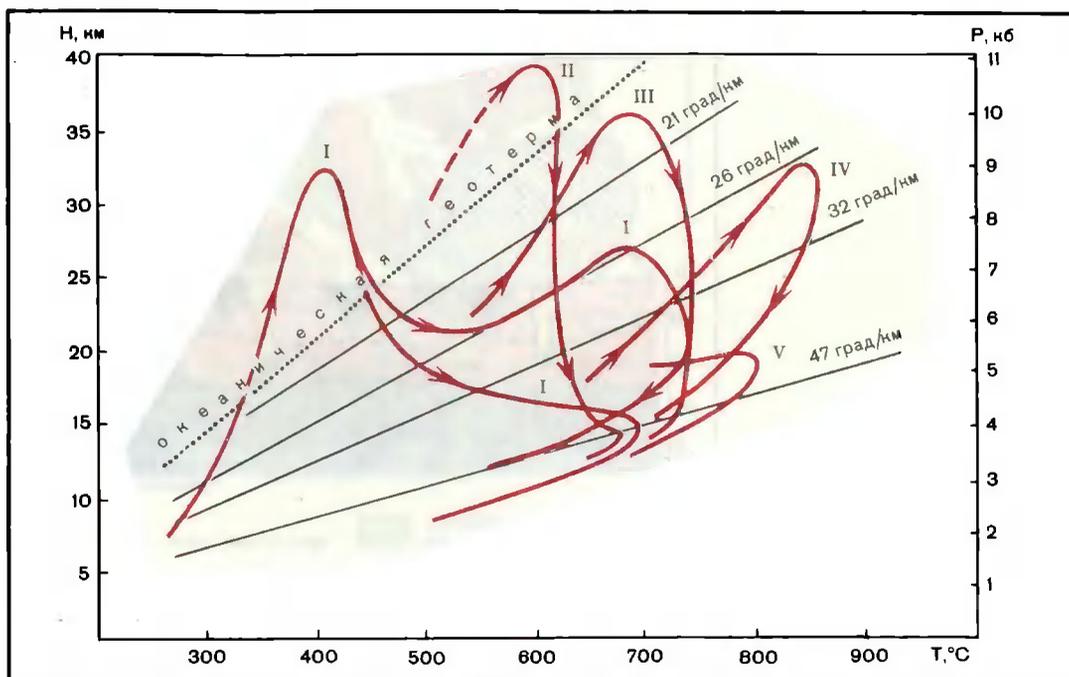


-  Астеносферная часть мантии
-  Литосферная часть мантии
-  Астеносферная часть коры
-  Фемическая часть инфраструктуры
-  Силлическая часть инфраструктуры
-  Коровые (анатектические) граниты
-  «Зрелый» гранито-гнейсовый слой
-  Вулканогенные комплексы зеленокаменных поясов
-  Терригенные комплексы мобильных поясов
-  Разломы и ослабленные зоны с дайками
-  Геоизотермы

тонких плит<sup>6</sup>, то уже начиная с раннего протерозоя, можно убедительно показать активное взаимодействие крупных литосферных структур типа плит. Например, на территории современного Балтийского щита со времени около 2,5 млрд лет назад начали активно взаимодействовать две крупные литосферные структуры — Карельский кратон и Беломорская подвижная область. Первая отличалась зрелостью земной коры и большой мощностью относительно легкого гранито-гнейсового слоя, вторая — повышенным содержанием тяже-

литосферы, которая проявилась в подвиговых коллизиях литосферных плит (типа современных средиземноморских) и образовании парного метаморфического пояса. Такой пояс, большие размеры и длительность развития которого несоизмеримы с характеристиками фанерозойских парных поясов, выявлен сейчас на Балтийском щите. Он получил название Беломорско-Свекофенского.

Говоря об этом и используя для раннего докембрия некоторые понятия тектоники литосферных плит, разработанной



**Термодинамический режим земной коры** [по В. А. Глебовицкому, 1982]: I — в Фанерозое, II — в рифее и среднем протерозое, III — в раннем протерозое, IV — в архее (для гранулит-гнейсовых областей), V — в архее (для гранит-зеленокаменных областей).

лых мафических пород в земной коре, особенно в нижних ее частях. В условиях сопряженного развития этих структур неизбежно должна была возникнуть гравитационная неустойчивость континентальной

для молодых геологических структур мезозоя и кайнозоя, необходимо учитывать специфичность древнейших геологических объектов и процессов. Длительная консервативность — устойчивость геодинамических обстановок формирования структур раннего докембрия в течение огромного времени (до 1 млрд лет), а также наличие корового астеносферного слоя — требуют особого подхода при привлечении плитовой тектоники к объяснению геологических процессов, протекавших в раннем докембрии. Эти и еще многие другие сложности предстоит преодолеть исследователям докембрия, познание которого находится еще в самой начальной фазе.

<sup>6</sup> Магматические формации раннего докембрия территории СССР. М., 1980.



## Индийская бойга

Н. Л. Орлов

Зоологический институт АН СССР  
Ленинград

Змеи рода бойга (*Boiga*) в тропиках Старого Света распространены довольно широко: два вида встречаются в Азии, один в Северной Австралии, а подавляющее большинство — 23 вида — обитают в Южной и Юго-Восточной Азии и на Индо-Малайском архипелаге.

Это крупные (до 2,5 м) или средних размеров змеи, ведущие сумеречный образ жизни. Некоторые виды (*Boiga drapiezii*, *B. jaspidea*) соседствуют с древесными термитами, используя их гнезда как инкубационные камеры для собственных яиц. Большинство форм приспособилось к лазанию по деревьям и основную часть жизни проводит в кроне тропического леса или кустарниковых зарослей. Способность к лазанию обеспечена целым рядом морфологических особенностей. Ремневидное тело этих рептилий уплощено с боков, хвост очень цепкий, а своеобразное строение позвонков позволяет поддерживать значительную часть тела на весу в течение долгого времени без больших затрат мускульных усилий (это свойство характерно и для других лазающих змей).

Окраска хорошо маскирует малоподавизных бойг среди пестрой тропической растительности: некоторые виды имеют яркие желтые полосы и пятна на темном фоне тела (*B. dendrophyla*, *B. drapiezii*, *B. multima-*



Бугристые пески с редкими кустиками тамарикса — место, где поймана бойга.

*culata*), другие окрашены в изумрудно-зеленый цвет (*B. suaneae*).

Индийская бойга (*B. trigonatum*) — единственная змея рода, обитающая в палеарктической Азии. На северо-востоке Ирана, севере Афганистана и в СССР (в южной Туркмении, южном Узбекистане и юго-восточном Таджикистане) встречается один подвид индийской бойги — *B. trigonatum melanocephala*, который отличается от других змей этого вида яркой аспидно-черной окраской верх-

ней части головы. Тело этой некрупной змеи (ее длина вместе с хвостом около метра, но чаще встречаются более мелкие экземпляры), как и у ее тропических сородичей, уплощено с боков, имеет коричневато-желтоватую окраску, спина более темная с белыми и черными крапинами узора. Окраска самца обычно более темная и контрастная, нежели у самки. На черной довольно крупной голове, резко отграниченной от туловища, хорошо выделяются большие желтые глаза с вертикальным зрачком (эта черта характерна для многих ночных рептилий).

Очень эффектно устрашающая боевая поза змеи: тело ее раскачивается, как кольца ту-



Индийская бойга в спокойном состоянии и в боевой позе [с п р а в а].

гой пружины, приподнятые над землей, голова уплощается и подрагивает. С яростным шипением и открытой пастью змея делает длинные выпады в сторону врага.

Бойга ядовита, но для человека не опасна. У нее, как и у всех змей с заднебороздчатыми зубами (*Opisthoglypha*), мелкие ядовитые зубы находятся глубоко в пасти на заднем крае верхнечелюстной кости. Ими бойга способна поражать лишь некрупных жертв — ящериц, других змей, мелких птиц и грызунов; они-то и составляют основную часть ее рациона. При случае она охотно поедает яйца некрупных птиц.

В нашей стране индийская бойга заселяет сухие предгорья и даже засушливые песчаные территории с редкими кустами саксаула и тамарикса, а тропические виды — *V. irregularis*, *V. dendrophyla*, *V. sypnea*, *V. sypnodon*, *V. blandingi* — обитают во влажных местах: на участках дождевого тропического леса

или даже в прибрежных болотистых мангровых зарослях. Такое различие в местообитании удивительно: ведь отношением к температуре, влажности, уровню солнечной радиации индийская бойга мало отличается от своих родственников из влажных лесов.

Что же позволяет индийской бойге — типичному элементу фауны тропической Азии — выживать в пустынях Средней Азии? Оказывается, она приспособилась к жизни в засушливых условиях благодаря своеобразному поведению. В Средней Азии в течение большей части теплого времени года бойга ведет сугубо ночной образ жизни. Влажность воздуха в припочвенном слое в это время суток даже в пустыне обычно выше, а температура ниже атмосферной. Микроклимат глубоких песчаных нор грызунов, которые бойга использует в качестве дневных убежищ, еще более благоприятен: влажность здесь достаточно высока, а температура очень стабильна. В хо-

лодные ночи бойга либо совсем не появляется на поверхности, либо очень ненадолго выползает поохотиться и вновь уходит в теплый и влажный дом — нору. Таким образом, она не подвергается воздействию высокой дневной температуры, жесткой солнечной радиации и не испытывает недостатка влаги, а потому прекрасно выживает в сухом и жарком климате пустынных районов Средней Азии.

По приспособленности к аридным условиям бойга не оригинальна, сходным образом приспособлены к засушливости и другие выходцы из тропиков, теперь живущие в пустынях: среднеазиатская кобра (*Naja oxiana*), поперечнополосатый волкозуб (*Lycodon striatus*), сцинковый геккон (*Telatoscincus scincus*) и гребнепалый геккон (*Crotaphom eversmanni*).

Биология индийской бойги изучена очень мало из-за ее скрытного образа жизни. Пытаясь пополнить эти сведения, мы стали разрабатывать условия



ее содержания в террариуме и убедились, что они должны строго соответствовать природным климатическим условиям. Только в этом случае бойга чувствовала себя нормально и даже стала размножаться. В террариуме Ленинградского зоопарка эти рептилии спаривались в начале мая 1974 г. (спаривание стимулировали ультрафиолетовым облучением), а в июле самка отложила 5 яиц.

Сведения о размножении бойги в природе до сих пор крайне скудны, известно только, что в Индии в июле — августе бойга откладывает от 3 до 11 яиц (до 30 мм длиной). Единственный случай известен для Туркмении: пойманная там в июне беременная самка через несколько дней отложила 5 яиц (18×40 мм).

Встречается бойга крайне редко (показательно, например, что за 20 лет полевых работ в Туркмении С. М. Шаммаков обнаружил лишь 14 особей) и случайно, даже специальные поиски бывают чаще всего без-

результатными. Обусловлено это не только низкой численностью, но и скрытным образом жизни индийской бойги, а потому встретить ее в естественной обстановке — для герпетолога большое везение.

Нам посчастливилось наблюдать бойгу в июне 1980 г. в заповеднике Тигровая балка (Таджикистан). В бугристых песках с редкими кустиками тамарикса ночью при свете фонаря мы вели наблюдения за сцинковыми и гребнепальными гекконами, и вдруг в луче света, скользнувшем под кустом, застыл силуэт стройной змеи. Через минуту, напряжившись, змея приподнялась над землей и с яростным шипением сделала столь характерный для бойги выпад в нашу сторону. Мы поймали змею, взвесили, измерили (это оказалась крупная беременная самка) и отпустили ее. Уже утром приблизительно в километре от того места, где поймали бойгу, мы обнаружили признаки еще одной змеи: вокруг норы песчанки лежал акку-

ратный выполозок бойги (наружный ороговевший слой кожи змеи, сброшенный при линьке). Судя по тому, что он был еще чуть влажным, бойга оставила его совсем недавно.

Сейчас индийская бойга включена во 2-е издание «Красной книги СССР». Это вполне оправданная мера, хотя мы до сих пор не располагаем исчерпывающими данными даже о ее численности. Кроме бойги в Средней Азии есть и другие змеи со скрытным или роющим образом жизни, биология которых пока остается неясной, и если не принять мер по их выявлению и охране, они могут исчезнуть прежде, чем будут изучены.

Мы надеемся, что включение индийской бойги в «Красную книгу СССР», бережное отношение к ней всех натуралистов, изучающих рептилий на юге Средней Азии, и пропаганда охраны среди местного населения позволят сохранить и в дальнейшем изучить биологию этого уникального животного.

## Испытующие годы

Из писем П. Л. Капицы к матери 1921—1923 гг.

9 июля 1984 г. в Институте физических проблем отмечалось 90-летие академика П. Л. Капицы.

Мне поручили подготовить и прочитать на юбилейном заседании подборку писем П. Л. Капицы. «Хотелось бы услышать голос Петра Леонидовича», — сказал Е. М. Лифшиц, который и предложил подготовить такую подборку.

У Анны Алексеевны Капицы я получил перепечатанные ею много лет назад письма, которые П. Л. Капица писал своей матери, когда он работал в Кембридже, в Кавендишской лаборатории (более 250 писем, около 400 страниц на машинке), а также письма, которые сама Анна Алексеевна получала от П. Л. Капицы, когда он был занят в Москве организацией и строительством Института физических проблем, а она оставалась с детьми в Кембридже (132 письма, 562 страницы).

На всю подборку мне, как и докладчикам, дали двадцать минут. Вскоре я попросил добавить еще десять минут. А читал я час, и после заседания ко мне подходили его участники и говорили, что могли бы слушать еще час и два и больше...

Вниманию читателей «Природы» предлагается первая часть этой подборки — письма П. Л. Капицы к матери 1921—1923 гг.

Всего два года жизни П. Л. Капицы в Англии, первые два года его работы в Кавендишской лаборатории. Вот что сказал он сам об этих годах в одном из своих писем:

«Я думаю, что эти годы были, может быть, самые трудные и испытующие в моей жизни. Я был брошен в воздух и летел на своих собственных крыльях. Полет был смел, пожалуй, но, мне кажется, сейчас можно определенно сказать, что я не свалился и не разбился. А это было нетрудно...»

Он выехал из Петрограда 31 марта 1921 г., чтобы попытаться в столице Эстонии Ревеле (Таллин) получить германскую или английскую визу. Полтора месяца до этого такой же путь проделал А. Ф. Иоффе, который руководил группой советских ученых, командированных в страны Западной Европы для закупки приборов и лабораторного оборудования. В тот год Советская Россия не имела дипломатических отношений ни с одной из западных стран.

3 апреля 1921 г. из Ревеля в Петроград ушло первое письмо Петра Леонидовича к матери.

Ольга Иеронимовна Капица в те годы преподавала в Петроградском институте дошкольного образования. Она была известным специалистом по детской литературе и фольклору, автором сборников сказок для детей. При Показательной библиотеке детской литературы, кото-

рую она основала в 1920 г., стала работать студия детских писателей. Председателем этой студии была О. И. Капица, а руководителем — С. Я. Маршак. В 1927 г. она возглавила комиссию по детскому быту, фольклору и языку Русского географического общества. Старший брат П. Л. Капицы, Леонид Леонидович, был этнографом. Он, его жена Наталья Константиновна и их сын Леся жили вместе с Ольгой Иеронимовной.

П. Л. Капица писал своей матери, «самой почтенной в семье» (это его слова), но обращался он ко всем своим близким. Лишь несколько его писем адресовано «только маме». Она была единственным человеком, которому он мог сказать все до конца, что у него было на душе.

В Петрограде, на Смоленском кладбище, остались могилы отца Петра Леонидовича, его первой жены Надежды Кирилловны, сына Иеронима и дочери Надежды... Сын умер 13 декабря 1919 г. Жена и новорожденная дочь — в начале января 1920 г. В ослабевшем от голода Петрограде свирепствовали тогда испанка и скарлатина...

Он был очень одинок. Его спасала работа «среди чужих людей». «Я по-прежнему работаю вовсю, — пишет он. — Чувствую себя хорошо поэтому». Но он тосковал по близким. И ночами писал им письма в далекий, голодный и холодный Петроград. И расстояния сокращались...

«Как это вы проведете зиму без меня!» — беспокоится Петр Леонидович. «Как огород! Не была ли у вас засуха!» — тревожился он. И в каждом почти письме сообщение о посылках, которые он отправлял в Петроград, чтобы поддержать своих родных. И не только родных. Борису Михайловичу Кустодиеву, с которым он очень сблизился перед своим отъездом за границу, он посылает лекарства, краски, табак...

Эпистолярное наследие П. Л. Капицы огромно. Об этом дают представление те цифры, которые я привел. Но письма, которые он писал своей матери в 1921—1924 гг., занимают в этом наследии особое место. Это — роман в письмах», единственный в своем роде. Непреднамеренный, если можно так выразиться, но написанный молодым физиком, которого щедрая природа наделила еще и даром слова.

Здесь представлена одна из глав этого «романа», очень, к сожалению, фрагментарная и сжатая из-за недостатка места.

Чтобы сохранить динамику «развития сюжета», в этой подборке опущены почти все обращения в начале писем и последние, заключительные слова. Учитывая предварительный, в какой-то степени заявочный характер публикации, мы ограничились лишь самыми необходимыми и очень краткими примечаниями.

П. Е. Рубинин

Ревель, 3 апреля 1921 г.

Прибыл благополучно в Ревель, ехать было очень хорошо, со всеми удобствами.

Тут я устроился у знакомых Э. Я. Лаурмана<sup>1</sup>. Имею комнату со всеми удобствами. Вообще комнату найти трудно. Пошлю вам посылку завтра, одну через Русскую миссию, другую через Эстонскую. С моим выездом в Берлин дело задерживается, и бог знает, сколько мне придется просидеть в Ревеле. В четверг на этой неделе буду читать лекцию на тему «Природа электричества». Чем черт не шутит!..

Тут живет с сытно и хорошо, но, несмотря на все, настроение у меня какое-то поганое. Неопределенность с дальнейшим маршрутом, очевидно, этому причина...

Ревель, 6 апреля 1921 г.

...Был очень занят, все хлопочу с визами. Дело пока подвигается туго. С Абрамом Федоровичем [Иоффе] еще не успел снестись, послал ему письмо и телеграмму, но до сих пор ответа нет. Самочувствие мое среднее, хотя стало лучше за последнее время. Только бы удалось получить визу! Тогда, наверное, сразу приду в хорошее расположение духа...

Главное, хочется работать. Пока что думаю писать, есть довольно много тем для работы. Писать письма как-то не хочется...

Ревель, 12 апреля 1921 г.

Мои дела с визой пока средне, если не ниже. Дело в том, что до сих пор я получил от Абрама Федоровича только телеграмму, в коей он пишет, что хлопочет обо мне. Шаги, предпринятые мною лично, результатов не дали, так как еще рано. Завтра я буду читать лекцию в Эстонском физическом обществе...

Тут у меня много знакомых теперь. При миссии есть славные люди, дух тоже симпатичный. Встречался с эмигрантами. У них превратное представление, они все еще живут какими-то несбыточными мечтами...

<sup>1</sup> Э. Я. Лаурман, инженер-электрик, работал с П. Л. Капицей в Петроградском политехническом институте, был его ассистентом в Кавендишской лаборатории.

Ревель, 21 апреля 1921 г.

...Вот ровно 3 недели, как я дождаюсь визы. До сих пор положение дел так же неопределенно, как и было. Это, конечно, очень несносно...

Вчера прочел книгу Уэллса «Россия в тени», где он описывает свое пребывание в России. Очень живо написано, и много довольно правильных мыслей. Этот англичанин гораздо правильнее разбирается в том, что у нас происходит, чем русские, находящиеся за границей. Повидимому, эмигрантам живется скверно — не так материально, как морально. Озлобление против «союзников», с одной стороны, а с другой — невозможность примириться с тем, что у нас делается в России, ставит их в совершенно изолированное положение. Эта оторванность, никчемность и вызывает, должно быть, то моральное угнетенное состояние, которое безусловно можно заметить.

Я все больше верю в будущность России, и мне кажется, чем скорее ликвидируются эти гражданские распри, тем скорее мы возродимся...

Ревель, 29 апреля 1921 г.

...Из Англии от Красина получил ответное письмо. Он хлопочет за меня перед английским правительством. Это несколько меня радует, так как Леониду Борисовичу Красину почти всегда удавалось получать визы...

Ревель, 13 мая 1921 г.

Сегодня в моих делах произошло существенное изменение. Я получил разрешение на въезд в Англию и, наверное, завтра или 18-го еду в Лондон...

Лондон, 26 мая 1921 г.

Вот я сижу в салоне отеля, смотрю в окно и вижу Темзу. Она действительно покрыта туманом и довольно сильно пахнет, хотя мы и в центре города. Ездил уже и по подземным, и по наземным железным дорогам, на автомобиле и пр.

Жизнь кипит тут, движения на улицах больше, чем в Питере в мирное время. Ты можешь себе представить, я был огорошен, прямо с непривычки голова пошла кругом. Поезд, который почти не останавливается на станции, омнибусы,

которые ездят почти по всем направлениям, и пр., и пр. Я купил план Лондона и вчера его начал штудировать. Кажется, не безрезультатно, так как предпринял самостоятельно несколько поездок, и все шло благополучно.

Но, удивительное дело, все окружающее, все блага, которыми я располагаю, совершенно не радуют меня. Не хочется даже идти смотреть музеи, хотя сейчас [есть] время, так как позже я буду занят служебными обязанностями и тогда уже трудно будет что-либо посмотреть. Не хочется покупать себе одежды. Я с таким трудом расстался со своей кепкой, а костюм — все же он петроградский, и мне с ним тоже не хотелось бы расставаться. Я, пожалуй, повременю заказывать себе.

Все же я тут один, и это, пожалуй, самое плохое. Я, конечно, не теряю ни энергии, ни импульсов, но радости жизни нету, в этом-то все горе. Как было бы хорошо, дорогая моя, пойти с тобой в Британский музей! А моя Надя, как часто она мне рассказывала о Лондоне, и как нам хотелось вместе быть тут.

Когда я оглядываюсь назад и вижу все, мною пережитое, меня берет страх и удивление — неужели же в самом деле я все это мог перенести? Мне даже подчас кажется, что я не человек, а какая-то машина, которая, несмотря на все, продолжает свое дело.

Конечно, я пишу грустное письмо, но главная причина та, что Надя очень любила Лондон, и я все время вспоминаю ее...

Лондон, 2 июня 1921 г.

Вот уже неделю я в Лондоне и, слава богу, наладил свою жизнь тут. Поселился не в гостинице, где очень шумно, а в маленькой квартирке, которую снимаю с услугами и где могу столоваться...

Я обмундировался и теперь имею приличный вид. Что я имею приличный вид, об этом я сужу по следующему. Когда я подходил к "bobby" (так называют тут в шутку полицейских) и спрашивал их дорогу, то в моем прежнем костюме они брали меня фамильярно под руку и говорили, куда идти. Теперь они больше не берут меня под руку и обращаются ко мне "sir". Тут англичане очень строги с костюмами по-прежнему. Так, пока я хо-

дил и искал себе квартиру в кепке, то все говорили, что у них нету квартир. Надев хороший костюм, я снял себе квартиру в том же доме, где мне накануне сказали, что квартир нету, а оказалось сразу две, из которых я одну и снял.

Вчера был в King's College, видел профессора Ричардсона, члена Королевского общества. Европейский ученый. Так увлекся, что проболтал с ним 1½ часа. Умный парень, но я, кажется, хватил через край, вел себя не с должным почтением и пустился нахально в спор. В следующий раз буду посдержаннее. Потом только я заметил, что ассистент этой знаменитости пялил на меня глаза. Но, во всяком случае, профессор Ричардсон был очень любезен, дал мне необходимые сведения, и завтра мы с ним условились опять свидеться...

Завтра вечером приезжает в Лондон Абрам Федорович. Я получил от него телеграмму и пойду его встретить...

Лондон, 10 июня 1921 г.

...Абрам Федорович сегодня ровно неделя как в Лондоне. Работа по закупке, вероятно, вся ляжет на меня... Скоро должны приехать Крылов и Рождественский. Буду им рад. Как-то в особенности к Крылову у меня душа лежит...

По-видимому, в начале июля мне предстоит поехать в Берлин вместе с Абрамом Федоровичем, где придется доделывать все дела по закупкам А. Ф. Когда вернусь, не знаю. Возможно, в конце сентября, возможно, и в августе.

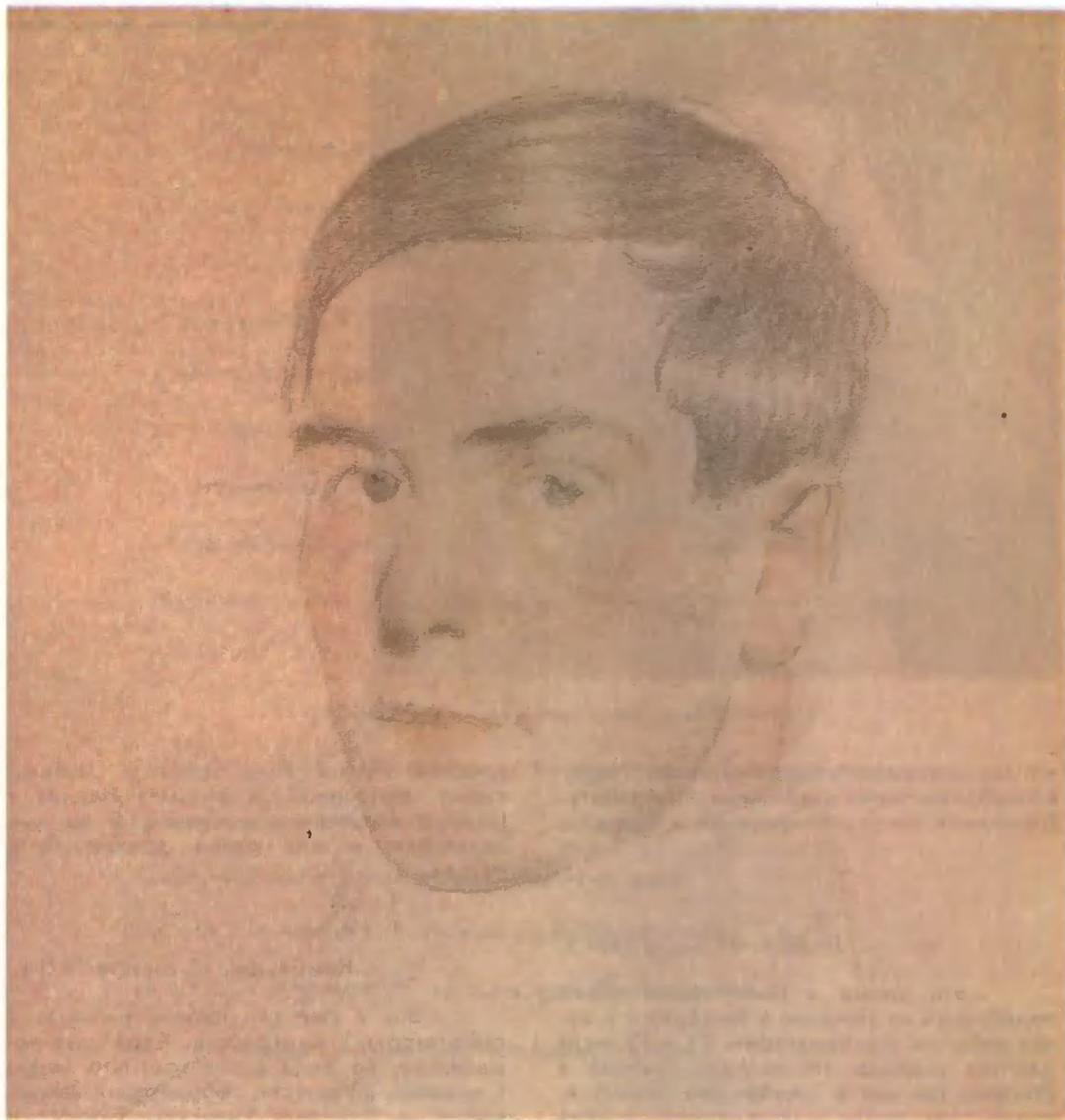
Завтра идем слушать лекцию Эйнштейна. Он читает о теории относительности в King's College. Здесь его очень почитают и называют вторым Ньютоном...

Лондон, 13 июля 1921 г.

...Было много работы, и потому не писал. Был у Уэллса на рауте, был также на чае у Райта<sup>2</sup>. Познакомился там с Бернардом Шоу, Содди, лордом Холденом<sup>3</sup> и пр. Можно сказать, здорово! Но не буду останавливаться на этом всем, так как есть более важное, о чем тебе надо

<sup>2</sup> Ч. Т. Н. Райт — директор Лондонской библиотеки.

<sup>3</sup> Р. Б. Холден — английский политический деятель.



П. Л. Капмца. Фрагмент незаконченного карандашного портрета работы Б. М. Кустодьева. 1920 г. Публикуется впервые.

написать. Дело в том, что, по всей вероятности, я останусь тут на зиму и буду жить в Кембридже и работать у проф. Резерфорда. Он дал свое согласие, мы были у него вчера. Наше представительство тоже согласно оставить меня тут. Не

знаю, радоваться мне или нет. Уж очень душа моя болит за вас, мои дорогие. Что вы там будете делать без меня? Но, с другой стороны [эту] зиму я [бы] работать не смог. А у меня теперь в жизни все, что есть,— это работа да вы все, мои дорогие.

Я вас постараюсь поддержать. Конечно, я сделаю все, что от меня зависит. Но если я не использую этого счастливого стечения обстоятельств, то, конечно, долго придется ждать. А время идет, и много уже потеряно. Боюсь также за себя,



Ольга Иеронимовна Капица. Фото 20-х годов.

что соскучусь очень среди англичан. Поеду в Кембридж через две недели, и за работу. Тороплюсь кончать закупки тут...

Лондон, 24 июля 1921 г.

...Это время я [был] очень занят, перебрался из Лондона в Кембридж и начал работать в лаборатории. 22 и 23 числа работал усердно. Но сегодня приехал в Лондон, так как в Кембридже скучно и, кроме того, завтра, в понедельник, у меня кое-какие дела по закупкам.

Что касается моей работы в Кембридже, то пока еще мало ясного. Пока что знакомлюсь с радиоактивными измерениями и делаю просто практикум. Что будет далее, я не знаю. Ничего не задумываю, ничего не загадываю. Поживем, увидим.

Очень меня беспокоят ваши дела. Как это вы проведете зиму без меня. Я уж буду стараться что-либо сделать для вас, если возможно...

Получили ли вы краски для Бориса Михайловича [Кустодиева]? Да, кстати, как он и что он? Почему вы ничего не пишете о нем? Как с картинами? Да, вот еще

просьба. Пускай Леня зайдет к Шабельскому, фотографу, и возьмет Надину с Нимкой карточку, увеличение. Я ее ему заказывал, и она давно должна быть готова...

Кембридж, 12 августа 1921 г.

...Вот я уже три недели работаю в лаборатории в Кембридже. Дела идут по-маленьку, но беда вся в том, что через 1 неделю, 20 августа, лаборатория закрывается — 3 недели каникулы. Право, не знаю, как провести эти три недели. Хочется работать, а тут, хочешь не хочешь, три недели гуляй...

Вчера первый раз имел разговор на научную тему с проф. Резерфордом. Он был очень любезен, повел к себе в комнату, показывал приборы. В этом человеке безусловно есть что-то обаятельное, хотя порой он и груб.

Так жизнь моя тут течет, как река без водоворотов и без водопадов. До 6 работаю, после 6 либо читаю, пишу письма, либо еду покататься на мотоциклете. Это для меня большое удовольствие. Дороги тут идеальные...

1 novembre  
1921.

3 Meadow View  
Grantchester Meads  
Cambridge.

Дорогая моя мама!  
Получил сегодня от тебя письмо. Ты пишешь, что всегда была с меня большая радость. Но по тому что ты пишешь и чувствуешь что ты усталая от работы и очень утомляешься. Мы знаем как дорога тебе работа и ты не можешь не работать, но когда ты можешь отдохнуть. Мы хотим тебе сказать, что мы знаем как тебе тяжело, но когда ты можешь отдохнуть. Мы хотим тебе сказать, что мы знаем как тебе тяжело, но когда ты можешь отдохнуть. Мы хотим тебе сказать, что мы знаем как тебе тяжело, но когда ты можешь отдохнуть.

Страница одного из писем П. Л. Капицы к матери.

Кембридж, 20 августа 1921 г.  
(только маме)

Дорогая Мама!

Получил от тебя письмо, содержание и тон которого меня очень огорчили. Это упреки на неотвечание на заданные вопросы и в малом писании. Все это совершенно несправедливо. Ты прекрасно знаешь, что когда я очень сосредоточен, очень занят, когда положение не имеет еще достаточно крепкого фундамента, писать письма мне очень трудно. Я пишу их,

конечно, потому что считаю, что лучше написать плохое письмо, чем не написать никакого...

Ты, право, не представляешь себе мою психологию. То, что я сейчас делаю — это, конечно, *tour de force*<sup>1</sup> во всех отношениях, и вместо того чтобы поддержать меня, пишешь такое письмо. Неужели ты меня так мало знаешь? А я думал, что ты меня знаешь лучше, чем кто-либо другой.

<sup>1</sup> Французское идиоматическое выражение. В этом случае по смыслу ближе всего русское выражение «ворочать горами».

Мама, ты прекрасно знаешь, что жизнь перестала быть для меня радостью. Если я мало говорю о себе, это вовсе не значит, что у меня ничего нету. Ведь рана у меня глубокая и, бог знает, заживет ли она когда-нибудь. Здесь, среди чужих людей, работая непрерывно над любимым делом, авось я почувствую себя лучше, авось вернется ко мне любовь к жизни и радость жизни. Я не говорю, что я несчастен, я никогда, до последней минуты своей жизни не слою оружия. Если жить, так надо идти вперед непрерывно. Покой, равновесие — это духовная смерть. Тут, в Кембридже, мне приходится начинать сначала. В Политехническом институте я уже стоял на независимом положении, на уровне, во всяком случае, выше среднего. Тут, в Кембридже, меня никто не знает. Абрам Федорович ничего даже не мог сказать Резерфорду обо мне, так как Абрам Федорович не говорит по-английски, а Резерфорд говорит только по-английски. Я был переводчиком в их разговоре.

Вот я месяц в Кембридже — срок малый. Но все же кое-чего я уже добился, но очень малого, о чем даже писать не стоит. Но мне хочется и я буду всеми силами стараться войти в научную жизнь лаборатории. Только тогда можно работать полным темпом. До сих пор это мне не удалось. Хотя это и естественно — я работаю в тех областях, которыми тут не интересовались.

Все это я пишу только тебе, и это не подлежит оглашению. Итак, не будь строга и требовательна, обожди. Как все выкристаллизуется, я буду писать вам более содержательные письма. Только сейчас, право, трудно...

Кембридж, 7 октября 1921 г.

...Я работаю исправно и с большим удовольствием. Работаю в большой комнате, где будет работать еще несколько человек. Пока что я знаю одного японца... Также будет работать американец. Ты видишь, какая пестрая компания.

Это место (Кавендишская лаборатория) все время посещается различными учеными. Сегодня Резерфорд меня представил проф. Перрену, известному физику, работающему по броуновскому движению. Сегодня тут читал лекцию проф. Ленгмюр из Америки, по поводу строения молекулы. Лекция вызвала оживленные дебаты, в коих

участвовали Резерфорд, Томсон, Дарвин<sup>5</sup> и Перрен. К теории, излагаемой Ленгмюром, отнеслись не очень доброжелательно, и его пощипали. Тут предпочитают аналогичную теорию, данную датским физиком Бором...

Работа моя тут идет вполне удовлетворительно. В смысле материалов тут лафа. Нужно тебе что-нибудь — платиновой фольги или проволочки, только сходи к Cambridge and Paul scientific Comp. и все получишь. Я, между прочим, познакомился с директором этого завода и с инженером. Меня водили по заводу, и я видел кое-что забавное. Они меня снабжают всей этой мелочью из любезности, обыкновенно ее не продают. Я им, в свою очередь, оказал маленькую услугу, консультировав их в работе...

Кембридж, 12 октября 1921 г.

...Я по-прежнему много работаю, работой доволен, отношением к себе в лаборатории тоже. Вернулось много работающих. Мотоциклетка моя в порядке, и я катаю на ней с большим удовольствием. Без этой игрушки я чувствовал бы себя гораздо хуже.

Проф. Резерфорд ко мне [все] любезнее, он кланяется мне и справляется, как идут мои дела. Но я его побаиваюсь. Работаю почти рядом с его кабинетом. Это плохо, так как надо быть очень осторожным с курением. Попадешься на глаза с трубкой во рту, так это будет беда. Но, слава богу, у него грузные шаги, и я умею их отличать издали. Кроме того, у меня в комнате вытяжной шкаф, в котором можно курить. Это, конечно, помогает горю...

Кембридж, 25 октября 1921 г.

...Моя работа подвигается понемногу, отношения с Резерфордом, или, как я его называю, Крокодилем, улучшаются. Работаю усердно и с воодушевлением. Кое-каких результатов уже добился, но тему взял трудную, и работы уйма.

Сейчас в Кембридже академик Щербатской. Он рассматривает какие-то санскритские рукописи, так что я с ним вижусь, и это доставляет мне удовольствие поговорить по-русски...

<sup>5</sup> Дарвин, Чарлз Гальтон, физик-теоретик, внук Чарлза Дарвина.

Кембридж, 1 ноября 1921 г.

...Работа двигается. Эта неделя и следующая будут для меня решительными. Те результаты, которые я получил, уже дают надежды на благополучный исход моих опытов. Резерфорд доволен, мне передавал его ассистент. Это сказывается в его отношении ко мне. Когда он меня встречает, то всегда говорит приветливые слова. Пригласил в это воскресенье меня пить к себе чай, и я наблюдал его у себя дома. Он очень мил и прост. Расспрашивал меня об Абраме Федоровиче. Но, вообще говоря, он свирепый субъект. Когда доволен, то держись. Так обложит, что мое почтение. Но башка поразительная. Это совершенно специфический ум. Колоссальное чутье и интуиция. Я никогда не мог это представить прежде. Слушаю курс его лекций и доклады. Он излагает очень ясно. Он совершенно исключительный физик и очень своеобразный человек...

Есть у меня к тебе большая просьба. Но не торопись ее выполнить. Я знаю, что ты очень занята. Когда у тебя будет свободных часа три—четыре, то съезди на Смоленское кладбище к нашим могилкам, посмотри, все ли там исправно. Сегодня ровно семь месяцев, как я уехал из Питера. А кажется, я тебя не видел уже два—три года.

Ты, дорогая моя, не скучай без меня. Помни, что мне тоже грустновато тут. Я ведь один среди не только совершенно чужих мне людей, но еще людей другого рода, не говорящих на моем языке и совершенно чуждых по духу. Но то, что я могу здесь работать и хорошо работать, искупает все.

Вечера действительно подчас очень тоскливы. Но что поделаешь. Я занимаюсь и пишу тебе письма, и мне кажется, что расстояние между нами сокращается.

Ты сама знаешь, как мне повезло в жизни, что у меня есть любимое дело, в котором я могу работать с некоторым успехом. Это дает возможность многое пережить.

Сейчас у меня новая переписка, но, пожалуйста, никому не говори о ней. Я переписываюсь с проф. Эренфестом из Лейдена. Он был в Петрограде в прежние годы и был очень популярен среди физиков.

Мне посоветовал начать эту переписку проф. Тимошенко. Он встретил Эренфеста в Йене на съезде физиков, и тот изъявил согласие. Тимошенко написал мне письмо об этом. Тогда я написал

Эренфесту. Он очень любезно мне ответил и обещал отвечать впредь. Переписка чисто научного характера. Не знаю, что выйдет из нее. Если я выдержу эту марку, то буду очень рад...

Кембридж, 21 ноября 1921 г.

...Немного виноват перед вами, на прошлой неделе не писал вам и вообще не отправил ни одного письма. Этому причина лаборатория, меня затирает с экспериментом, я не мог добиться желанного результата. Так был полон работой, что не мог себя заставить писать.

Дело в том, что мне надо увеличить чувствительность моих аппаратов по крайней мере в 10—15 раз, а я уже достиг такой чувствительности, которая превосходит обычную, достигаемую аппаратами того типа, с которыми я сейчас работаю. Задача трудная и потребует много искусства. Крокодил (Резерфорд) часто приходит посмотреть, что я делаю, и прошлый раз, рассматривая полученные кривые, высказался в том смысле, что я уже близок к намеченной цели. Но чем ближе подходишь, тем больше и больше затруднений...

Кембридж, 22 декабря 1921 г.

...Сегодня наконец получил долгожданное отклонение в моем приборе. Крокодил был очень доволен. Теперь успех опытов почти обеспечен. Есть кое-какие затруднения, но я думаю, я их перескочу.

Я, кажется, тебе писал уже, что получил отдельную комнату для работы. Это очень приятно. Не только потому, что лестно моему самолюбию, так как это тут большая честь, но [также потому, что] много стало легче работать. Если опыты удадутся, то мне удастся решить вопрос, кой не удалось разрешить с 1911 г. самому Крокодилу и другому хорошему физики Гейгеру. Нечего тебе описывать эти опыты, ты все равно ничего не поймешь, я только скажу, что прибор, который я построил, называется микрорадиометр, и я его так усовершенствовал, что могу обнаружить [пламя] свечки, находящейся на расстоянии 2 верст от моего прибора. Он чувствует одну миллионную градуса. Вот посредством этого прибора я измеряю энергию лучей, посланных радием.

Завтра еду в Лондон, так как начинаются каникулы рождественские, и лаборатория закрывается. Может быть, поеду на



Профессор Резерфорд в рабочем кабинете П. Л. Капицы в Кавендишской лаборатории. Фото П. Л. Капицы, конец 20-х годов.

несколько дней в Париж посетить лабораторию мадам Кюри, но это немного проблематично. Я никогда не видел Парижа и с удовольствием слетаю (на аэроплане) туда. Это берет только  $2\frac{1}{2}$  — 3 часа времени... Пошлю вам денжат из Лондона —  $2\frac{1}{2}$  миллиона, специально на дрова...

Кембридж, 7 апреля 1922 г.

...Десять дней вам не писал, но работал как вол. Сегодня кончил работу в лаборатории и завтра еду в Лондон, на праздники... Последнее время я работал так: приходил в лабораторию в 10 часов, подготавливался к опыту до 3, между 3 и 4 час. [шел] поспать. Потом, между 6 и 9 — опыт (работал после урочного времени по специальному разрешению Крокодила), после приходил домой и подсчитывал результаты до 4—5 часов ночи, чтобы на следующий день начать опять с утра. Немного устал. Но зато у меня есть уже окончательные результаты, и теперь с уверенностью можно сказать, что опыт мой увенчался успехом.

За это время имел три долгих разговора с Крокодилом (по часу). Мне кажется, что теперь он ко мне хорошо относится. Но мне даже немного страшно, как-то уж очень мне говорит комплименты. Зовет меня пить чай к себе в комнату вдвоем... Это человек большого и необузданного темперамента, а у таких людей всегда возможны резкие переходы. Но голова его, мамочка, действительно поразительная. Лишен он всякого скептицизма, смел и увлекается страстно. Это человек с таким темпераментом, [что] не мудрено, [что он] может заставлять работать 30 человек.

Ты бы его видела, когда он ругается! Образчик его разговора: «Это когда же вы получите результаты?», «Долго вы будете без толку возиться?», «Я хочу от вас результатов и результатов, а не вашей болтовни!» и пр.

По силе ума его ставят на один уровень с Фарадеем. Некоторые даже выше. Эренфест пишет мне, что Бор, Эйнштейн и Резерфорд занимают первое место среди физиков и ниспосланы им богом.

Отдохну немного и надо работать дальше. У меня столько сейчас тем — и своих, и Крокодиловых, — что не знаю, право, как со всем справиться...

Кембридж, 6 июля 1922 г.  
Воскресенье

Сегодня чего-то очень тяжело на душе. Хочется одиночества. Сегодня утром приходил молодой человек, физик. Просидел часов пять. Вечером опять сидит другой. Столько надо обдумать и столько дела, что это нервует. Порой мне бесконечно трудно. Я не могу тебе сказать, что меня гнетет. Но я думаю, что это просто переутомление. Я тебе уже писал, что я затеял новую работу, очень смелую и рискованную. Я волновался очень. Первые эксперименты сорвались, но мне удалось захватиться за другой метод, и дело сейчас почти наверно выйдет. Может быть, это реакция. Завтрашние опыты должны дать окончательный результат. Но Крокодил дает мне еще комнату и согласен на расходы.

Дорогая моя, как бы я хотел, чтобы сегодня ты была со мной. Вот я уже полтора года, как челн в океане, и для всех, кто меня окружает, я только прибор, машина, недурная голова. Но это минутная слабость, и я должен выйти победителем из всех затруднений...



А. Ф. Иоффе, П. Л. Капица, А. Н. Крылов. Фото 20-х годов.

Франция, 2 сентября 1922 г.

### Дорогая Мама!

Сейчас я во Франции. Я покинул Кембридж неделю тому назад. Я получил приглашение на поездку на яхте с моим хорошим знакомым, который только что вернулся из поездки в Скандинавию и Финляндию на своей яхте. У него прекрасная двухмачтовая яхта, и мы превосходно проплавали два дня в море, откуда я отправился в Париж, где работал два дня. Теперь я на юге Франции и здесь думаю отдохнуть пару недель. Это мне очень не мешает.

Я соскучился по солнцу в Англии, и тут его больше, чем достаточно.

Закончились мои дела в Кембридже хорошо. Но сейчас у меня момент весьма критический, так как кредиты мои кончились, но, по-видимому, это не так страшно. Дело в том, что мои опыты принимают

очень широкий размах, и лаборатория и Крокодил, по-видимому, достаточно заинтересованы, чтобы посодействовать мне.

Ницца, 14 сентября 1922 г.

### Только для тебя

Я прервал письмо, так как не писалось все эти 12 дней и [ты], дорогая моя, наверное, получишь это письмо после двухнедельного периода моего неписания.

Мне сегодня очень хочется поболтать с тобой по душам, но только с тобой. Ты знаешь, я редко пишу все, что у меня происходит, до конца. Так, мамочка родная, ты одна понимаешь мою натуру мятежную, не находящую покоя. А давно пора было бы не метаться по белу свету, мне ведь под 30.

Вчера получил письмо от Резерфорда. Он пишет, что моя материальная сторона почти устроена. По-видимому, средства будут даны Королевским институтом, хотя подробности не знаю.

Последний разговор с Резерфордом останется мне памятным на всю жизнь.

Сказав целый ряд комплиментов мне, он сказал: «Я был бы очень рад, если имел бы возможность создать для вас у себя специальную лабораторию, чтобы вы могли работать в ней со своими учениками». (У меня сейчас работают два англичанина.) По тому, как он широко отпускает мне средства и по тому вниманию, которое он мне оказывает, это, возможно, не фраза. Он уже сейчас отдал для меня две комнаты, одна из них имеет площадь, равную половине квартиры на Каменно-островском, и занимает почти все чердачное помещение. Что, действительно я способный человек? Мне жутко и страшно. Справлюсь ли я? Может быть, это просто повезло? Конечно, повезло. Столько я никогда в жизни не ожидал. Ведь я еще совсем неопытный и молодой, необузданный мальчишка. Мне недавно еще кто-то дал восемнадцать лет. Уже говорят о моем выступлении в Королевском обществе. Перспективы широкие передо мной, но жутко.

Ведь столько зависит от счастья и удачи. Мамочка, пожалей меня!

Ты знаешь, я почти плачу сейчас. Отчего, не знаю. Знаю одно, что все, все отдал бы, только вернись Нимка и Надя ко мне.

У меня теперь достаточно денег, я путешествую в первом классе, сижу в Ницце в отеле, у меня номер на море, все удобства, ванна и пр. Все есть у меня, а я так одинок, как вот тот корабль в море. Он знает, когда причалит к берегу, я же не причаляю еще долго. Много мне придется бороться с бурей и непогодой. Что в жизни счастье, где оно? Я теряю его. Мне казалось, что если я осуществляю свои научные замыслы, я буду счастлив. Но вот я достиг большего, чем желал. Для чего, для кого нужно это осуществлять — эти магнитные поля большой мощности? Это может открыть новую область в физике. Может быть. Но зачем это? Только прибавится число завистливых глаз, которых немало уже устремилось на меня.

Может быть, мне необходима личная жизнь? Не знаю. Но всякая личная жизнь берет много сил, а они мне нужны сейчас для работы так, как никогда не были нужны. К тому же, к чему это все?

Ты не обращай внимания на это письмо... Внешне я по-прежнему спокоен, хочу работать, выгляжу хорошо. Но все же мне подчас хочется тебе сказать, что происходит в душе у меня.

Ведь ты единственная меня понимаешь лучше других и ты единственная

знаешь, что я глубоко-глубоко все переживаю, и мне бесконечно трудно позабыть прошлое.

Ты, конечно, ни слова никому не скажешь о моих успехах. Ведь это только планы, но помни, дорогая моя, что если эти планы осуществляются, то будущим летом я везу тебя в Италию, в Рим, в Неаполь, во Флоренцию, как я тебе когда-то обещал. Я помню это обещание и, может быть, сдержу его. И мысль об этой поездке даст мне больше радости, чем те открытия, которые я, может быть, сделаю в этом году. (Может быть, из всего этого получится шиз с маслом, но это мы увидим.)...

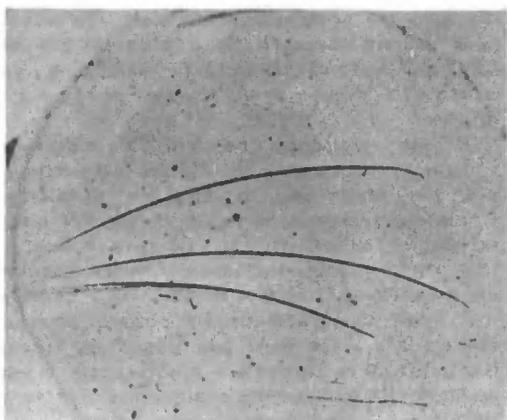
Кембридж, 22 октября 1922 г.

...Моя работа идет благополучно. Решающие опыты дали благополучный результат. Но все же мною была сделана маленькая ошибка в технической детали постройки аппаратуры. Когда я о ней сказал Крокодилу, он мне сказал: «Я очень рад, что вы хоть раз ошиблись». Видишь, он мастер говорить комплименты, так как, на самом деле, я очень часто ошибаюсь (ведь не ошибается тот, как известно, кто ничего не делает). Теперь две ближайшие недели будут дальнейшие испытания моих приборов...

Резерфорд прямо исключительно добр ко мне. Как-то раз он был не в духе и говорил мне, что надо экономить. Я ему доказывал, что делаю все очень дешево. Он, конечно, не мог это опровергнуть и сказал: «Да-да, это все правда, но это входит в круг моих обязанностей вам говорить все это. Имейте в виду, что я трачу на ваши опыты больше, чем на опыты всей лаборатории, взятой вместе». И ты знаешь, это правда, ибо наша установка ему вскочила в копеечку...

Кембридж, 29 ноября 1922 г.

Для меня сегодняшний день, до известной степени, исторический. Сегодня я получил то явление, которое ожидал. Вот лежит фотография, на ней только три искривленные линии. Но эти три искривленные линии — полет  $\alpha$ -частиц в магнитном поле страшной силы. Эти три линии стоили проф. Резерфорду 150 ф. ст., а мне и Э. Я. Лаурману трех с половиной месяцев усиленной работы. Но вот они тут, и в университете о них все знают и говорят.



Искривленные сильным магнитным полем траки α-частиц в камере Вильсона.

Странно. Всего три искривленные линии... Крокодил очень доволен этими тремя искривленными линиями. Правда, это только начало работы, но уже из этого первого снимка можно вывести целый ряд заключений, о которых прежде или совсем не знали, или же догадывались по косвенным фактам. Ко мне в комнату в лаборатории приходило много народу посмотреть эти искривленные линии. Люди восхищались ими. Теперь надо идти дальше. Много еще работы. Крокодил позвал меня сегодня в кабинет и обсуждал дальнейшие планы...

Кембридж, 4 декабря 1922 г.

...Мои дела [идут] хорошо, даже в данный момент больше, чем хорошо. Я тебе писал уже в прошлом письме об удачных опытах моих. Я еще получил результаты, еще лучшие.

Я эти дни был что-то вроде именинника. Второго, в субботу, был прием у проф. Дж. Дж. Томсона по случаю приезда голландского физика Зеемана. Я был, как и все работающие в лаборатории, приглашен. Народу было человек семьдесят. Конечно, надо было напялить смокинг. Когдаходишь в гостиную, то о тебе докладывают, ты подаешь руку хозяину, а потом я прошмыгнул в уголок гостиной. Но ко мне сразу подошел Дж. Дж. Томсон, взял под руку и сказал: «Я хочу вас представить Зееману, он очень заинтересован вашими опытами». И так далее. Я говорил с З., и меня, примерно, представляли таким образом: что это, дескать,

такой физик, который решает такие проблемы, которые считаются невозможными. И эти генералы меня трепали около двадцати минут, пока я опять [не] ушмыгнул в угол. Но скоро Дж. Дж. Томсон меня опять нашел, пригласил к себе в кабинет с несколькими молодыми физиками. Там, в кабинете, он около часа забавлял нас рассказами о различных эпизодах с изобретениями, которые ему пришлось иметь во время войны.

Сегодня Зееман и лорд Рэлей (сын) были у меня в лаборатории и смотрели мою работу...

Я получил приглашение из Голландии от Эренфеста приехать в Лейден и прочесть доклад на его семинаре. Я еду в конце этой недели. Это очень приятное приглашение, так как я так переутомлен, что очень рад прервать работу и отдохнуть с месяц всецело...

Мой успех меня радует главным образом потому, что ставит меня прочно на ноги.

Я знаю, что ты будешь рада за меня, дорогая моя, больше всех не свете, и потому мне хочется тебе все это написать. На этот раз мне повезло больше, чем я мог ожидать. Но я устал страшно, как никогда прежде...

Кембридж, 15 июня 1923 г.

Вчера я был посвящен в доктора философии. Все было честь честью, в доме сената. Канцлер университета, в красной мантии с горностаевым воротничком, сидел в кресле, вроде трона, на возвышении. Около него стояли разные чины университета — проктор, [общественный] оратор и пр. Я посылаю тебе лист посвящаемых, там ты найдешь и мое имя.

Меня подвели к канцлеру за руку, я был в черной шапочке, в смокинге, с белым бантом и с красной шелковой накидкой. Весь обряд ведется по-латински. Меня представили канцлеру по-латински довольно длинной речью, из коей я понял только два слова и те были Pierre Kapitza. Потом я встал на колени, на красную бархатную подушечку, которая стояла у ног канцлера, сложил руки вместе и протянул их вперед. Канцлер взял мои руки между своими и что-то заговорил по-латински, вроде молитвы. После этого я встал и был доктором.

Весь обряд и костюмы, конечно, имеют строго средневековое происхождение и носят отпечаток того времени,

когда кембриджские колледжи были монастырями...

Став доктором, я получил пожизненное право голоса в сенате, участвовать во всех торжествах, носить черную с красным шелковую докторскую мантию и бархатную шапку, вроде блина с золотыми кисточками. Кроме того, имею право пользоваться библиотекой и получать четыре бесплатных обеда в год в своем колледже. Но несмотря на это, мне так дорого стоил этот чин, что я почти без штанов. Благо Крокодил дал взаймы, и я смогу поехать отдохнуть. Поеду, должно быть, к Эренфесту, он зовет. Может быть, на пару дней заеду в Париж.

Тут у меня вышла следующая история. В этом году освободилась тут стипендия имени Максвелла. Она дается на три года лучшему из работающих в лаборатории, и получение ее считается большой честью. Кроме того, это крупная сумма — 750 ф. ст. за три года. Я не помышлял, конечно, о ней, но меня несколько раз спрашивали товарищи, собираюсь ли я подавать на нее. Я отвечал отрицательно. В понедельник, последний день подачи прошений, меня позвал к себе Крокодил и спросил, почему я не подаю на стипендию. Я отвечал, что то, что я получаю, уже считаю вполне достаточным, я считаю, что как иностранец-гость я должен быть скромным и быть довольным тем, что имею. Он сказал мне, что мое иностранное происхождение нисколько не мешает получению стипендии, и потом спросил строго конфиденциально, знаю ли я, что Блэкетт, один из самых способных молодых физиков тут, мой приятель, тоже подал на эту стипендию. Я отвечал, что думаю, что Блэкетт должен ее получить, и считаю, что она более нужна ему, чем мне, ибо он собирается жениться и навряд ли справится на те средства, какие имеет.

Конечно, как только я узнал, что Блэкетт подал на стипендию, я уже окончательно решил не подавать на нее, так как мне показалось, что не следует становиться на дороге приятеля. К тому же, англичанину гораздо важнее получить эту стипендию, ибо это большая квалификация. Для меня же, конечно, как для пролетной птицы, это не играет никакой роли. Но, видно, Крокодил не мог понять моей психологии, и мы расстались довольно сухо.

Потом я заинтересовался больше этим делом. Мне удалось выяснить, что Крокодил считает меня правильным кандидатом и, когда другие собирались подавать, то он отговаривал их, говоря, что эту сти-

пендию он предназначает мне. Но никто мне это не говорил до разговора с ним. Конечно, он не думал, что я откажусь, и мой отказ его, конечно, несколько озадачил и обидел.

Но несмотря на это, я чувствую, что поступил правильно. Но у меня на душе все же какое-то чувство, что я обидел Крокодила, который так бесконечно добр ко мне и так заботится обо мне. Я боюсь, что он не сможет понять психологической причины моего отказа.

Но, видно, все кончится благополучно. Перед его отъездом (он уехал на месяц отдохнуть) я встретил его в коридоре. Я как раз возвратился с посвящения в доктора. Я его прямо спросил: «Не находите ли вы, профессор Резерфорд, что я выгляжу умнее?» «Почему вы должны выглядеть умнее?» — заинтересовался он этим несколько необычным вопросом. «Я только что посвящен в доктора», — ответил я. Он сразу поздравил и сказал: «Да-да, вы выглядите значительно умнее. К тому же, вы еще и постриглись». И он рассмеялся.

Такие выходы с Крокодилом вообще очень рискованны, потому что в большинстве случаев он прямо посылает к черту и, кажется, я один во всей лаборатории рискую на них. Но когда они проходят, это указывает на то, что между нами все благополучно.

Вообще я, должно быть, не раз его ошарашивал такого рода выходками, и он сперва теряется, но потом сразу посылает к черту. Уж очень непривычно ему такое отношение со стороны младшего. И я, кажется, раз шесть получал от него, как комплименты, «дурак», «осел» и т. п. Но теперь он несколько уже привык. Хотя большинство работающих в лаборатории недоумевают, как вообще такие штучки возможны. Но меня страшно забавит, как Крокодил бывает ошарашен, так что в первый момент и слова выговорить не может. Но вообще мы с ним ладим...

Кембридж, 23 июля 1923 г.

Я опять в Кембридже за работой... По моему приезду сюда Крокодил опять предложил мне ту же стипендию, говоря, что он не считает, что кто-либо из других заслуживает ее. Я сдался и подал заявление...

Я очень доволен, что все вышло так. Эта стипендия мне очень кстати. Теперь мое материальное положение значительно улучшится, а это значит, я смогу, наконец, опять подсоблять вам...

## Защита морских берегов от размыва

П. А. Каплин, Л. Г. Никифоров



Павел Алексеевич Каплин, доктор географических наук, профессор, заведующий лабораторией новейших отложений и палеогеографии плейстоцена географического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Занимается проблемами побережий Мирового океана. В «Природе» опубликовал совместно с Л. Г. Никифоровым статью: О наступлениях и отступлениях океана (1973, № 11).



Лев Георгиевич Никифоров, доктор географических наук, профессор, старший научный сотрудник кафедры геоморфологии географического факультета МГУ. Занимается анализом береговых процессов и их связи с тектоникой прибрежной зоны морей и океанов.

Морские берега — особый природный объект, развитие которого происходит под воздействием морских и «сухопутных» процессов. Это зона взаимодействия нескольких сфер нашей планеты: литосферы, гидросферы, атмосферы, биосферы. Пожалуй, другого такого «притягательного» для человека объекта на Земле нет. Недалеко около 30 % всего населения земного шара живет на морских и океанских берегах. Именно здесь располагаются значительные промышленные объекты, а сам берег имеет исключительное значение для отдыха. Однако в последние десятилетия в связи с возросшим антропогенным воздействием берега все чаще разрушаются

и размываются, и потому проблема их защиты становится все более острой.

В начале 1981 г. в нашей стране в Грузинской ССР появилась уникальная природоохранная и производственная организация, получившая название «Грузморберегозащита». В ее задачу, наряду с исследованиями процессов, происходящих в береговой зоне, входит и проведение всех мероприятий, защищающих берега от разрушения. За три года существования этой организации удалось сделать немало, но еще больше предстоит сделать. Программа предстоящей работы основана на научных изысканиях, проводившихся на берегах Черного моря не одно десятилетие.

## ПРОЦЕССЫ, СОЗДАЮЩИЕ ПЛЯЖИ

Главный процесс, определяющий своеобразие береговой зоны,— процесс трансформации и рассеивания механической энергии морских волн при их взаимодействии с сушей. Важную роль в этом взаимодействии играют уклоны подводной части берега и количество обломочного материала (песка, гальки), находящегося в береговой зоне и подвергающегося перемещению волнами. Волновое воздействие, уклоны дна и баланс обломочного материала — вот основные факторы современной динамики береговой зоны. Они определяют развитие береговой зоны по абразионному или аккумулятивному циклу, т. е., проще говоря, обуславливают, будет ли берег разрушаться или намываться.

Волны в береговой зоне обладают огромной энергией. Удары океанской волны о вертикальную стенку создают давление до  $70 \text{ т/м}^2$ ; у нас на Черном море гидротехнические сооружения строятся с расчетом удара волны  $11 \text{ т/м}^2$ . Во время штормов волны, обрушиваясь на берег, уничтожают сотни гектаров плодородных земель, поселки, предприятия, отдельные здания, дороги и т. д.

Энергия волн может непосредственно до берегового откоса не доходить, а расходоваться при разбивании волны на мелководье. Кроме того, энергия волн расходуется на перемещение обломочного материала. В таких случаях волны производят considerable работу, намывают пляжи, косы, пересыпи, могут постепенно создавать обширные прибрежные равнины.

Процесс формирования намывной суши, и прежде всего пляжей, зависит не только от волнового воздействия, но и от количества обломочного материала в береговой зоне. При малом количестве наносов пляжи эфемерны, узки, и при сильных штормах их материал может полностью уноситься волнами на дно или на соседние участки берега. При значительных объемах наносов, при постоянном их пополнении песком и галькой пляжи становятся устойчивыми образованиями, способными устоять под любым натиском волн. На широких устойчивых пляжах происходит полное гашение энергии волн и размыва берега не происходит. Следовательно, пляжи не только и даже не столько рекреационный объект, а главным образом защитники берегов от разрушения. Пляжи обычно слагаются самыми крупными наносами, далее в сторону моря на подводном склоне располагаются все более мелкие частицы осадков. Состав наносов за-

висит от крутизны подводного склона. Если подводный склон пологий, то пляж обычно бывает песчаным, если крутой — галечным. Фракцию наносов, образующую пляж, составляют галька, песок или галька и песок, хотя в береговую зону попадает кроме того и ил.

Откуда берутся пляжи? Обломочный материал выносятся реки. Песок и галька остаются в береговой зоне, а илстые частицы уносятся далеко в море. Еще один источник поступления наносов — разрушающиеся береговые обрывы. Слагающая их порода при размывании размельчается, и обломки ее падают к урезу моря и подхватываются волнами. Под воздействием волн, подходящих под углом к береговой линии, наносы способны перемещаться вдоль берега на многие километры от участков размыва или от устья рек к участкам, где условия благоприятны для отложения — аккумуляции обломочного материала.

При устойчивых в среднем за год штормах одного и того же румба обломочный материал перемещается в одном направлении, и отлагается чаще всего на участках, где резко меняется ориентировка береговой линии и, следовательно, меняется угол подхода волн. Устойчивое многолетнее движение наносов вдоль берега получило в науке о морских берегах название вдольберегового потока наносов. Основные параметры этого потока — емкость, т. е. способность волн перемещать определенный объем наносов; мощность, которая определяется реальным количеством движущегося обломочного материала; и насыщенность, под которой понимается степень соответствия между мощностью и емкостью.

В том случае, когда направление и угол подхода к берегу волн меняется от шторма к шторму, от сезона к сезону, обломочный материал может мигрировать вдоль берега то в одном, то в другом направлении, и вслед за этими миграциями могут смещаться участки размыва и аккумуляций. Миграции, так же как и потоки наносов, могут охватывать десятки километров берега. Обычно границами районов миграции наносов служат далеко выдающиеся в море мысы, обрывы которых спускаются на большие глубины.

Вдольбереговые перемещения и миграции наносов как бы связывают между собой разные участки берега. Возникают природные береговые системы, существование которых поддерживается объемом подступающих наносов, направлением волн и конфигурацией берега. Совершенно оче-

Схематическая карта динамики береговой зоны Черного моря в пределах Грузинской ССР.

-  Скальные породы
-  Осадочные, метаморфизованные породы (конгломаты, мергели, сланцы)
-  Рыхлые породы (галка, гравий, пяски)
-  Рыхлые, плотные породы (морские и лагунные глины)
-  Озерные равнины и болота
- Потоки наносов:**
-  насыщенные
-  ненасыщенные
-  Участки ухода наносов на глубину
-  Вершины подводных каньонов
-  Миграция наносов
- Крупные карьеры инертного материала:**
-  недействующие
-  действующие



видно, что при изучении динамики берегов необходимо рассматривать в целом всю систему — от источников поступления наносов до мест их накопления, т. е. на всем протяжении вдольберегового перемещения наносов, или всю зону миграции обломочного материала.

Если не происходит каких-либо значительных природных событий и, главное, если в природный процесс не вмешивается человек, то на берегу через некоторое время, как правило, устанавливается саморегулирующаяся природная система относительного равновесия. Однако равновесие постоянно нарушается. В морях и океанах колеблется уровень, меняется твердый сток рек, происходят тектонические подвижки прибрежной суши и т. п. Большие изменения в береговые системы вносит хозяйственная деятельность человека. Строятся морские порты и гавани, создаются подходы каналы, сооружаются электростан-

ции, производится добыча полезных ископаемых и т. д. Нерациональное и неразумное вмешательство человека в береговые процессы часто ведет к непредвиденным последствиям. Подобное положение сложилось в нашей стране на берегах Грузии.

### ПОЧЕМУ РАЗРУШАЮТСЯ ПЛЯЖИ?

Из 312 км общей протяженности берегов Грузии 220 км еще недавно подвергались разрушению<sup>1</sup>. В районах Гагры, Пицунды, Поти, Кобулет, Адли скорость размыва берега достигала 3 м/год, в районе устья канала Ингури ГЭС — 16 м/год, на участке Галидега — Анаклия — 5 м/год и т. д.

<sup>1</sup> Здесь и далее приводятся данные из кн.: Фотоматериалы, отражающие современное состояние береговой зоны Черного моря в пределах размываемого 220-километрового участка побережья Грузинской ССР. Тбилиси, 1983.

За последние 20 лет в пределах курорта Гагра смыто более 2 млн м<sup>3</sup> рыхлой породы, что вызвало размыв около 50 га площади суши, в Очамчире смыто 80 га, в районе Поти — 280 га.

Сильнейший размыв наблюдается на протяжении 40 км берега Колхидской низменности, где ведутся значительные работы по осушению заболоченных территорий. Причиной этого размыва является перекрывание русла р. Ингури плотинами ГЭС, вызвавшей полное прекращение выноса пляжеобразующих наносов этой реки к морю.

За последние 20 лет научными исследованиями черноморских берегов Грузии занималось более 40 организаций разных ведомств Москвы, Ленинграда, Киева, Одессы, Сочи, Тбилиси и др. Большинство из них не специализировались в области динамики морских берегов. Результаты их исследований, разных по профилю и специализации, зачастую были несопоставимы и противоречивы. Полевые изыскания проводились в летние нештормовые периоды по разной методике и на небольших участках (в пределах городов и курортов). Основные выводы после таких изысканий сводились к рекомендациям по строительству различных морских гидротехнических сооружений (бетонных стенок, волноломов, бун) на небольших участках. Такие сооружения интенсивно строились различными организациями и ведомствами. Железнодорожники укрепляли отдельные участки дороги, портовики — районы портовых сооружений, курорты защищали только свои территории. Однако, несмотря на ежегодное осуществление мероприятий по укреплению берега, протяженность размываемых берегов Грузии неуклонно возрастала: в 1961 г. разрушилось 155 км береговой полосы, в 1972 — 183 км; в 1981 — 220 км. Парадоксально, но факт: самое худшее положение сложилось на тех участках, где берега укреплялись больше и дольше.

В чем причина такого положения? В пределах черноморского побережья Грузинской ССР, как ни на одном другом побережье СССР, определяющее влияние на динамику береговой зоны оказывает баланс песчано-галечных наносов, выносимых реками в море. Здесь наносы строго сортированы. Песок обычно локализуется в зоне от глубины 15—20 м до подножья пляжа. Пляжи в основном галечные, редко — песчано-галечные. Для большинства районов побережья характерны потоки наносов и значительные миграции обломочного материала. Основное перемещение наносов

происходит в юго-восточном и южном направлениях. Потоки наносов и миграции обломочного материала локализуются в пределах нескольких замкнутых или полузамкнутых природных систем. Песчано-галечный материал при существующих уклонах дна почти не уходит на глубину, и его естественная убыль происходит лишь за счет истирания.

В прошлом поступление обломочного материала из рек Западной Грузии было достаточным, потоки наносов были насыщенными, и вдоль почти всего побережья происходила аккумуляция песка и гальки, выдвигание суши в море. За историческое время наносами заполнился бывший Колхидский залив, образовались крупные аккумулятивные выступы — мыс Пицунда, выступы в районе Сухуми, близ устьев рек Кодори и Чорохи в районе Батуми.

Однако в последние десятилетия картина резко изменилась. Бюджет наносов нарушился, и энергия волн, ранее полностью распределявшаяся на перемещение и аккумуляцию песчано-галечных наносов, стала расходоваться на размыв берега. При этом с полной определенностью можно сказать, что волны Черного моря в береговой зоне не стали более мощными, чем ранее. Дело в другом: в береговой зоне стало меньше обломочного материала. Причина этого явления — хозяйственная деятельность человека. В связи с интенсивным строительством в долинах рек Ингури, Ладжапури, Гумати, Варцихе, Гумисты и др. плотин гидроэлектростанций, а также ирригационными мероприятиями, разбором воды на водоснабжение предприятиями и населенными пунктами резко уменьшились объемы песчано-галечных наносов, ежегодно доставляемых реками черноморского бассейна в береговую зону. Кроме того, на строительство прибрежных городов, курортов, дорог в течение 1940—1970 гг. из береговой зоны и дельтовых участков рек было изъято 30 млн м<sup>3</sup> песка и гальки.

Большой ущерб береговой зоне Грузии наносит строительство выдвинутых в море молов и других портовых сооружений. Выдвинутые в море гидротехнические сооружения перегораживают потоки наносов. Наносы,двигающиеся по пляжу в одном направлении, не могут обойти такие сооружения и поэтому аккумулируются в наветренной стороне молва, что приводит к наращиванию берега, уменьшению глубин у входа в порт (что также нежелательно). С другой стороны от портового сооружения, так сказать вниз по ходу потока, возникает дефицит обломочного

материала, и происходит размыв пляжа и коренного берега. Такие размывы называют «низовыми».

После строительства мола Потийского морского порта южнее его довольно быстро была размывта 900-метровая полоса суши. Южнее Очамчирского порта срезана 350-метровая полоса побережья.

Естественно, что подобные размываемые территории стремятся укреплять прежде всего бетонными стенками и бунами. Однако, даже если удастся укрепить какой-либо конкретный небольшой участок, размыв возобновляется в новом месте вниз по ходу потока наносов. Как правило, в зонах действия вдольберегового перемещения наносов гидротехнические сооружения вызывают интенсивные низовые размывы и в целом не предохраняют берег от размыва. Опыт показывает, что «латание» берега на отдельных участках не спасает положения. Необходим комплекс продуманных мероприятий в пределах, по крайней мере, целых природных береговых систем.

Отдельные сооружения, укрепляющие берег на Черном море, обычно недолговечны. Дело в том, что в условиях дефицита наносов при волновом воздействии происходит отступление не только надводной части берега, но и его подводного склона с глубины 15—20 м. Следовательно, поверхностные, так называемые незаглубленные, сооружения быстро подмываются и опрокидываются, захламляя пляж. Так, в районе г. Поти перед систематически надстраиваемой «укрепляющей» берег бермой дно углубилось до 2—3 м, ранее такие глубины отстояли от берега на 200—300 м. Дно стало более глубоким до отметки 15 м. Увеличение уклонов подводного склона приводит к резкому возрастанию волнового воздействия на береговой откос. Деформация или разрушение берегоукрепительных сооружений часто происходит внезапно, при волнах средней силы (5—6 баллов).

Сказанное выше не означает, что гидротехнические сооружения совершенно не нужны и вредны. Успехи морской гидротехники несомненны, и инженеры-гидротехники предложили для защиты берегов немало замечательных конструкций, которые прекрасно защищают берег в различных районах, например в Крыму. Но все дело в том, что эти конструкции следует использовать с учетом конкретной природной обстановки, применяясь к ней, но не вопреки ей. К сожалению, огромные возможности инженерных решений всех вопросов породили иллюзию, будто с при-

родными процессами можно не считаться, можно их подавить бетоном и железом.

Строительство сооружений, укрепляющих берег, должно вписываться в рамки общих мероприятий по охране и рациональному использованию побережий. Необходимо, чтобы эти мероприятия полностью охватывали береговую зону в пределах отдельных природных систем, а возможно, и в пределах больших прибрежных регионов, таких как Западная Грузия.

Положение, сложившееся в береговой зоне грузинского побережья, требовало незамедлительного принятия мер и внедрения единой научно обоснованной, лишенной ведомственной разобщенности программы развития исследований и работ по регулированию берегов Кавказского региона Черного моря. Вот почему ЦК Коммунистической партии Грузии и Совет Министров Грузинской ССР на базе действующих в разных ведомствах мелких подразделений создали первое в нашей стране природоохранное научно-производственное объединение (НПО) «Грузморберегозащита».

#### УНИКАЛЬНАЯ ПРИРОДОВЕДЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

«Грузморберегозащита» не только исследует закономерности природной среды, наблюдает за ней, моделирует, выдает практические принципиальные решения, но и заказывает, финансирует, осуществляет надзор, т. е. принимает и контролирует ход проектно-изыскательских и строительно-ремонтных работ, выполняемых по ее техническому заданию. Руководство и аппарат центрального научного подразделения, одновременно являющегося руководством и аппаратом всего НПО, совмещают функции научно-исследовательского института и министерства (или главка), осуществляют всю систему планирования и отчетности.

«Грузморберегозащита» освобождена от ведомственных рамок — она подчиняется непосредственно Совету Министров республики.

Пока финансовая деятельность объединения осуществляется за счет средств, выделяемых республикой. В дальнейшем все мероприятия должны проводиться на основании долевого участия в затратах заинтересованных министерств и ведомств, союзных предприятий, имеющих в трехкилометровой береговой полосе объекты курортно-оздоровительного, производственного и культурного назначения.

Два строительных подразделения,



Северная окраина Гагры, район санатория «Украина» 1 февраля 1982 г. Строительство бетонных берегоукрепительных сооружений привело к низовому размыву на смежном участке.



Тот же участок 1 мая 1983 г. после отсыпки песчано-галечного материала у мыса (показано крестиком) и осенне-зимних штормов сезона 1982/83 г., переместивших наносы к югу.

подведомственные НПО, дислоцированы соответственно в Гульрипшском, Кобулетском, Сухумском, Батумском, Гагрском и Потийском районах. На шесть региональных лабораторий режимных исследований научного подразделения НПО, расположенных в разных точках побережья, возложена ответственность за состояние отдельных закрепленных за ними пригородных регионов. Ими проводятся постоянные режимные наблюдения за береговой зоной. Меньшая часть научных работников занимается обобщением результатов работ периферийных лабораторий, усовершенствованием средств производства работ, тесно сотрудничает с научно-исследовательскими институтами и кафедрами вузов смежных профилей. Они, а также аппарат НПО, в хозяйственном отношении функционально

связанный с республиканскими органами, дислоцированы в Тбилиси. Так исключена вторая «болезнь», называемая местничеством.

Таким образом, впервые в СССР создана природоохранная организация, которая объединяет производственную (строительство гидротехнических сооружений, карьеров и т. п.), проектную и научную части. При этом наука играет главенствующую роль, т. е. в результате научных исследований выявляются закономерности развития природного объекта, определяются необходимые мероприятия и после их осуществления анализируются результаты. Исследования эти ведутся прежде всего географами, геоморфологами, океанологами, гидрологами, геофизиками.

За неполные три года существования

«Грузморберегозащиты» достигнуты существенные результаты в деле защиты берегов от размыва. В сентябре 1983 г. объединение информировало о своих планах и проделанной работе состоявшееся в Гагре выездное заседание Республиканского координационного совета по науке и научно-техническому прогрессу. На этом заседании выступил кандидат в члены Политбюро ЦК КПСС, первый секретарь ЦК Коммунистической партии Грузии товарищ Э. А. Шеварднадзе, в большой речи которого была дана не только высокая оценка деятельности НПО «Грузморберегозащита», но и высказаны чрезвычайно интересные и важные мысли об организации охраны и рационального использования природы. Поэтому мы считаем необходимым процитировать некоторые положения из этой речи<sup>2</sup>. Э. А. Шеварднадзе, в частности, сказал: «Одна из главных причин интенсивного размыва черноморских берегов — непродуманная активная хозяйственная деятельность...

Не секрет, что все послевоенное строительство городов, курортов, Черноморской железной дороги, автомагистралей и т. п. велось по существу за счет дешевого морского балласта. А ведь, как теперь подсчитано, каждые 150—200 тысяч кубометров балласта равнозначны одному километру широкого волногасящего пляжа.

Погоня за подобной сиюминутной, так сказать, экономией может просто погубить нас, товарищи. Надо уметь исходить из государственных интересов, из реальной, а не мнимой дешевизны».

Э. А. Шеварднадзе резко осудил практику урезания расходов на природоохранные мероприятия при проектировании и строительстве портов, гидроузлов, ирригационных систем, водохранилищ и т. п. — всего «что лежит за пределами ограниченного ведомственного кругозора. Узкий ведомственный подход — вторая причина, мешающая предотвращению размыва берегов Черного моря, препятствующая проведению комплексных мероприятий, без которых не может быть обеспечен должный эффект», — сказал далее Э. А. Шеварднадзе.

Примером такого узковедомственного подхода является строительство ИнгуриГЭС. Проектировщикам ГЭС вменено в обязанность исследовать размеры возможного вредного воздействия строительства

на окружающую среду и разработать мероприятия, в том числе и по защите морского берега. Однако, хотя станция уже построена, проектно-сметной документации по защите прибрежных территорий на 40-километровом участке Гудава — Анаклия — Хоби до сих пор нет. Этот участок питался наносами, выносимыми р. Ингури, и в настоящее время из-за резкого сокращения твердого стока ежегодно теряет 10—12 гектаров плодороднейшей земли.

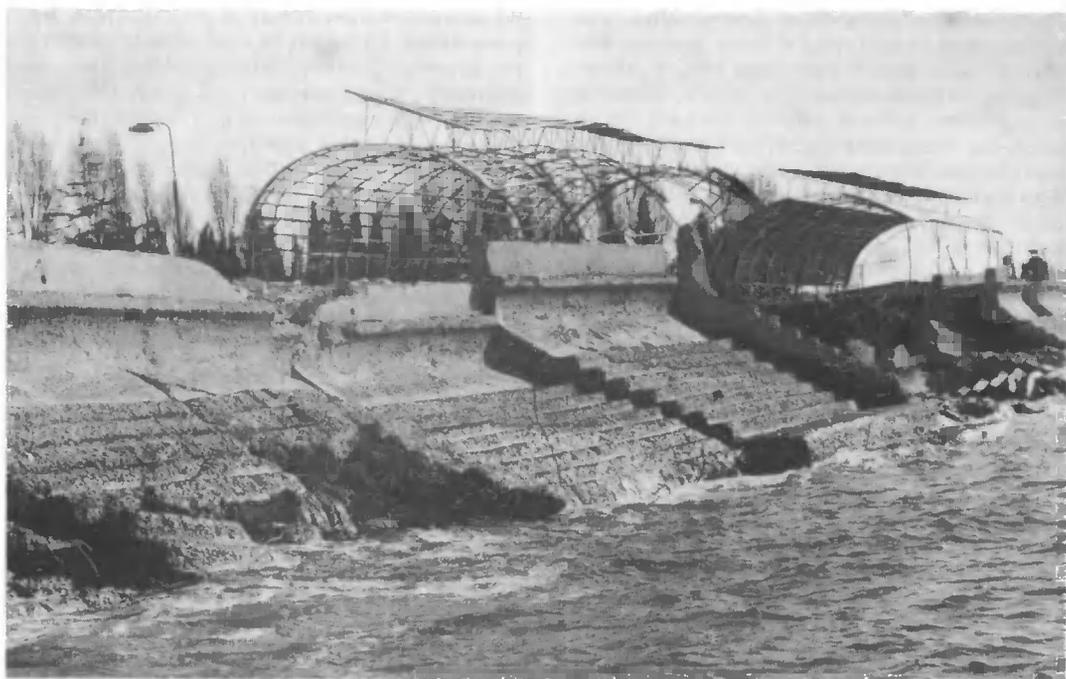
«Здесь пора сказать и о третьей весьма существенной причине, снижающей эффективность мероприятий по защите черноморских берегов», — отметил Э. А. Шеварднадзе, — о так называемом неспециализированном технократстве... Технократство проявлялось и в том, что вплоть до 1981 г. головными организациями, фактически определяющими политику в области защиты морских берегов, являлись учреждения не природоохранного, а инженерного профиля. Многие из них вообще по своей специализации были далеки от этих проблем и в лучшем случае усматривали их решение в унификации и модификации различных морских гидротехнических сооружений».

После 1981 г. начался принципиально новый этап в работе по защите Черноморского побережья от размыва, а возможно, и во всей нашей природоохранной деятельности. Новая организация НПО «Грузморберегозащита» в основу своей деятельности положила выполнение задачи по восстановлению саморегулирования взаимодействия моря и суши. Эта задача может быть достигнута путем искусственного сбалансирования приходной и расходной частей бюджета береговых наносов и резкого сокращения объемов строительства берегоукрепительных сооружений.

«Создание первого в стране научно-производственного объединения по охране берегов Черноморского побережья», — отметил Э. А. Шеварднадзе, — это и своего рода управленческий эксперимент в области защиты природной среды. Он позволяет одновременно сочетать отраслевые и территориальные интересы и интересы науки и производства...

Более того, это, можно сказать, первый прецедент такого партнерства науки с производством, при котором наука и морально, и материально, и административно руководит производством, диктует ему свои условия, что, конечно, закономерно. Наука в этом случае особенно убедительно проявляет себя как непосредственная производительная сила.

<sup>2</sup> «Заря Востока», 22 сентября 1983 г.



Аварийное состояние берега, защищенного подпорной стеной, в районе пансионата «Энергетик» (Гагра, январь. 1982 г.).

## УСПЕХИ НОВОЙ ПРОГРАММЫ

На основе исследований закономерностей динамики береговой зоны, проводившихся многие годы различными научными организациями, а также благодаря собственным дополнительным изысканиям, НПО «Грузморберегозащита» разработало долгосрочную программу полного восстановления и дальнейшей защиты побережья от размыва. По этой программе к 2000 г. необходимо осуществить комплекс крупных мероприятий общей стоимостью 276 млн руб. Определена рациональная очередность этих мероприятий. Основным принципом, заложенный в программу, — максимальное использование природных процессов, обуславливающих само регулирование и самозащиту природных систем. Вместо строительства дорогостоящих гидротехнических сооружений, нарушающих природные связи, — помощь природе в восстановлении и сохранении этих связей.

Программой предлагается на определенные участки побережья завести около 30 млн м<sup>3</sup> песка и гальки, т. е. вернуть на пляжи обломочный материал, который был изъят с 1940 по 1970 г. В 1983—1985 гг. в береговую зону будет загружено 7 млн м<sup>3</sup> материала, образующего пляж, что исклю-

Нельзя не отметить и еще один очень важный момент: впервые главенствующая роль в решении задач, связанных с охраной природы, отдана организации природоохранного профиля...

Именно природоохранительные научные подразделения, внедряя достижения смежных, а также инженерных наук, должны возглавлять политику природоохраны и природопользования».

В выступлении Э. А. Шеварднадзе было показано, что опыт организации НПО «Грузморберегозащита» следует использовать и в других направлениях, например, таких как охрана и реставрация памятников культуры и природы, использование богатейших минеральных и лечебных ресурсов Грузии и т. п.

Каковы же достижения новой политики охраны берегов на черноморском побережье?



Тот же участок в июне 1983 г. после энергичных отсыпок песчано-галечного материала.

чит к концу текущей пятилетки возможность возникновения аварийных ситуаций в районах локализации важных народнохозяйственных объектов.

Таким образом, предлагается создать искусственные волногасящие пляжи, регулировать режим береговой зоны, влияя на объемы находящегося в движении наносов. В начале статьи говорилось, что развитие береговой зоны определяется тремя факторами — энергетическим воздействием волн, уклонами подводного берегового склона и бюджетом наносов. Первые два фактора регулировать невозможно или почти невозможно, последний подвластен человеку. Если реки сократили вынос твердого стока в береговую зону, то обломочный материал может поставляться искусственно.

На побережье достаточно карьеров, где законсервирован обломочный мате-

риал, вынесенный реками в отдаленные геологические эпохи. Карьеры расположены далеко от береговой зоны и речных устьев и не влияют на современные геоморфологические процессы. Из них можно брать значительные объемы песчано-галечного материала и доставлять к берегу.

Совершенно нет необходимости разбрасывать этот материал по всему пляжу. Его следует разгружать в точках, где вдольбереговые потоки не насыщены и расположены ближе всего к источникам поступления материала. При штормах волны распределяют наносы и строят пляж по всему протяжению потока. Естественно, что при осуществлении этих мероприятий важно знать, в какие точки и сколько сгружать материала.

На первый взгляд, все это просто и само собой разумеется. Однако выработке программы и новой политики укрепления берегов предшествовали многие годы научно-исследовательской работы. Еще в довоенное время берега Черного моря начал исследовать известный географ В. П. Зенкович. Он первым выявил зоны потоков наносов на побережье, границы природных систем, общие закономерности динамики береговой зоны. Процессы трансформации волн, твердый сток рек, строение и динамика подводного склона, точный баланс наносов на отдельных участках и в целом на побережье и многие другие вопросы изучались в течение десятилетий специалистами Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР, Института географии АН СССР, географического факультета Московского государственного университета, Института географии им. Вахушти АН ГрузССР, Тбилисского государственного университета, различных геологических управлений и др. НПО «Грузморберегозащита» впитало в себя опыт всех этих организаций, взяло на вооружение все полученные результаты.

Уже с 1982 г. НПО «Грузморберегозащита» приступило к осуществлению работ по новой методике. На берег в районе Гагра — Пицунда было завезено 510 тыс. м<sup>3</sup> материала, образующего пляж. Несколько штормов в период 1982—1983 гг. распределили наносы вдоль берега, и сформировавшийся пляж не только защитил аварийные участки, но и резко улучшил состояние всего 22-километрового берега — от северной окраины Гагры до Пицундской сосновой рощи.

Изменения, произошедшие на защищенном участке, хорошо иллюстрируются повторными фотографиями, воспроизводимыми в этой статье. После осуществле-



Район устья р. Бзыбь, Пицундская сосновая роща. 1 декабря 1981 г. Здесь за 1976—1981 гг. была смыта 120-метровая полоса суши.

ния мероприятий в районе Гагры на участках, где пляжа не было, он восстановился. Сейчас пляж против пос. Старая Гагра достигает 35 м, у пансионата «Энергетик» — 40 м, близ устья р. Бзыбь — 70 м. Следует заметить, что эти пляжи будут нарастать, так как не весь засыпанный материал еще «освоен» волнами и перераспределен вдоль берега.

Подобные работы были произведены и на некоторых других участках, и всюду удалось ликвидировать аварийное состояние и насыпать пляжи (районы от р. Гумиста до Сухумского мыса, от р. Келасури до р. Маджарка). Интересное решение было предложено для ликвидации размыва берега к югу от Батуми.

Береговая полоса питалась здесь наносами за счет твердого стока р. Чорохи. От устья этой реки на север к Батуми прослеживался вдольбереговой поток наносов. Однако сравнительно недавно твердый сток

наносов стал перехватываться вершиной подводного каньона, подошедшей почти к самому урезу, что вызвало интенсивный размыв берега. Каньоны — глубокие, крутостенные долины, пересекающие шельф Черного моря на многих участках. Большинство из них не оказывают большого влияния на динамику берега. Но иногда, все больше и больше врезаюсь в дно, они своими вершинами достигают зоны, где перемещаются береговые наносы, и тогда последние по руслам каньонов безвозвратно уходят на большие глубины моря. Чорохский каньон — один из таких каньонов.

Для того чтобы избежать потерь наносов, нужно было как-то помешать их уходу в каньон. Было решено забирать обломочный материал из русла реки близ устья и перебрасывать его по трубопроводу на несколько километров к северу вне зоны влияния каньона. Там материал (около 150 тыс. м<sup>3</sup>) разгружается и поступает в береговую зону. Осуществив этот проект, НПО «Грузморберегозащита» восстановило поток наносов, идущих в сторону Батуми, — берег перестал размываться, пляжи стали нарастать.



Тот же участок 1 мая 1983 г. после первого этапа мероприятий по отсыпке песчано-галечного материала.

Таким образом, постепенно восстанавливая режим береговой зоны в пределах отдельных природных систем-районов, НПО «Грузморберегозащита» планирует к концу столетия полностью ликвидировать на побережье размывы, создать повсюду широкие пляжи, а где необходимо — намыть новую сушу.

После 2000 г. останется одна задача — сохранить постоянными расходную и приходную статьи бюджета наносов. Существовавший ранее объем выноса твердого стока рек восстановить невозможно, так как для этого пришлось бы разрушить все плотины на реках и уничтожить ирригационные сооружения. Необходимо будет восполнять потери, ежегодно искусственно подпитывая береговую зону пляжеобразующими наносами в объемах, ранее поступающих естественным путем и необходимых для сбалансирования статьи расхода и прихода наносов. Эти объемы опреде-

ляются периодическими режимными инструментальными исследованиями, производимыми после каждого шторма, сезона, года, и будут зависеть в основном от мощности паводков на реках, интенсивности волнения и наличия наносоградительных искусственных сооружений. Однако общий объем ежегодных подпиток для всего черноморского побережья Грузии, по расчетам НПО «Грузморберегозащита», не превысит 600—800 тыс. м<sup>3</sup> и позволит почти полностью отказаться от гидротехнических сооружений.

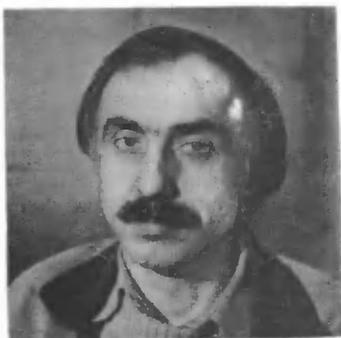
Опыт защиты берегов Грузии от размыва заслуживает, как нам кажется, внимательного изучения. Конечно, природные условия на берегах Западного Черноморья, Балтики, Дальнего Востока несколько иные, и не все методы, применяемые в Грузии, могут быть использованы на других побережьях. Но дело не только и не столько в отдельных методах, сколько в общем подходе, в общих научных и организационных принципах решения проблем, связанных с охраной и рациональным использованием природы морских берегов нашей страны.

## Вычислительная физика — новая область науки!

И. И. Мазин, Е. Г. Максимов



Игорь Ильич Мазин, кандидат физико-математических наук, сотрудник отдела теоретической физики им. И. Е. Тамма Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР. Область научных интересов — электронная теория металлов.



Евгений Григорьевич Максимов, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник того же отдела. Основные научные результаты относятся к физике твердого тела. Один из авторов книги: Проблемы высокотемпературной сверхпроводимости. М., 1977.

Человек, не будучи одяян благодетельной природой, получил свыше дар портновского искусства.

К. Прутков

Умеет ли машина мыслить? Последнее время этот вопрос почему-то никого особенно не тревожит. А ведь лет 25 назад он бурно обсуждался всеми без исключения средствами массовой информации. Дискуссии в газетах и журналах, передачи по радио и телевидению, фантастические романы («Бунт машин») — даже ученые активно участвовали в этой кампании. Наверное, если бы остановить на улице прохожего в те славные годы, когда замыс-

ловатая аббревиатура «БЭСМ» звучала едва ли не романтичнее слова «Байконур», и спросить его: «Как повлияют ЭВМ на наш мир в ближайшем будущем?» — мы бы услышали, что вскоре ЭВМ преобразят всю нашу жизнь, и в первую очередь науку. Вообще люди, далекие от науки, где-то подсудно полагали, что ученые выдумали ЭВМ, чтобы те работали за них. Во всяком случае, в возможности вычислительной техники верили необыкновенно. А особых ос-

нований для этого, в общем-то, не было. Даже трудно представить себе, какие примитивные устройства в то время носили название ЭВМ — сейчас обычный карманный калькулятор обладает практически теми же возможностями, предоставляя при этом куда больше сервиса пользователю.

Постепенно шумиха вокруг «мыслящих машин» улеглась, а компьютеры тем временем стали входить в нашу жизнь, хотя и не совсем с той стороны, откуда ожидалось. Соответственно изменилось и обиходное представление обо всей «этой электронике». Характерно высказывание на эту тему известного американского физика Д. Хаманна: «В глазах среднего американца сегодня компьютер превратился из неизвестно где находящегося источника ошибок в банковских счетах в надежного домашнего помощника». В этой фразе зашифрованы, пожалуй, основные области применения ЭВМ в современном мире: коммерция, бытовая техника, а самое главное — обработка информации. Да, как ни странно, несмотря на название, ЭВМ не есть в первую очередь машины для вычислений. Действительно, главное их достоинство — способность быстро и качественно выполнять рутинную умственную работу. А самый рутинный умственный труд, который в наше время отнимает массу сил и времени, — это, безусловно, обработка информации (численной, буквенной, графической — любой)<sup>1</sup>. И именно поэтому, а вовсе не оттого, что наука сделала колоссальный скачок с появлением ЭВМ, наше время, пожалуй, можно назвать эпохой компьютеров, совершивших подлинную революцию в жизни общества.

А что же наука? Воспользовалась ли она своим замечательным достижением — вычислительной техникой? В меньшей степени, чем многие другие области человеческой деятельности, но воспользовалась. И, по-видимому, как раз сейчас «компьютеризация», наконец, в широких масштабах охватывает и науку (в первую очередь касается это автоматизации рутинной интеллектуальной деятельности). Думается, по двум причинам этот процесс в науке так задержался: во-первых, наука,

несмотря на все наше уважение к ней, все-таки не основная форма человеческой деятельности, и поэтому эффект от применения компьютеров, скажем, в физике не так велик с точки зрения общества, как быстрая и ощутимая практическая отдача ЭВМ в сфере производства и в экономике.

Во-вторых, даже самая рутинная научная деятельность далеко не столь однородна, как, например, банковское дело или продажа авиационных билетов. Вообще говоря, можно выделить два вида явно рутинной деятельности в естественных науках: сбор и первичная обработка экспериментальных данных и, конечно, громоздкие вычисления<sup>2</sup>. Поэтому первое и наиболее широкое использование компьютеров в науке (и в частности, в близкой сердцам авторов физике) относится именно к этим двум областям.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Если три каменщика строят дом за месяц, сколько нужно каменщиков, чтобы построить такой же дом за день?  
Из школьного задачника

Ответ прост — 90 каменщиков. Непонятно только, куда их девать, чтобы они не наступали друг другу на пятки. Да и где взять 90 каменщиков, тоже неясно.

А вот другая задача. В современном эксперименте, как правило, измеряется зависимость одной величины от другой. Если она достаточно сложна, желательно иметь порядка тысячи точек. Чтобы ошибки были невелики, следует набрать хорошую статистику, т. е. в каждой из точек провести сотни измерений. Ну и, наконец, «подгонка» экспериментальной аппаратуры, изменение условий эксперимента и т. п. могут привести к тому, что эксперимент придется повторить десятки раз. Если допустить, что снятие каждой точки, запись ее в лабораторный журнал и первичная обработка занимают всего минуту, то такой эксперимент продлится тысячи дней, т. е. несколько лет. Числа, возможно, не слишком точны, но весьма красноречивы и объясняют первую причину для включения ЭВМ в процесс эксперимента.

<sup>1</sup> В этом смысле название ЭВМ во французском языке — *ordinateur* (буквально — упорядочивающий, следящий за порядком) — лучше отвечает современным представлениям, чем соответствующие названия в русском, английском (*computer*) или немецком (*Rechner*) языках.

<sup>2</sup> Имеются в виду не только численные расчеты типа решения конкретных уравнений, но и рутинные аналитические вычисления, выкладки и т. д.

С другой стороны, исследуемый процесс может протекать так быстро, что снять необходимое число точек просто невозможно, даже если пользоваться быстропечатающим механизмом или перфоратором<sup>3</sup>. В таких случаях данные вводятся, как правило, непосредственно в память ЭВМ.

Наконец, третий случай имеет место, например, в экспериментах по управляемому термоядерному синтезу: в них требуется как можно дольше удерживать плазму магнитным полем, а для этого нужно моментально реагировать на малейшие изменения ее конфигурации соответствующим варьированием магнитного поля (подобно тому как канатоходец балансирует шестом). Задачи такого типа включают в себя сбор данных, немедленную их обработку (подчас весьма сложную) и выдачу управляющего сигнала.

Ограничившись этим кратким перечнем простых примеров, мы не станем подробнее останавливаться на автоматизации эксперимента, тем более, что авторы никоим образом не считают себя специалистами в этой области<sup>4</sup>.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ

— Сколько будет  $1+1+1+1+1+1+1+1+1+1$ ?

— Я не знаю, — ответила Алиса. — Я сбилась со счета.

Л. Кэрролл. Алиса в Зазеркалье

Наиболее просто использовать ЭВМ в качестве большого арифмометра. Действительно, ситуаций, в которых при решении задачи получается что-то вроде интеграла от комбинации специальных функ-

ций, сколько угодно<sup>5</sup>. Асимптотические и другие аналитические методы не всегда позволяют разобраться в том, как ведет себя решение в интересующей нас области изменения параметров. Тут и приходит на помощь ЭВМ. Она «решит» дифференциальное уравнение, «возьмет» интеграл, «построит» графики, сечения и т. д. Как и любой другой инструмент, компьютер в данном случае экономит время и силы исследователя, но принципиально не меняет характер исследования.

Несколько менее тривиальный пример — применение ЭВМ для аналитических вычислений. Они предназначены в основном для автоматизации преобразований буквенных выражений.

Вообще говоря, принципиальной разницы между этими двумя способами использования ЭВМ нет — «гонять» на машине громоздкие выражения — такая же «тупая» работа, как, скажем, вычисление числа  $\pi$  до тысячного знака после запятой (кстати, выбор способа этого вычисления — уже значительно более «интеллектуальная» задача). Можно привести любопытный пример применения ЭВМ для аналитических расчетов. В начале 70-х годов, когда появились первые развитые системы для аналитических вычислений, группа американских астрофизиков занялась расчетом устойчивости вращающихся звезд с учетом различных тонких эффектов общей теории относительности. Ясная в физическом плане задача была решена с помощью системы аналитических вычислений. Интересно, что известный физик, лауреат Нобелевской премии 1983 г., С. Чандрасекар решил без ЭВМ ту же задачу быстрее: его результат был опубликован на месяц раньше! Однако это только подтверждает сказанное: вряд ли ученому такой квалификации стоит тратить несколько месяцев на вывод результата, который можно получить на машине, пользуясь более или менее стандартной методикой, пусть даже за несколько больший срок. Здесь, кстати, уместно заметить, что аналитический ответ — не самоцель, и отнюдь не всегда следует стремиться обязательно получить результат в аналитическом виде. В самом деле,

<sup>3</sup> Например, фазовые переходы иногда происходят за столь малые промежутки времени, что исследовать их кинетику непросто. Другой пример — физика высоких энергий; интервалы между отдельными событиями, подлежащими регистрации в эксперименте, подчас меньше микросекунды. Кстати, в физике высоких энергий уже сегодня ЭВМ — не просто подспорье, а абсолютно необходимая часть экспериментов — без ЭВМ многие из них нельзя было бы не только обработать, но и провести.

<sup>4</sup> Подробнее об автоматизации эксперимента см., напр.: Маталин-Слущкий Л. А., Колпак в И. Ф. Автоматизированные системы научных исследований и аппаратура КАМАК. — Природа, 1984, № 2, с. 79.

<sup>5</sup> Специальными обычно называют функции, которые нельзя представить в виде конечной комбинации знакомых нам со школьной скамьи элементарных функций: многочленов, а также рациональных, показательных, логарифмических, тригонометрических и обратных тригонометрических функций.

не составляет особого труда убедиться, например, в том, что

$$\int_0^1 \frac{dx}{1+x} = \frac{1}{4\sqrt{2}} \ln \frac{x^2+x\sqrt{2}+1}{x^2-x\sqrt{2}+1} + \frac{1}{2\sqrt{2}} \times \\ \times \operatorname{arctg} \frac{x\sqrt{2}}{1-x^2},$$

но часто для анализа этой функции левая часть равенства удобнее правой.

Так что же такое вычислительная физика? Экспериментальная физика, связанная с применением ЭВМ? Нет, как нет «вольтметровой» или «самописцевой» физики<sup>6</sup>. Теоретическая физика также, вообще говоря, осталась той же. Простая замена арифмометра и логарифмической линейки на ЭВМ еще не способна создать новой отрасли науки. На поставленный вопрос мы попробуем ответить в следующих разделах.

#### ГДЕ НАЧИНАЕТСЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА?

— Где начинается полиция и где кончается Бенья?

— Полиция кончается там, где начинается Бенья, — отвечали резонные люди. И. Бабель. Одесские рассказы

Интересно, смогли бы «резонные люди» сказать, где кончается экспериментальная физика и начинается теоретическая или где кончаются они обе и начинается физика вычислительная? Что же касается научных работников, то они вряд ли станут утверждать, что теоретическая физика начинается там, где кончается экспериментальная, и наоборот. Иными словами, как правило, окончательный результат работы «чистого теоретика» — вовсе не число или зависимость, прямо проверяемые опытным путем, а экспериментатор непосредственно измеряет отнюдь не те величины, которые он приводит в статье в виде графиков или таблицы и свойства которых он обсуждает с теоретиками.

Характерный пример — сверхпроводимость. Открытое еще в 1911 г., это

явление почти полвека казалось совершенно таинственным, пока в 1957 г. не появилась знаменитая работа Дж. Бардина, Л. Купера и Дж. Шриффера, из которой следовало, что при достаточно низких температурах электроны способны притягиваться друг к другу за счет взаимодействия с колебаниями кристаллической решетки — фононами, благодаря чему и возникает сверхпроводимость. В этой работе приведена известная формула для температуры перехода вещества в сверхпроводящее состояние:

$$T_c = \Theta \cdot e^{-1/\lambda} \quad (1)$$

где  $\Theta$  — дебаевская температура, характеризующая частоту колебаний кристаллической решетки, а  $\lambda$  — так называемая константа электрон-фононного взаимодействия<sup>8</sup>. В модели Бардина, Купера, Шриффера  $\lambda = N(E_F) \cdot g$ , где  $N(E_F)$  — плотность электронных состояний (иными словами, число электронов) на поверхности Ферми<sup>9</sup>, а  $g$  — неизвестная постоянная, определяемая силой взаимодействия между электронами и фононами. Значения  $N(E_F)$ , так же как и  $\Theta$ , находятся из независимых экспериментов. В частности, доказано, что при очень низких температурах  $T$  теплоемкость металлов  $\approx \gamma T$ , а коэффициент пропорциональности  $\gamma$  фактически представляет собой плотность состояний<sup>10</sup>.

Впоследствии удалось получить более точные уравнения, однако общий характер зависимости  $T_c$  от  $\lambda$  сохранялся и в них. Долгое время считали твердо установленным, что  $\lambda \approx N(E_F)$ , т. е. металлы с большим значением  $\gamma$  являются хорошими сверхпроводниками. Действительно, во многих случаях так оно и есть (мы скажем далее о некоторых исключениях). Слабым местом теории оставалась величина  $g$  — простых выражений для нее не было, не

просят прощения у читателя за некоторые подробности. Без них, однако, трудно пояснить, как решаются задачи вычислительной физики.

<sup>6</sup> Величину  $\Theta$  определяют, измеряя теплоемкость вещества при высоких температурах. Об электрон-фононном взаимодействии см., напр.: Веркин Б. И. Микроконтактная спектроскопия металлов и сплавов. — Природа, 1983, № 10, с. 18.

<sup>9</sup> Поверхность Ферми  $E_F(\vec{p})$  — граница области возможных значений энергии в системе электронов, величина импульса  $\vec{p}$  которых ограничена условием  $p < p_F$ . Подробнее об этом см.: Каганов М. И. Электроны на поверхности Ферми. — Природа, 1981, № 8, с. 20.

<sup>10</sup> Точнее,  $\gamma = \frac{\pi^2}{3} k^2 N(E_F)$ , где  $k$  — постоянная Больцмана.

<sup>6</sup> Другое дело, что в современном эксперименте ЭВМ употребляются все шире, а в некоторых областях науки, например в уже упоминавшейся физике высоких энергий, само проведение эксперимента без ЭВМ просто немислимо.

<sup>7</sup> Здесь и ниже будут использоваться конкретные примеры из области научных интересов авторов, которые в этой связи заранее

знали даже, зависит ли она сама, например, от  $N(E_F)$ . Наконец, в 1972 г. для  $g$  вывели полезную формулу. Чтобы осмыслить ее, придется углубиться еще немного в электронную теорию металлов.

В атоме, как известно, электроны могут находиться в разных энергетических состояниях (как говорят, на разных орбитах или уровнях), каждое из которых характеризуется определенной симметрией распределения заряда относительно ядра. Эти состояния принято классифицировать в соответствии с возможными значениями орбитального момента количества движения  $l=0, 1, 2, 3 \dots$  и обозначать латинскими буквами:  $s, p, d, f \dots$ . Например, в атомах переходных металлов ( $Mo, Nb, V$  и т. д.) имеются лишь  $s$ -,  $p$ - и  $d$ -электроны. В твердом теле представление об  $s$ -,  $p$ -,  $d$ -электронах сохраняет свой смысл, причем их количество, характеризуемое числом электронов с данным значением  $l$  на уровне Ферми, или парциальной плотностью состояний  $N_l(E_F)$ , остается примерно таким же, как и в атоме (больше всего  $d$ -электронов, а  $p$ - и  $s$ -электронов — поменьше). В отличие от атомов, в кристалле всегда есть также  $f$ -электроны, но их очень мало.

Так вот, упомянутая формула имеет вид:

$$g \approx \sum_L (L+1) \cdot V_L \cdot \frac{N_L(E_F)}{N(E_F)} \cdot \frac{N_{L+1}(E_F)}{N(E_F)}, \quad (2)$$

где  $V_L$  — величины, известным образом зависящие от волновых функций электронов. Поскольку, как уже отмечалось, из всех величин  $N_L(E_F)$  наибольшей является  $N_d(E_F)$ , а наименьшей —  $N_f(E_F)$ , казалось бы, естественно считать (так долгое время и делали), что

$$g \approx V_p \cdot \frac{N_p(E_F)}{N(E_F)} \cdot \frac{N_d(E_F)}{N(E_F)}, \quad (3)$$

а так как  $N_d(E_F)$  по порядку величины равна  $N(E_F)$ , то

$$g \approx V_p \cdot N_p(E_F) / N(E_F) \quad (4)$$

и, стало быть,  $\lambda \approx V_p \cdot N_p(E_F)$ . Но число  $p$ -электронов во всех переходных металлах примерно одинаково, следовательно, мнение о том, что  $\lambda$  пропорционально  $N(E_F)$ , представлялось решительно опровергнутым и тем не менее в большинстве случаев подтверждалось экспериментальной. В чем же дело?

В этом месте мы позволим себе небольшое отступление. На первый взгляд, задача, вроде бы, решена — выяснена физическая природа сверхпроводимости. Найдены уравнения, связывающие наблю-

даемые величины с микроскопическими характеристиками системы — волновыми функциями и энергиями электронов, а также потенциалом кристаллической решетки и т. д. (через них выражаются все параметры уравнений). Чего же не хватает?

Дело в том, что понять, какие законы природы лежат в основе физического явления, еще недостаточно для того, чтобы правильно описать его. Действительно, все происходящее в кристалле подчиняется уравнению Шредингера, записать которое совсем несложно. Но вот решить его и найти те самые микроскопические характеристики, которые входят, например, в уравнения теории сверхпроводимости, уже очень и очень трудно. Собственно говоря, решить уравнение Шредингера для  $10^{23}$  частиц — а в куске металла примерно столько электронов — просто невозможно. Поэтому, прежде чем браться за такую задачу, задаются физической моделью, которая должна удовлетворять двум основным требованиям: быть, по возможности, «ближе к жизни» и в то же время как можно проще, причем эта «простота» определяется тем, какой сложности модель способна «переварить» имеющиеся в нашем распоряжении методы. Так, без ЭВМ удастся рассмотреть только простейшие модели, например модель свободных электронов, которые лишь в редких случаях способны описать такой сложный объект, как переходный металл.

Именно поэтому особое значение приобретают сегодня численные методы исследований. В частности, в этой задаче, введя некоторые разумные приближения, удастся построить такую модель твердого тела, в которой волновые функции и собственные энергии электронов довольно сложным, но известным образом зависят от потенциала кристалла, а сам потенциал, в свою очередь, определяется по волновым функциям и энергиям электронов. Решая такую задачу методом последовательных приближений до полного самосогласования, можно найти все необходимые микроскопические величины. Подобная программа, конечно, не выполняется аналитически, но зато она соответствует вполне реалистической модели, полученной «из первых принципов»<sup>11</sup>.

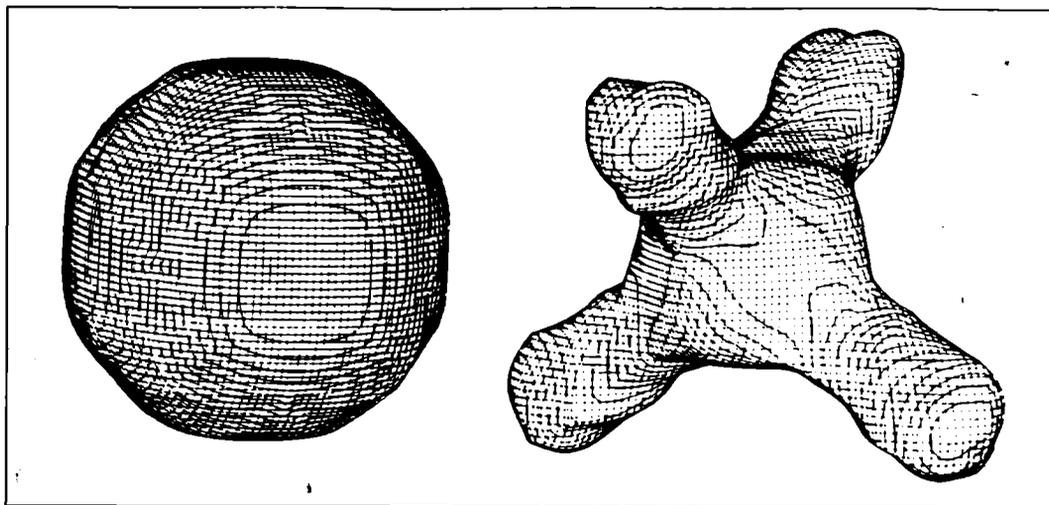
<sup>11</sup> В физике принято говорить о теоретической модели или расчете, не использующих экспериментальную информацию, т. е. основанных только на общих физических законах, как о построенных «из первых принципов».

После того как указанную программу осуществили для большинства переходных металлов, выяснилось (предположить это заранее было совершенно невозможно), что основной вклад в формулу (2) вносит не второй член, а третий. Неожиданно величина  $V_d$  оказалась намного больше, чем  $V_p$ , что не следовало ни из каких простых моделей. Поэтому, на самом деле,  $g \approx V_d \cdot N_f(E_F) / N(E_F)$ . А число  $f$ -электронов невелико, и, в отличие от  $p$ -электронов, как правило, составляет вполне оп-

состоянии также указать, когда существующая между  $T_c$  и  $\gamma$  корреляция нарушается и почему<sup>12</sup>.

Конечно, подобные рассуждения правомерны только в тех случаях, когда произведен полный расчет и получен результат, который можно сравнить с данными эксперимента.

Таким образом, главное, что дает вычислительная физика, — это возможность «заглянуть» с помощью ЭВМ в любой этап расчета и понять, почему одни и те



Построенные на ЭВМ поверхности Ферми  $E_f(\vec{r})$  для электронов и дырок в европии. Экспериментов, позволяющих непосредственно определять форму поверхности Ферми, не существует. Опытным путем удается лишь находить отдельные ее параметры, например площади экстремальных сечений. Поэтому для построения поверхности Ферми проводят полный расчет зонной структуры кристалла, затем слегка изменяют параметры этого расчета [обычно потенциал кристаллической решетки] так, чтобы характеристики теоретически рассчитанной поверхности совпали бы с экспериментальными.

с

ределенную долю от полного числа электронов, так что  $g$  в первом приближении от  $N(E_F)$  вообще не зависит, а константа  $\lambda$  все-таки остается пропорциональной  $N(E_F)$ . Итак, круг замкнулся, и мы вернулись, вроде бы, к прежнему результату, но на значительно более высоком уровне понимания. Вместо ничем не оправданного предположения, что величина  $g$  (про которую толком ничего не известно) не зависит от  $N(E_F)$ , мы имеем доказательство этого. Более того, мы в

же исходные уравнения приводят к различным результатам.

Описанный подход можно условно назвать теоретической вычислительной физикой. Теоретической потому, что, как и в обычной теоретической физике, здесь от начала и до конца используется некоторая (достаточно сложная) математическая модель исследуемого явления, выражаемая уравнениями, связывающими микро- и макроскопические величины. Наряду с расчетами такого типа сейчас все большее распространение получает также другой подход, называемый по-разному: численным экспериментом, машинным моделированием, имитацией.

<sup>12</sup> Это происходит, например, в начале 4-го периода таблицы Менделеева (иттрий, цирконий). Правда, чтобы объяснить это нарушение, требуется значительно более тонкий анализ формулы (2), выходящий за рамки нашей статьи. Скажем лишь, что и этот интересный вопрос решен вычислительной физикой.

## ДРУГАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Во всех частях земного шара имеются свои, даже иногда очень любопытные другие части.

К. Прутков

Идею этого подхода мы проиллюстрируем высказыванием о машинном моделировании известного английского физика Ф. Хейне:

«То, что я называю компьютерным экспериментом, имеет, на мой взгляд, чрезвычайное значение. Краеугольным камнем научного подхода является создание в эксперименте управляемой ситуации, позволяющей сконцентрироваться на одних явлениях и исключить другие. Так, если мы собираемся провести научное исследование процесса коррозии, то мы не выбрасываем за окно кусок железа, чтобы посмотреть, что с ним будет, но выращиваем монокристалл с тщательно подготовленной поверхностью в ультравысоком вакууме, чтобы избежать всяких неконтролируемых загрязнений. Отсюда всего один шаг до того, чтобы «построить» кристалл железа на ЭВМ и следить с ее помощью за тем, как он взаимодействует с молекулой кислорода»<sup>13</sup>.

Приведенный Ф. Хейне пример — лишь один из большого числа случаев применения в научных исследованиях особого метода вычислительной физики — машинного моделирования. В большинстве своем расчеты методом машинного моделирования можно отнести к одному из трех типов.

Первый из них объединяет численные эксперименты, основанные, скажем, на решении систем нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих течение жидкости в гидродинамике, а также поведение функции распределения частиц в физике термоядерной плазмы или астрофизике.

Эксперименты второго типа, которые обычно носят название молекулярной динамики, состоят в исследовании динамических и структурных свойств систем из большого числа частиц, взаимодействующих по

известному закону. Решая с помощью ЭВМ для таких систем уравнение Ньютона, Шредингера или Эйнштейна (если речь идет об астрофизических приложениях), определяют все их свойства, как одночастичные, так и многочастичные.

Третий тип численных экспериментов основан на использовании метода статистических испытаний, именуемого также методом Монте-Карло. При этом изменение системы со временем задается случайными «блужданиями» в конфигурационном пространстве (пространстве координат и импульсов частиц). Конечный же результат получается после усреднения большого количества случайных величин.

В последнее время много новых результатов и даже явлений открыто на ЭВМ с использованием указанных методов. В частности, такие быстро развивающиеся направления, как теория турбулентности, стохастизация (переход динамических систем, управляемых обратимыми по времени законами динамики, к необратимому хаосу), метод масштабной инвариантности в теории фазовых переходов и т. п., своим рождением в большой степени обязаны компьютерам. Уже не одна крупная премия по физике (включая и Нобелевскую) присуждена за решение вопросов и объяснение явлений, впервые обнаруженных в экспериментах на компьютере!

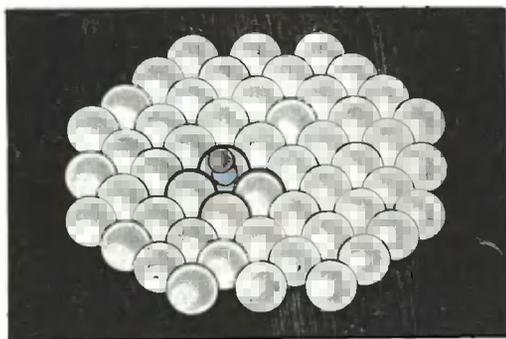
Теперь, пожалуй, можно снять знак вопроса, вынесенный в заглавие нашей статьи. Вычислительная физика господствует, так сказать, на нейтральной полосе между экспериментом и теорией. Таким образом, если раньше физика представлялась своего рода «палкой о двух концах» — теория и эксперимент, то теперь к ним прибавился третий (или, если угодно, середина) — вычислительная физика, соединяющая чистую теорию и эксперимент, причем подчас настолько тесно, что может показаться ненужной автономность всех этих разделов. (Подобный вывод, конечно, абсолютно неверен.)

Бурное развитие вычислительной физики, в самом деле, оказывает и уже оказало существенное влияние и на экспериментальную, и на теоретическую физику. Возможность проведения на ЭВМ «чистых» экспериментов в различных областях физики, действительно, иногда делает ненужным проведение аналогичных, но «грязных» экспериментов на реальных установках. И вообще при планировании любого типа экспериментов всегда надо иметь в виду возможности, пре-

<sup>13</sup> Подробно методы моделирования свойств кристаллов и, в частности, возникающих в них дефектов под действием, правда, не окисления, а радиационного облучения описаны в статье: Орлов А. Н., Трушин Ю. В. Моделирование на ЭВМ радиационных дефектов и процессов в кристаллах. — Природа, 1983, № 10. с. 34.

доставляемые вычислительной физикой. Что же касается теоретических исследований, то в них тоже заметно (хотя до сих пор и не в полной мере) влияние вычислительных методов. В наши дни уже несерьезно выглядит использование различного рода примитивных моделей для объяснения количественных эффектов, таких как структурные превращения, процессы в сильно взаимодействующих жидкостях и т. п.

Однако вычислительная физика не в состоянии, конечно, заменить собой ис-



Диссоциация молекулы окиси азота на поверхности платины. Этот процесс моделировался методом молекулярной динамики, а отдельные его этапы снимались на киноплёнку с цветного графического дисплея в Отделе физики поверхности фирмы «Белл лабораториз» (США). Четыре выделенных атома платины образуют «активную зону» поверхности для данной молекулы. Малыми кружками (темным и цветным) изображены атомы азота и кислорода.

тинный эксперимент и настоящую теорию. Любое исследование на ЭВМ процессов излучения абсолютно черного тела не может привести к открытию планковского распределения, если предварительно в машину не ввести законы квантовой механики. Точно так же постоянство скорости света само по себе не возникнет в машинных экспериментах, если не использовать при этом законов теории относительности. Иными словами, что в ЭВМ заложить, то и получишь<sup>14</sup>. В то же время ЭВМ помогают извлечь такую информацию из заложенных в них общих законов и уравнений, которую без них нам, пожалуй, никогда бы не удалось обнаружить. Они позволяют проверить такие следствия сформулированных в теории

предпосылок, какие зачастую в принципе нельзя проверить в реальной жизни. Яркий пример подобного рода — область, которую можно назвать вычислительной космологией (численное моделирование эволюции Вселенной, в частности динамики галактик). Тут уж повторить натуральный эксперимент не под силу никому, кроме господ бога! ЭВМ же дает возможность человеку почувствовать себя творцом Вселенной. Захватывающая перспектива!

## ПИРОГИ И ПЫШКИ — СИНЯКИ И ШИШКИ

Вред или польза действия обуславливаются совокупностью обстоятельств.  
К. Прутков

В любом деле есть свои плюсы и минусы. Герой романа Дж. Хеллера «Уловка 22» в своем дневнике имел 2 раздела: в один — «пирог и пышки» — он заносил все удачи и радости, в другой — «синяки и шишки» — огорчения и удары судьбы. Попробуем и мы, оставив на время «пирог и пышки», сказать несколько слов о «синяках и шишках», свойственных вычислительной физике. Не станем здесь касаться материального обеспечения вычислительной физики — ЭВМ, операционных систем и т. п., а поговорим лишь о вещах, связанных с определенными психологическими факторами, в том числе: отношением к вычислительной физике со стороны физической общности, принятым стилем работы и публикаций, а также составом «вычислительных физиков».

Как известно, «новые сапоги всегда жмут». Так и к вычислительной физике до сих пор многие относятся с некоторым недоверием, считая ее не вполне respectable деятельностью, отчасти несерьезной, отчасти бесполезной. Наиболее огорчительно то, что такое отношение подчас сказывается, например, на политике крупных научных журналов, на отборе материалов для конференций широкого профиля и т. п.<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Надо отметить, что в разных разделах физики ситуация в этом смысле сильно отличается: так, в физике высоких энергий «уважение» к ЭВМ и осознание необходимости деятельности, которую можно отнести к вычислительной физике, уже повсеместно стало нормой, в то время как другие области, к сожалению, значительно отстали в таком развитии.

<sup>14</sup> На жаргоне программистов это называется принципом GIGO (garbage in — garbage out, т. е. «чепуху заложить — чепуху получишь»).

В оправдание сторонников подобно-го, в известной мере пренебрежительного, отношения к вычислительной физике следует заметить, что периодически появляются работы, единственный результат которых — расчет наблюдаемых величин и сравнение их с данными эксперимента. Ценность их и в самом деле невелика, так как, по словам того же Ф. Хейне, «совпадение в этом случае доказывает лишь, что и теоретик, и экспериментатор, и господь бог верят в одно и то же уравнение Шредингера».

Учитывая определенную тенденциозность общественного мнения, многие специалисты по вычислительной физике стараются уделять в статьях как можно меньше места описанию собственно расчета, «упирая» в основном на физический смысл результатов. Последнее, несомненно, самое главное, однако любая научная статья должна давать информацию не только о результатах, но и том, как они получены. Действительно, если не говорить о кратких предварительных сообщениях, то, скажем, в теоретической статье всегда излагаются, по крайней мере в приложении, необходимые выкладки, так что читатель при желании может повторить их, в экспериментальной — описывается установка, исходные материалы, способ приготовления образцов, методика измерений и т. д. В статьях же по вычислительной физике довольно часто опускается не только сколько-нибудь подробное описание алгоритма, но и такие важные характеристики, как, например, шаг сетки, число точек, по которым производится усреднение, точность самосогласования или степень сходимости в итерационных процедурах и т. п. А ведь эти детали определяют достоверность полученных результатов в еще большей степени, чем чистота образца в эксперименте! Нельзя не упомянуть в связи с этим и о практически полном отсутствии специализированных журналов по вычислительной физике (в отличие от вычислительной математики и математической физики).

Отметим также, что если по духу своему вычислительная физика все-таки ближе к теоретической, то характер работы «вычислительной физика» во многом сродни работе экспериментаторов: во-первых, четкое выделение этапа создания пакета программ<sup>16</sup> и этапа получения

и анализа результатов; во-вторых, более коллективный стиль работы — современное программирование вообще процесс коллективный; в-третьих, известная зависимость от внешних факторов (обеспеченность машинным временем, наличие в библиотеке определенных математических программ и т. д.; аналогичным образом экспериментатору приходится «добывать» то приборы, то детали, то материалы...). Подобная двойственность и противоречивость деятельности также приводят к некоторым трудностям.

Впрочем, все эти психологические трудности представляют собой «болезни роста» и, несомненно, постепенно исчезнут. Есть еще один аспект, относящийся к синякам и шишкам: в программировании в последнее время происходит качественный скачок, своего рода революция, которая еще не завершена. Это сопровождается увеличением производительности труда программиста во много раз и вызвало, по-существу, создание целой новой науки — computer science (наука о компьютерах) и новой специальности — computer scientist.

Computer scientist — это не программист, не математик и не специалист по научному программированию (теории программ). В компетенции computer scientist входит все, что касается взаимодействия человека и ЭВМ. Наука эта занимается и алгоритмическими языками, и самими алгоритмами, и вопросами проектирования и отладки программ. Одно из наиболее весомых ее достижений — так называемый структурный подход к программированию. Аспекты этого подхода разнообразны — он затрагивает не только принципы составления, но и, что очень важно, отладки и проверки программ, а также рационального взаимодействия между людьми, работающими над комплексом программ<sup>17</sup>. Достаточно сказать, что первый опыт систематического применения структурного подхода (разработка программного обеспечения издания англ.

---

столкнуться с точкой зрения, согласно которой структурный подход — это не технология программирования, а своего рода форма мировоззрения. Если же говорить серьезно, то строгого определения этого понятия нет, но суть его довольно точно отражается набором требований к стилю программирования (включающего проектирование, составление, отладку и тестирование программ) и структуре программ. Подробнее об этом см., напр.: Йодан Э. Структурное проектирование и конструирование программ. М., 1979.

<sup>16</sup>Который, как и создание новой экспериментальной установки, занимает около года, а то и больше.

<sup>17</sup>Одному из авторов пришлось даже как-то

лийской газеты «Таймс» в 1973 г.) показал, что эффективность труда программистов выросла во много раз! В наши дни профессиональному программисту совершенно необходимо владеть методами структурного программирования.

Однако научное программирование все еще заметно отстает от коммерческого или системного. Так, ежегодно выходят десятки книг (из них не менее 10 переводятся на русский язык), посвященных структурному программированию, но все они рассчитаны главным образом на коммерческих или системных профессиональных программистов. А физиком, несомненно, должны заниматься физики, и к вычислительной физике это относится в ничуть не меньшей степени. В то же время у физиков, занимающихся вычислениями на ЭВМ, в среднем квалификация программистов оставляет желать лучшего. Кроме того, программирование в науке имеет свои особенности, существенно отличающие его, например, от коммерческого. Действительно, отладка программы для обработки банковских счетов может быть очень сложной, но ее результат однозначен: либо программа верна и счета правильные, либо содержит ошибку. Если же программа, написанная для решения физической задачи, дает неправильный ответ, это еще не значит, что неверна программа, — может оказаться неадекватной лежащая в ее основе физическая модель. В этом смысле отладка программ в вычислительной физике весьма специфична.

Наконец, отсутствие должной «культуры программирования» приводит к тому, что обмен программами среди физиков крайне затруднен — порой даже сам автор не в состоянии разобраться в программе, не говоря уже об остальных. Коммерческие или системные программы — такой же предмет обмена, как, скажем, у физиков приборы, поэтому на «рынке программ» подобная ситуация исключена. Ну, а у физиков (по крайней мере в нашей стране (вообще нет подобного «рынка», так что о широком обмене научными программами говорить пока не приходится).

Безусловно, эти «синяки и шишки» заживут со временем. Важно лишь, чтобы освоение этой области науки, находящейся на стыке различных дисциплин, велось именно физиками. Стало быть, не программистам надо учиться физике, а физикам — программированию. Ведь если каждый физик сегодня должен уметь обращаться

с ЭВМ, как раньше — с логарифмической линейкой, то «вычислительный физик» обязан владеть этим инструментом на качественно более высоком уровне.

Конечно, в краткой статье трудно охватить все аспекты вычислительной физики и применения ЭВМ в физических исследованиях. Хочется верить, однако, что «дать представление о ее целях, возможностях и методах авторам хотя бы отчасти удалось (о некоторых примерах использования ЭВМ в физических расчетах в «Природе» писали и раньше<sup>18</sup>).

Нравится нам это или нет, но наука развивается по своим внутренним законам. Появление нового метода или целой группы методов, о которых рассказывалось выше, неизбежно привлекает пристальное внимание исследователей. В значительной мере им управляет мода, немаловажная и в науке. Оглядываясь назад, можно проследить, как приходила мода на новые вычислительные методы в физике (диаграммная техника, интегралы по траекториям,  $\varepsilon$ -разложение и т. д.), и специалисты хватались за них, применяя решительно ко всему на свете. Но проходило несколько лет, и эти методы занимали в науке свое постоянное место, определяемое уже не модой, а их реальной ценностью. Так заполнялась очередная «экологическая ниша» в системе науки (в отличие от живой природы в науке она возникает именно тогда, когда ее есть чем заполнить). Вычислительная физика сегодня переживает период своего становления. И, право же, будет очень обидно, если эта достаточно большая «экологическая ниша» окажется заполненной только результатами зарубежных ученых из-за нашего неоправданно пренебрежительного отношения к «непрестижным» вычислениям. Очень не хотелось бы также, чтобы под влиянием моды или каких-то конъюнктурных соображений эту «нишу» стали заполнять чем попало. Необходим трезвый деловой подход к этой проблеме и широкая координация усилий представителей различных областей науки.

<sup>18</sup> Мигдал А. А. Лауреаты Нобелевской премии 1982 г.: по физике — К. Вильсон. — Природа, 1983, № 1, с. 90; Вильсон К. Компьютеры в теоретических исследованиях. — Природа, 1983, № 11, с. 88; Макеев Ю. М. Численные эксперименты в теории сильного взаимодействия. — Природа, 1984, № 3, с. 3.

## Облик фауны Приамурья в наскальных рисунках

**А. Г. Велижанин,**  
кандидат биологических наук  
Уссурийск

Современное представление о растительности и животном мире антропогена в различных частях СССР складывается главным образом на основании палеонтологических и палинологических данных. И крайне редко специалисты естественных наук обращаются к археологическим материалам, чтобы сравнить и проверить получаемые результаты. В частности, палеогеографы, палеобиологи явно недостаточно уделяют внимание таким своеобразным и ценным источникам информации, как наскальные изображения животных, выполнявшиеся первобытным человеком на протяжении более чем 35-тысячелетнего периода.

Принципиальная возможность использования этих древнейших произведений искусства в качестве источника сведений по палеозоологии основывается на неизбежности воплощения в них облика тех представителей фауны, с которыми художники сталкивались в своей повседневной действительности. Известно, что древние народности, сохранившиеся до нашего времени, достаточно хорошо знают зверей и птиц своих территорий. Так, например, Э. Майр во время пребывания на Новой Гвинее установил, что у одного из охотничьих племен острова имелись специальные названия для 136 видов местных птиц (из 137 обнаруженных Майром)<sup>1</sup>.

Не вызывает сомнения и способность первобытных художников к адекватному изображению объектов. Независимо от мотивов или целей (вероятно, менявшихся от эпохи к эпохе), в изображениях животных во многих случаях удается проследить систематические признаки видов и нередко — с морфологическими деталями, свойственными этим формам.

Все это и привело к попытке разобраться в особенностях фауны Приамурья в период создания сакачи-алаянских петроглифов с использованием данных археологии<sup>2</sup> и биогеографии.

Петроглифы Сакачи-Аляна выбраны для анализа не случайно. Они являются крупнейшим собранием наскального искусства Дальнего Востока, вобравшего в себя опыт нескольких тысячелетий, и представляют собой целую галерею отдельных фрагментарных рисунков и, реже, сюжетных зарисовок — общей численностью до ста изображений. Начиная с 70-х годов прошлого столетия их изучением занимался ряд известных отечественных и зарубежных исследователей: Ф. Ф. Буссе и Л. А. Кропоткин, Б. Лауфер, В. К. Арсеньев, Л. Я. Штернберг, И. А. Лопатин и др. Благодаря широко известным, тщательным публикациям А. П. Окладникова, эти рисунки стали доступными для всеобщего ознакомления и изучения<sup>3</sup>.

А. П. Окладников предложил также хронологическую и семантическую трактовку изображений, собрал сведения о распределении подобных сюжетов в Сибири, в Восточной и Юго-Восточной Азии, а также привел доказательства связи петроглифов с нижнеамурскими культурами мезолита и неолита. На основании косвенных данных он пришел к выводу, что сакачи-алаянские петроглифы были созданы в промежутке между 5 и 1 тысячелетиями до н. э.

Современные поселки Сакачи-Аляна и Малышево, вблизи которых находятся петроглифы, расположены по правому берегу Амура примерно в 70 км ниже Хабаровска. Наиболее древние изображения выбиты на крупных слегка окатанных глыбах базальта, громоздящихся на пляже в прирусловой полосе Амура, в зоне постоянного затопления паводками. Отдельные камни с изображениями находятся в воде и появляются на поверхности лишь при самом низком уровне реки. (Кстати сказать, поблизости, на скалах коренного берега имеются также разные рисунки времен Бухайского царства, однако их мы касаться не будем.)

В большинстве случаев первобытные изображения животных, о которых пойдет речь, — это контурные рисунки, выполненные на плоскостях глыб. Сами по себе контуры представляют собой желобки, получившиеся от нанесения частых ударов по скале твердым каменным инструментом. Глубина таких желобков до 0,6—1 см. Иногда пространство между ними также выбито, благодаря чему изображения приобретают силуэтный характер.

В результате длительного выветривания и эрозий часть петроглифов сильно повреждена или разрушена. Воды и льды

<sup>1</sup> Майр Э. Зоологический вид и эволюция. М., 1968, с. 29.

<sup>2</sup> При анализе материалов и подготовке рукописи большую помощь оказал археолог, кандидат исторических наук В. И. Дьяков, которому автор выражает благодарность.

<sup>3</sup> Окладников А. П. Лики древнего Амура. Новосибирск, 1968; Он же. Петроглифы Нижнего Амура. Л., 1971.

Амура замыкают, переворачивают и, очевидно, перемещают глыбы, из-за чего некоторые рисунки, которые видели первые исследователи еще в конце 60-х годов, в настоящее время найти не удастся. Без учета наиболее разрушенных изображений соотношение сюжетов сакачи-алаянских петроглифов выглядит так: личины (маски) — 53 %, лодки — 7 %, антропоморфные фигуры — 4 %, звери — 22 %, змеи — 9 % и птицы — 5 %.

По манере и технике исполнения все рисунки можно подразделить на три «возрастные» группы: архаические; рисунки с изображением фауны, сохранившейся до наших дней, и те, что можно назвать «средневозрастной» группой, с переходными чертами от древнейших к современным видам животных.

К первой группе относятся изображения, на которых конечности животного «обрисованы» двумя параллельными незамкнутыми линиями каждая, а голова непомерно большая. Другой их особенностью является отсутствие общего замысла, фрагментарность рисунка. В такой манере выполнено до 15 изображений, на которых нетрудно узнать лося, зверя из семейства полорогих, кулана или тарпана, горала. Сложнее с опознаванием группы из трех животных. Головы и хвосты двух из них (щиплющих траву на переднем плане) наводят на мысль, что это, скорее всего, лошадь с жеребенком. Третий, по-видимому, самец лося, сбросивший рога. Очень характерна «серьга» — кожный вырост на горле.

Три зверя из четырех (какой-то вид быка, кулан и горал) относятся к числу бореальных видов и два из них — к типичным степным животным. Если же учесть высокую экологическую пластичность четвертого — лося, проиькающего по долинам рек в степную зону, то изображения этих зверей свидетельствуют о том, что в бассейне Амура в период создания петроглифов преобладали степи и обитали холодовыносливые животные.

Вторая возрастная группа петроглифов следует по времени сразу же за архаической:

рисунки этой группы прямо «наложены» на первую. Манера изображения животных меняется: соблюдаются пропорции тела и детализируются отличительные признаки. При этом появляются и характерная стилистическая особенность изображения конечностей — задние ноги даются так же, как и раньше, а передние — коротким выступом. Рисунков животных этого времени немного. Из млекопитающих — это горал, изюбрь и, возможно, уже знакомый нам по архаическим рисункам вид быков. Зато интересны контуры птиц.

По мнению Окладникова, один из них представляет собой водоплавающую птицу с длинным туловищем, узкой изогнутой шеей и своеобразным клювом, в котором она держит, предположительно, змею. «Клюв выделен особенно тщательно, — пишет Окладников, — он широкий и длинный с расширением на конце»<sup>4</sup>. Можно лишь добавить, что форма клюва настолько специфична, что вряд ли кто-либо из орнитологов усомнится в том, что художник изобразил здесь европейскую колпицу (*Platylea leucogodia*), которая широко распространена на юге Евразии и сейчас еще изредка встречается в бассейне Уссури. И хотя змеи в рационе питания колпицы не отмечены, вероятность этого не исключена.

Вторая птица — тоже водоплавающая, но запечатлена она в полете. Крылья неясны, как на «смазанном» фотоснимке. Тщательно прорисованный изогнутый клюв, длинная слегка искривленная шея и очень длинная голень напоминают силуэт летящего фламинго (*Phoenicopterus roseus*). Изгиб клюва явно преувеличен. Но из всех современных птиц Евразии подобную форму клюва, кроме фламинго, никто не имеет. В связи с этим невольно вспоминаются странные, по мнению авторитетных орнитологов, массовые залеты фламинго на восток — вплоть до Байкала<sup>5</sup>. Возможно, они

еще хранят в памяти далекие окраины тех мест, где некогда жили.

Рисунки второй возрастной группы достаточно четко указывают на то, что фауна этого периода — более тепло- и влаголюбивая, чем прежде. Здесь как бы запечатлен переход от более сухого и холодного климата к более теплому и влажному.

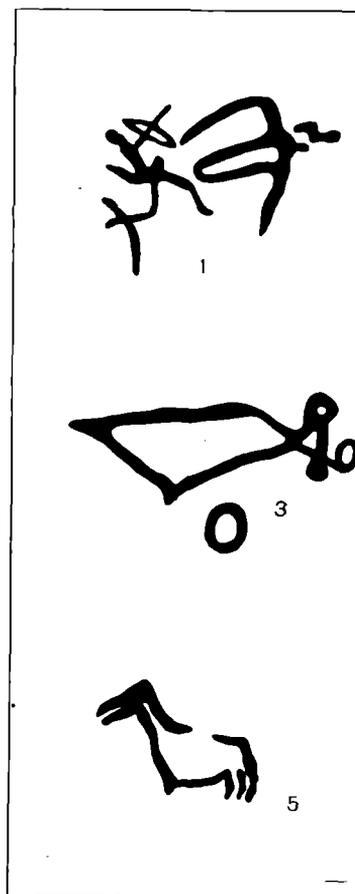
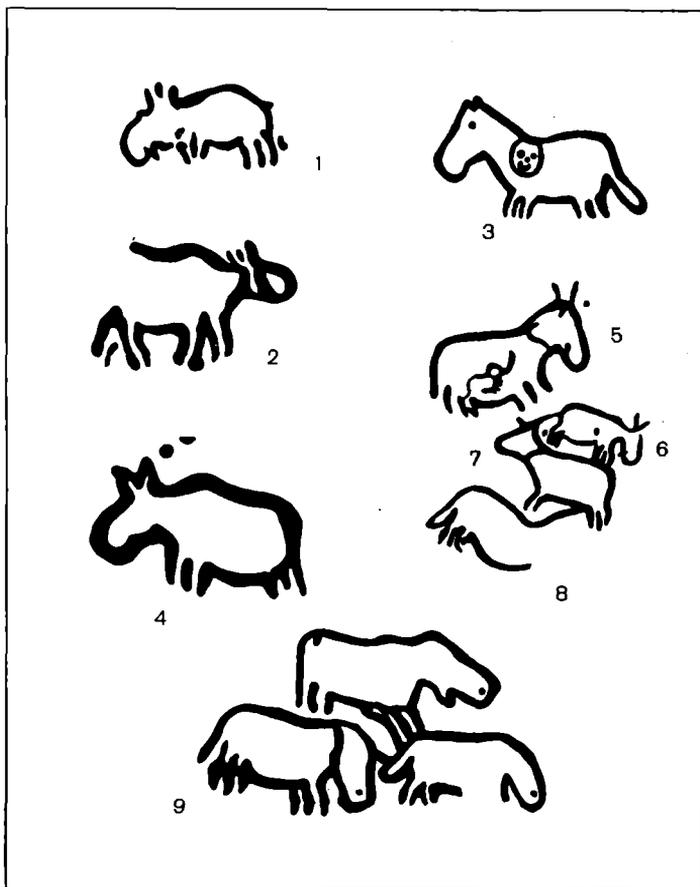
Последняя, наиболее «молодая» группа петроглифов резко отличается от предыдущей по технике и манере изображения: рисунки наиболее реалистичны, а некоторые, на наш взгляд, достигают уровня современной графики.

В целом в этих, наиболее поздних, петроглифах запечатлены, хотя и далеко не в полном составе, современные представители фауны Приамурья. Можно легко распознать большинство животных: здесь и увенчанный великокопытными рогами лось-самец, и крыса, и летучая мышь, речная утка (вероятно, широконоска), кабаны, змеи, медведь. Причем стополоходящие тонкие и сильно прогнутые назад передние лапы, крупные уши и вытянутое (похожее на кабаны) рыло указывают на то, что на рисунке изображен не бурый медведь, а гималайский (*Ursus tibetanus*).

Важной особенностью стиля этих рисунков являются и орнаментальные детали в виде концентрических окружностей, эллипсов и спиралей на теле животных. По традиционному мнению археологов, таким способом древний человек отражал свои познания в области анатомии. Однако создается впечатление, что это не что иное, как своеобразные учебные мишени, обозначающие наиболее уязвимые для стрел и копий участки тела животных. В пользу такой точки зрения свидетельствует размещение самых крупных кругов на брюшной полости и отсутствие их на голове. Ведь известно, что африканские племена, охотясь на слонов, всегда стремились в первую очередь поразить стрелами или дротиками именно брюшную и паховую области тела, где кожа наиболее тонкая и где жизненно важные органы не защищены костной тканью. Ранение легкими стрелами в эту область даже у круп-

<sup>4</sup> Окладников А. П. Личины древнего Амура, с. 232.

<sup>5</sup> Тугаринов А. Я. Птицы. Фауна СССР. М.— Л., 1947. Т. 1, вып. 3, с. 296.



Животные Сакачи-Альяна, изображенные на петроглифах архайского периода: 1 и 4 — лошади; 2 — бык или бизон; 3, 5, 6, 8 и 9 — нуланы или тарланы; 7 — горал (возможно, его изображение относится к более позднему времени).

ных зверей ведет к неминуемой гибели.

В пользу прикладной направленности «кругового» орнамента свидетельствует и то, что как на ранних, так и на поздних петроглифах Сакачи-Альяна изображены почти исключительно те животные, которые представляли интерес для древних художников в гастрономическом отношении. Так, из хищных зверей хорошо опознаваем только медведь. А зверь с поперечными полосами на теле и длинным хвостом, нападающий

на человека, напоминает одновременно и кабана, и тигра<sup>6</sup>.

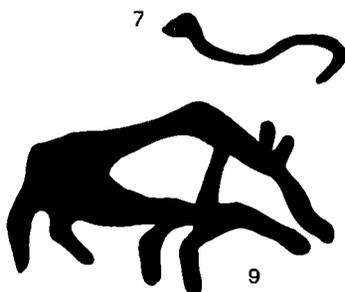
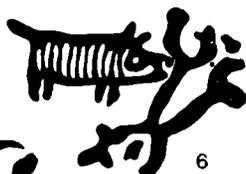
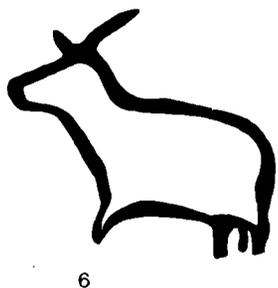
Таким образом, анализ петроглифов Сакачи-Альяна по возрастным группам показывает, что в них отражены существенные климатические и фаунистические изменения, происшедшие на территории Приамурья, изменения, зафиксированные древними художниками.

Наиболее старые, архаические рисунки были выполнены в условиях, когда в бассейне Нижнего Амура преобладали степи и обитали сухолюбивые и холодовыносливые животные, такие как кулан, лось и полорогие. На большую сухость климата в то время ука-

зывает и расположение камней. Почти все архаические петроглифы находятся в непосредственной близости от уреза реки и частично полузатоплены. Очевидно, Амур в то время был менее полноводен, чем сейчас. Согласно представлениям палеоклиматологов, именно такой климат в Северном полушарии был в голоцене, в бореальном периоде, или 9—8 тыс. лет назад<sup>7</sup>. Более теплые и влаж-

<sup>6</sup> Изображения тигра у Сакачи-Альяна имеются в разных рисунках времен Бохайского царства.

<sup>7</sup> Мочин А. С., Шишков Ю. А. История клима-



ные условия наступили в начале и середине атлантического периода, т. е. 7—5,5 тыс. лет назад. Это нашло отражение во второй группе петроглифов — в изображениях фламинго, колпицы, горала, полорогого и изюбра. Позднее, 5—3,5 тыс. лет назад, климат снова изменился в сторону похолодания, и фауна Приамурья стала близкой к современной. Это, видимо, и запечатлено в наиболее поздних рисунках, возраст которых, кстати по археологическим данным, около четырех тысячелетий<sup>8</sup>.

Представители современной фауны в петроглифах Сакачи-Альяна: 1 и 2 — лоси; 3 — летучая мышь; 4 — крыса; 5 — утки широконоски; 6 — зверь, нападающий на охотника; 7 — змея; 8 — кабаны; 9 — гималайский медведь.

В целом же уникальная «каменная летопись» Сакачи-Альяна позволяет создать представление о кардинальных изменениях фауны и климата Приамурья на протяжении почти ста веков.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

та. Л., 1979; Долуханов П. М. География каменного века. М., 1979.  
<sup>8</sup> Окладников А. П. Лики древнего Амура, с. 186.

Окладников А. П. ЛИКИ ДРЕВНЕГО АМУРА. Новосибирск: Зап.-Сиб. книжн. издательство, 1968.

Окладников А. П. ПЕТРОГЛИФЫ НИЖНЕГО АМУРА. Л.: Наука, 1971.

Формозов А. А. ПАМЯТНИКИ ПЕРВОЫТНОГО ИСКУССТВА НА ТЕРРИТОРИИ СССР. М.: Наука, 1980.

Верещагин Н. К., Оводов Н. Д. ИСТОРИЯ ФАУНЫ ПРИАМУРЬЯ.— Природа, 1968, № 9.

Марков К. К., Величко А. А., Лазуков Г. И., Николаев В. А. ПЛЕЙСТОЦЕН. М.: Высшая школа, 1968.

Монин А. С., Шишков Ю. А. ИСТОРИЯ КЛИМАТА. Л.: Гидрометеоздат, 1979.

Долуханов П. М. ГЕОГРАФИЯ КАМЕННОГО ВЕКА. М.: Наука, 1979.

## ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 1984 ГОДА

### По физике — К. Руббиа и С. ван дер Меер

Нобелевская премия по физике присуждена в этот раз итальянскому физику-экспериментатору К. Руббиа и голландскому инженеру, специалисту по ускорителям С. ван дер Мееру за их определяющий вклад в крупный проект, осуществление которого привело к открытию частиц  $W^\pm$  и  $Z^0$ , переносящих слабые взаимодействия.

Карло Руббиа (Carlo Rubbia) родился 31 марта 1934 г. в итальянском городе Гориция, расположенном неподалеку от Триеста. С 1957 г., после окончания Высшей нормальной школы в Пизе, преподавал физику в Лизанском университете. В 1959 г. занимался научно-исследовательской работой в Колумбийском университете (США). Вернувшись в 1960 г. в Италию, работал в Римском университете. С 1962 г. К. Руббиа — сотрудник Европейской организации ядерных исследований (ЦЕРН) в Женеве. Кроме того, с 1970 г. он является профессором физики в Гарвардском университете (США). К. Руббиа известен как отличный экспериментатор и крупный организатор научных исследований. Уже после открытия частиц  $W^\pm$  и  $Z^0$  экспериментальная группа UA-1, возглавляемая К. Руббиа, объявила об открытии давно ожидавшихся теоретиками  $t$ -кварков.

Симон ван дер Меер (Simon van der Meer) родился 24 ноября 1925 г. в Гааге. В 1952 г. окончил Высшую техническую школу в Дельфте, получив диплом инженера-физика. Некоторое время работал в Эйндховене в лабораториях гигантского концерна «Филипс», занимаясь электронными микроскопами. С 1956 г. С. ван дер Меер — старший инженер в ЦЕРНе.

Европейская организация ядерных исследований, где работают оба новых нобелевских лауреата, была создана 30 лет назад. Ее членами являются тринадцать западноевропейских стран. В ЦЕРНе работает около 7000 ученых, инженеров, техников и служащих. В совместных исследованиях с учеными ЦЕРНа принимают участие их коллеги из СССР, США, Японии и других стран, не входящих в организацию. О масштабе научных исследований, проводимых в ЦЕРНе, можно судить хотя бы по его годовому бюджету: в 1984 г. он составил 700 млн швейцарских франков. ЦЕРН располагает целым комплексом ускорителей элементарных частиц. Последней созданной там ускорительной установкой является так называемый  $p\bar{p}$ -коллайдер, в котором сталкиваются встречные пучки протонов и антипротонов, ускоренные до энергии 270 ГэВ каждый. Именно на этом ускорителе было зарегистрировано рождение и последующий распад промежуточных векторных бозонов  $W^\pm$  и  $Z^0$ , открытие которых генеральный директор ЦЕРНа

Х. Шоппер назвал самым выдающимся событием в физике после открытия транзисторов.

Хорошо известны преимущества ускорителей на встречных пучках: вся энергия сталкивающихся в них частиц может быть израсходована на рождение новых объектов микромира. Однако встречные пучки, являющиеся мишенями друг для друга, гораздо более разрежены, чем неподвижные мишени, применяемые на обычных ускорителях. В то же время для проведения экспериментов требуется, чтобы столкновения частиц происходили достаточно часто. Для этого надо по возможности увеличить число частиц в каждом из пучков и уменьшить их поперечные размеры.

Известно, что частица, движущаяся в ускорителе с данным радиусом и величиной магнитного поля, должна иметь определенную энергию, чтобы находиться на равновесной орбите. Но пучок представляет собой сгусток частиц, обладающих несколькими разными скоростями, что приводит к их колебаниям около равновесной орбиты, то есть к «размытию» пучка. Это значительно ухудшает параметры ускорителя на встречных пучках, поскольку приводит к уменьшению плотности пучков. Для электрон-позитронных коллайдеров такая проблема остро не стоит. Эти частицы очень легки и при движении по круговой траектории в магнитном поле испускают интенсивное синхротронное из-

<sup>1</sup> Комар А. А. Открыт  $t$ -кварк. — Природа, 1984, № 12, с. 100.



С. ван дер Meer и К. Руббин.

лучение, которое демпфирует вредные колебания и приводит к сжатию пучков. Для тяжелых частиц такого автоматического демпфирования не происходит. Однако в случае протонных пучков особой проблемы также не возникает. Протоны вокруг нас встречаются в изобилии, так что можно всегда приготовить достаточно плотный пучок, в котором скорости протонов будут почти одинаковыми. Основные проблемы связаны с получением антипротонных пучков. Поэтому в мире давно работает множество электрон-позитронных коллайдеров, давно запущена в ЦЕРНе установка со встречными протонными пучками. А вот сталкивать протоны с антипротонами до недавнего времени казалось совсем бесперспективной задачей.

Дело в том, что антипротоны в нашем мире встречаются редко. Их получают, направляя пучок ускоренных протонов на неподвижную мишень. В результате антипротоны рождаются со значительным разбросом по величине и направлению скоростей. Для характеристики относительного движения частиц

в пучке вводят специальный параметр — температуру. Несмотря на то что температура пучка очень похожа на обычную температуру, она имеет ряд особенностей. Например, относительное продольное и поперечное движение частиц в пучке может отличаться разной интенсивностью. Соответственно, пучок будет характеризоваться различными значениями продольной и поперечной температур. С точки зрения физиков-экспериментаторов, идеальным был бы пучок, в котором все частицы имели бы одинаковые энергии. Температура такого пучка была бы равна нулю по всем направлениям. Действительно, тогда можно было бы найти такую систему отсчета, в которой бы все частицы пучка покоились. Таким образом, главной проблемой с антипротонными пучками является их высокая начальная температура. (Заметим в этой связи, что небольшой энергии порядка одного электронвольта соответствует температура около 10 000 градусов.) Впервые выход из положения был найден в 1966 г. Г. И. Будкером<sup>2</sup>. Он предложил

запускать параллельно пучку тяжелых частиц пучок электронов, имеющих ту же скорость, но более низкую температуру. Как известно, при контакте двух тел их температуры выравниваются. Поэтому пучок тяжелых частиц будет охлаждаться. Пучок же нагретых электронов можно вывести из ускорителя и заменить его новым, более холодным. Первые опыты по электронному охлаждению были проведены с протонными пучками под руководством А. Н. Скринского в 1974 г. в Институте ядерной физики Сибирского отделения АН СССР. Опыты показали плодотворность идеи. К сожалению, Г. И. Будкер, скончавшийся в 1977 г., не дожид до практической реализации идеи электронного охлаждения антипротонных пучков в большом ускорителе.

Альтернативное решение проблемы охлаждения пучков тяжелых частиц было найдено С. ван дер Meerом. В 1971 г. в ЦЕРНе была запущена установка ISR на встречных протон-протонных пучках. В 1972 г. была опубликована статья С. ван дер Meера «Стохастическое демпфирование бетатронных колебаний в ISR». Статья кончалась замечанием: «Эта работа выполнена в 1968 г. В то время идея стохастического охлаждения пучков показалась настолько искусственной, что публикация казалась неоправданной. Недавно, однако, удалось экспериментально наблюдать флуктуации, на которых эта идея основана. Несмотря на то что возможность практического использования полезного затухания колебаний все еще может оказаться маловероятной, теперь представляется целесообразным привести по крайней мере некоторые количественные оценки эффекта». Так скромно была представлена идея, которая в дальнейшем сделала возможными блестящие успехи физиков ЦЕРНа.

Слово «стохастический» означает «случайный», «вероятностный» и обычно употребляется, когда невозможно абсолютно однозначно предсказать исход какого-нибудь процесса. Стохастическое охлаждение пучка основано на случайном характере разброса частиц по энергиям. В некоторой точке уско-

<sup>2</sup> Будкер Г. И. Электронное охлаждение. — Природа, 1978, № 5, с. 3.

рительного кольца устанавливаются датчики, «наблюдающие» за положением «электрического центра тяжести» пролетающего мимо сгустка частиц. Если центр тяжести сгустка отклонился от равновесной траектории из-за разброса в энергиях входящих в него частиц, сигнал об этом подается на противоположную сторону кольца, где помещается корректирующее устройство. Скорости сигнала и сгустка почти одинаковы, поскольку частицы летят со скоростью, близкой к скорости света. Но сигнал идет по хорде и приходит к корректирующему устройству раньше сгустка. Появляется возможность придать толчок в нужном направлении именно этому отклонившемуся сгустку частиц, когда он будет пролетать мимо корректирующего устройства. В нужный момент оно включит дополнительное магнитное поле. Так как разброс в энергиях частиц носит случайный характер, корректирующий толчок действует неблагоприятно на некоторые из них. Но для большинства частиц толчок действует в нужную сторону, так что многократное повторение такого процесса приводит к тому, что частицы пучка движутся все точнее и точнее по равновесной траектории. Иными словами, пучок частиц охлаждается. Первые испытания метода стохастического охлаждения были проведены в 1974 г. на встречных протонных пучках ISR.

В 1976 г. в ЦЕРНе был запущен новый протонный синхротрон SPS с энергией частиц 450 ГэВ. В том же году К. Руббиа вместе с Д. Клайном и П. Макинтайром выступили с проектом, определившим дальнейшую судьбу этого ускорителя. Они предложили создать протон-антипротонный коллайдер, но не строить новую установку, а использовать SPS, в кольце которого протоны и антипротоны могли бы ускоряться одновременно, «растяся в противоположных направлениях». Такая схема с очевидностью давала выигрыш во времени и в средствах. В те же годы на специальном небольшом накопительном кольце в ЦЕРНе проводилась отработка метода стохастического охлаждения. В 1978 г., когда стало ясно, что создание

интенсивного антипротонного пучка в принципе возможно, руководящие органы ЦЕРНа приняли предложение К. Руббиа. Сердцем нового проекта стало накопительное кольцо, так называемый антипротонный аккумулятор, введенный в строй в июле 1980 г. Здесь антипротоны охлаждаются и формируются в сгустки, содержащие до 600 млрд частиц. Затем сгустки переводятся в старый протонный синхротрон PS — первенец ЦЕРНа, где ускоряются до энергии 26 ГэВ. После этого они переводятся в большой синхротрон SPS, куда инжектируются и протоны. Ускоренные до 270 ГэВ каждый, встречные протонный и антипротонные пучки сталкиваются, давая возможность изучать новые физические явления. Первые эксперименты на коллайдере начались в конце 1981 г.<sup>3</sup>, когда интенсивность пучков была еще недостаточной для открытия частиц  $W^\pm$  и  $Z^0$ . Лишь через год параметры коллайдера были улучшены, и долгожданное открытие состоялось.

С самого начала, с момента формулировки предложения построить рр-коллайдер, и до наблюдения частиц  $W^\pm$  и  $Z^0$  К. Руббиа был главной движущей силой проекта. Его идеи и энергия позволили осуществить проект в короткие сроки: со времени принятия решения до первых экспериментов прошло всего около трех лет. В это же время под руководством К. Руббиа создавался главный детектор элементарных частиц, предназначенный для поисков промежуточных векторных бозонов. Формировался большой интернациональный научный коллектив, которому предстояло участвовать в поисках. Сообщения об открытии частиц  $W^\pm$  и  $Z^0$  поступали от группы К. Руббиа чуть раньше, чем от их коллег из параллельной группы П. Дарьюлы, работавшей на том же коллайдере. В «Природе» подробно описывались эти эксперименты и свойства промежуточных векторных бозо-

нов<sup>4</sup>. Их открытие явилось плодом усилий всего коллектива ЦЕРНа, но без ускорителя, созданного благодаря идеям С. ван дер Меера, без таланта и энергии К. Руббиа это открытие могло бы произойти в другое время и, быть может, в другом месте. И недаром ряд университетов присудил за последний год почетные докторские степени К. Руббиа и С. ван дер Мееру, недаром американский журнал «Discover» назвал в 1983 г. К. Руббиа «ученым года». Присуждение нобелевских премий К. Руббиа и С. ван дер Мееру не вызвало удивления: физики ожидали этого с момента открытия промежуточных векторных бозонов.

Можно много говорить о значении этого открытия, упоминать и подтверждение объединенной теории электрослабых взаимодействий, и создание научной основы для построения единой картины мира и тому подобные аргументы, столь любимые прессой. Но есть одно скромное свидетельство успеха физиков ЦЕРНа, которое лучше всяких словословий. В таблице элементарных частиц, кроме обширных разделов «лептоны», «мезоны», «барионы», существовал еще и раздел «фотон», в котором долгие годы помещались сведения только об одной частице. В последнем издании таблицы этот раздел переименован. Теперь он называется «калибровочные бозоны» и содержит четыре частицы:  $\gamma$ ,  $W^\pm$  и  $Z^0$ . Появление нового раздела в таблице элементарных частиц — событие столь же выдающееся, сколь и редкое.

А. С. Михайлов  
Москва

<sup>4</sup> Смондырев М. А. Промежуточные векторные бозоны.— Природа, 1983, № 12, с. 21.

<sup>3</sup> Ройзен И. И. Физические исследования на коллайдерах.— Природа, 1983, № 2, с. 104.

## По химии — Р. Мэррифилд

Нобелевская премия по химии за 1984 г. присуждена американскому ученому Роберту Мэррифилду — за разработку методологии твердофазного химического синтеза.

Роберт Брюс Мэррифилд (Robert Bruce Merrifield) родился в Форт-Уэрте (Техас, США) 15 июля 1921 г. В 1943 г. окончил Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе, докторскую степень получил там же в 1949 г. С 1949 по 1953 г. работал научным сотрудником в Рокфеллеровском институте медицинских исследований (Нью-Йорк), позднее преобразованном в Рокфеллеровский университет. С 1966 г. Р. Мэррифилд — профессор этого университета. Член Национальной академии наук США.

Содержание любой науки составляют факты, идеи и методы. Все элементы триады тесно взаимосвязаны. Если факты — это «воздух» ученого, а идеи — «крылья» науки, то методы — это те «орудия» исследования, без которых невозможно ни обнаружить новые факты, ни проверить истинность новых идей. С именем Р. Мэррифилда связано создание методологии синтеза пептидов на нерастворимых полимерных носителях.

Важность работ по совершенствованию методов пептидного синтеза общеизвестна и очевидна. От умения химиков быстро, надежно и эффективно синтезировать достаточно длинные пептидные цепи зависит как возможность воспроизводить природные пептидно-белковые структуры, так и возможность получать практически неограниченное число их разнообразных аналогов. Этим, в свою очередь, определяются уровень и темп исследований в области изучения ферментов, антител, больших групп гормонов, антибиотиков, биотоксинов



Р. Мэррифилд

и множества других биологически важных и физиологически активных веществ пептидно-белковой природы.

Первый химический синтез простейшего пептида был осуществлен в 1882 г. С тех пор методы пептидного синтеза неуклонно и непрестанно развивались и совершенствовались. Но в конце 50-х годов нашего столетия в этой области сложилась своеобразная ситуация: с одной стороны, продолжалась усиленная работа по совершенствованию ранее известных методов на базе традиционных подходов; с другой — ясно осознавалась ограниченность прежних принципов и остро ощущалась потребность в новых идеях.

Справедливо отметить, что как в то время, так и в последующие годы в методологии пептидного синтеза появилось много ново-

го. Нередко, однако, новый метод представлял собой такую модификацию старого способа, при которой изменению, подвергалась какая-либо частность, а основной принцип сохранялся неизменным. Подобные методические разработки и усовершенствования не следует недооценивать, во многих случаях они полезны и ведут к заметным улучшениям в пределах старого качества. Однако нельзя не делать различия между подобными усовершенствованиями непринципиального характера и методическими разработками, основанными на использовании совершенно новых идей и принципов.

Предложенный Р. Мэррифилдом в начале 60-х годов твердофазный метод пептидного синтеза принадлежит к категории принципиально новых методологических концепций.

В основу сформулированного и блестяще разработанного в эксперименте твердофазного метода пептидного синтеза Р. Мэррифилд положил оригинальную идею о временном закреплении синтезируемой пептидной цепи на нерастворимом полимерном носителе. Этот прием позволил исключить весьма сложные и чрезвычайно трудоемкие процедуры разделения и очистки промежуточных пептидов, заменить эти стадии элементарными операциями промывки и фильтрования. В результате весь процесс пептидного синтеза удалось унифицировать и свести его к стандартной последовательности периодически повторяющихся операций, которые легко поддаются автоматизации.

Главным результатом и самым впечатляющим достижением новой методологии оказалось громадное ускорение процесса пептидного синтеза: что прежде требовало многих

месяцев и даже нескольких лет, отныне можно было осуществлять в считанные дни или не многие недели.

Генеральная идея твердофазного метода красива и плодотворна. Она красива простотой, остроумным и изящным подходом, а плодотворность ее доказана не только тем, что она стремительно вошла в практику пептидного синтеза и открыла широкий простор для творческих поисков наилучших конкретных решений, но и тем, что эта идея обладает высокой степенью общности: помимо своего прямого предназначения — получения пептидов — она применима для синтеза других биологических полимеров (например, полинуклеотидов) и их аналогов.

В итоге, разработанная Р. Мэррифилдом методология твердофазного синтеза оказала мощное активирующее воздействие на развитие различных областей биохимии, молекулярной биологии, генной инженерии, биотехнологии, фармакологии и медицины.

На протяжении 60-х и 70-х годов, наряду с положительными оценками, неоднократно высказывались весьма сдержанные и откровенно скептические мнения о перспективности твердофазного метода

синтеза. Причинами и мотивами отрицательных оценок отнюдь не всегда являлись лишь неприятие нового, приверженность к старому и чрезмерная инерция мышления. Обладая несомненными достоинствами, твердофазный метод синтеза не свободен от ограничений и недостатков. Необходимость проведения всех реакций в гетерогенных смесях, обязательность применения больших избытков дорогостоящих реагентов, возможность образования трудноотделимых ошибочных последовательностей создают определенные проблемы. Однако было бы совершенно неправильно драматизировать присутствие твердофазному методу ограничения и недостатки. Реальная практика последних двух десятилетий, истекших со времени появления первых публикаций Р. Мэррифилда, убедительно показала, что многие несовершенства метода — это типичные проявления болезни роста, которая, как хорошо известно, надежно преодолевается дальнейшим ростом.

В настоящее время весьма перспективным и многообещающим представляется сочетание твердофазного метода синтеза с бурно развивающимся методом высокоэффективной жидкостной хроматографии

(ВЭЖХ). Соединение скоростных характеристик твердофазного синтеза с разделяющими способностями препаративной ВЭЖХ рождает новое направление, которое может вывести на качественно новый уровень возможности синтеза, обозначаемое ныне несколько многословным термином — высокоэффективный твердофазный синтез.

Существенная Р. Мэррифилдом разработка методологии твердофазного синтеза — важное достижение современной химии, приближающее исследователей к исполнению их самых заветных желаний. Если справедливо, что наши желания — это предчувствия наших возможностей, то можно надеяться, что присуждение Р. Мэррифилду Нобелевской премии привлечет к твердофазному методу еще более широкий круг исследователей, а это будет способствовать быстрейшему претворению желаемого в области химического синтеза в возможное и действительное.

**Ю. П. Швачкин,**

доктор химических наук  
Институт экспериментальной  
эндокринологии и химии гормонов  
АМН СССР  
Москва

## По медицине — Н. Эрне, Ц. Мильштейн, Г. Келер

Присуждение Нобелевской премии за 1984 г. по медицине Нильсу Эрне, Цезарю Мильштейну и Георгу Келеру за выдающиеся достижения в области иммунологии не вызвало большого удивления. Биологи самых различных специальностей хорошо знают эти имена, и в последние годы росла уверенность в том, что все трое заслуживают столь высокой награды.

Нильс Кай Эрне (Niels Kaj Jerne), которому сейчас 73 года, — яркий и оригинальный исследователь. Он работал во многих научных учреждениях разных стран, а его блестящие лекции слушали биологи, наверное, во всех основных биологических центрах мира, в том числе и в СССР. Такую подвижность он, вероятно, унаследовал от предков, живших в западной части Дании. Его дед

был капитаном парусника, каждый год плававшего в Мексику. Отец, хотя и не стал моряком, часто менял место жительства, и поэтому Нильс родился в Англии, а среднее образование получил в Голландии. Однако понадобилось еще 12 лет, пока Н. Эрне выбрал себе профессию. Он начал изучать медицину в Копенгагене, намереваясь стать сельским врачом. Здесь же он стал рабо-

тать в Институте сывороток в лаборатории О. Маалое и вскоре понял, что истинное его призвание — наука. В 1949—1951 гг. Н. Эрне подготовил докторскую диссертацию, посвященную теоретическим основам сродства антител к антигену. Уже здесь выявились четкость мышления и ясность изложения, которые так присущи зрелому Н. Эрне. В это же время Н. Эрне познакомился с приехавшими в Институт сывороток молодыми американскими биологами, имена которых сейчас хорошо известны — это Г. Стент и Дж. Уотсон.

Следующие годы Н. Эрне провел в Калифорнийском технологическом институте. Итогом работы и раздумий этого времени явилась статья, в которой обосновывалась селекционная гипотеза образования антител. Хотя в общей форме эта идея и была выражена создателем гуморальной теории иммунитета П. Эрлихом еще в 1900 г., в последующие годы большинство иммунологов склонялись к тому, что антиген сам привносит некую информацию, необходимую для образования специфической молекулы антител, ибо казалось невероятным, как организм может хранить и передавать из поколения в поколение данные, нужные для синтеза миллионов разных типов антител. Однако Н. Эрне, помня изменения в сродстве антител в ходе иммунизации, которые он описал в диссертации, пришел к выводу, что антиген лишь отбирает определенные молекулы антител и вся информация об их синтезе уже существует в организме еще до введения антигена. Последующее добавление М. Бернетом понятия клональности привело к формулированию клонально-селекционной теории, оказавшей огромное влияние на все последующее развитие иммунологии.

После нескольких лет работы в аппарате Всемирной организации здравоохранения в Женеве Н. Эрне в 1962 г. переезжает в США, где ведет исследования в Питтсбургском университете. Здесь он проявил себя прекрасным экспериментатором. Им был разработан метод определения антителообразующих клеток по обра-



Н. К. Эрне

зованию пятен гемолиза, который известен как метод Эрне. Этот метод стимулировал множество исследований по клеточной иммунологии и до сих пор пользуется широкой популярностью. Метод отличается простотой, и здесь особенно четко проявилось важное качество Н. Эрне-экспериментатора — решать сложные проблемы простыми и однозначными способами.

Еще через несколько лет Н. Эрне возвращается в Европу, в ФРГ, и работает в Институте П. Эрлиха во Франкфурте-на-Майне, где им были развиты очень интересные гипотезы о роли собственных антигенов организма при возникновении разнообразия антител.

Последним этапом в научном пути Н. Эрне становится Базель (Швейцария). Здесь вернулся его незаурядный организаторский талант. Он создает и в течение 10 лет руководит Базельским институтом иммунологии. Каждый иммунолог считает для себя честью выступить на семинаре этого необычного научного учреждения. Широко известны ежегодные научные отчеты Института со вступительными статьями Н. Эрне, которые всегда отличались глубиной и оригинальностью взглядов.

В течение многих лет Н. Эрне разработал теорию о взаимосвязи всех элементов иммунной системы. С 50-х годов известно, что молекулы антител обладают собственными, характерными для их специфичности антигенными или идиотипическими детерминантами. Н. Эрне предположил, что к каждой детерминанте в организме имеется соответствующее антитело, а к каждому антителу — свое специфическое анти-антитело. В свою очередь, анти-антитело имеет также соответствующего партнера, и все огромное число молекул антител ( $10^{17}$  у мыши) представляет собой, таким образом, внушительную сеть специфических взаимодействий. Поскольку антитела имеются на поверхности В-лимфоцитов, а идиотипические детерминанты обнаруживаются на поверхности Т-лимфоцитов, то в эту сеть включены и клетки иммунной системы. По мнению Н. Эрне, идиотипические взаимодействия крайне важны для саморегуляции всей системы, поскольку каждый член системы (идиотип) находится как бы под неусыпным контролем соответствующего партнера. Эта гипотеза оказала стимулирующее влияние на развитие иммунологических исследований в течение многих лет: и самим Н. Эрне, и другими исследователями были получены экспериментальные данные, говорящие в пользу существования идиотипической сети. При разработке теории идиотипической сети проявились все выдающиеся качества Эрне-теоретика — его способность «видеть лес, когда другие видят лишь отдельные деревья», четкость в определении того, что в данный момент еще неизвестно, и стремление к обобщению, к пониманию взаимосвязи всех элементов иммунной системы.

Цезарь Мильштейн (Cesar Milstein) родился в Аргентине в семье выходцев из России. После окончания университета в Буэнос-Айресе в 1952 г. он начал работать на кафедре биохимии в области энзимологии. В 1958 г. произошло событие,



Ц. Мильштейн

оказавшее сильное влияние на всю его последующую жизнь — Ц. Мильштейн получил стипендию, давшую возможность работать в знаменитой Лаборатории молекулярной биологии в Кембридже (Великобритания). Два года он занимался там изучением активности и структуры ферментов; там же познакомился с Ф. Сенгером, к тому времени уже Нобелевским лауреатом. Как шутивно заметил сам Ц. Мильштейн, этому способствовали частые посещения лаборатории Сенгера, в которой был единственный в отделе биохимии хорошо работающий рН-метр. Результатом их совместной работы была статья об активном центре фермента фосфогликомутазы. После защиты докторской диссертации Ц. Мильштейн в 1960 г. возвращается на родину, где занимает пост заведующего лабораторией в Национальном институте микробиологии. Однако уже через год после очередного военного переворота в Аргентине обстановка в Институте осложнилась, и с помощью Сенгера Ц. Мильштейн устраивается на работу в Кембриджскую лабораторию. Здесь и протекает вся его дальнейшая научная деятельность.

Начиная с 1962 г. по совету Сенгера Ц. Мильштейн интенсивно исследует первичную структуру иммуноглобулинов.

Эти работы отличались большой глубиной, и в центре их всегда стояли наиболее важные проблемы генетики антител, прежде всего происхождение их разнообразия. Впоследствии предметом исследования Ц. Мильштейна стали спонтанно возникающие мутации в длительных культурах миеломных лимфоцитов, продуцирующих иммуноглобулины. Однако наиболее важным этапом стала работа по получению гибридных клеток, возникающих при слиянии лимфоцитов. Вначале были получены гибриды миеломных клеток мыши и крысы. К 1970 г. стало ясно, что пептидные цепи антител слагаются из отрезков, синтез которых кодируется по крайней мере двумя генами — переменным, определяющим специфику антитела, и постоянным, общим для антител разных типов. Поскольку в гибридных клетках не было обнаружено комбинированных молекул, слагающихся из отрезков мышинных и крысиных цепей, стало ясно, что слияние переменной и постоянных частей антител идет не в ходе образования самой пептидной цепи, а происходит на более ранних этапах синтеза белка. Крайне существенно, что в результате этой работы был приобретен опыт по получению и клонированию гибридных клеток и длительному их выращиванию в культуре. Примерно в это время в лаборатории Ц. Мильштейна приехал Г. Келер.

Георг Келер (George Köhler) — самый молодой из новых лауреатов (ему сейчас 38 лет) — заинтересовался возникновением разнообразия антител при выполнении докторской диссертации в Базельском институте иммунологии (Швейцария), куда он приехал после окончания университета в ФРГ, где он родился. В ходе этой работы он понял, сколь велико количество вариантов антител, специфичных даже к одной-единственной антигенной детерминанте. Для продолжения своих исследований он и приехал в 1974 г. в Кембридж. Вначале он работал по получению гибридов разных миеломных



Г. Келер

клеток мыши. Однако целью Ц. Мильштейна и Г. Келера было получение таких клеток, которые бы синтезировали антитела с любой заданной специфичностью. Для этого в конце 1974 г. были проведены опыты по слиянию миеломных клеток, способных длительно расти в культуре, с лимфоцитами, образующими антитела, но способными к длительному росту вне организма. Эти эксперименты блестяще удались, и в августе 1975 г. в журнале «Nature» появилась знаменитая статья Г. Келера и Ц. Мильштейна, описывающая технику получения гибридом, как стали обозначать такие гибридные клетки.

Это открытие за короткий отрезок времени оказало огромное влияние не только на развитие иммунологии, но и многих других областей биологии. Каждая антителопродуцирующая лимфоидная клетка способна образовать лишь один вариант молекул антител. Поскольку в иммунном ответе участвует огромное число клеток, то результатом его является гетерогенная популяция антител, хотя и обладающих сходной специфичностью. Подобное разнообразие создает большие трудности при изучении биосинтеза антител и при использовании их в качестве специфического реагента. Поэтому возможность практически неогра-

ниченного получения гибридом, образующих лишь один-единственный вариант антител (т. е. моноклональных антител), сразу же помогла решить много проблем. Очень важно, что для получения моноклональных антител вовсе не нужно иметь антиген в чистом виде, поскольку из массы разных гибридных клеток можно отобрать ту клетку, которая продуцирует нужное антитело, и затем ее размножить<sup>1</sup>.

Вначале гибридомы были использованы для изучения генетики антител. Было показано наличие перестроек генов антител в лимфоцитах, проведена локализация генов на хромосомах этих клеток. По мере развития техники гибридом моноклональные антитела стали использоваться для изучения строения сложных комплексов, для обнаружения в них того или иного вещества, содержащегося даже в очень малых количествах. Появились совершенно новые возможности изучать дифференцировку клеток, поскольку

выявление характерных антигенов клеточных мембран перестало быть сложной проблемой.

Особо важное значение имеет возможность получения моноклональных антител для онкологических исследований и для медицинской практики. Уже имеются весьма обнадеживающие результаты по использованию моноклональных антител для диагностики опухолей. Так, введение больному меченных радиоактивным изотопом антител к специфическим антигенам опухоли в сочетании с компьютерной рентгенографией позволяет в некоторых случаях точно определить даже относительно небольшие опухоли, например, в кишечнике. Проводятся интенсивные работы по использованию противоопухолевых моноклональных антител для транспорта токсинов и лекарственных веществ к опухолям. Таким путем надеются уничтожать лишь злокачественные клетки, не повреждая при этом здоровую ткань.

Не удивительно, что получение разнообразных моноклональных антител сейчас составляет важнейшую часть биотехнологического производства. Согласно одному подсчету, в ближайшие годы оборот фирм,

участвующих в продаже моноклональных антител, достигнет миллиарда долларов.

Не столь уж часто бывает, что открытие в области биологии так быстро подхватывается научно-исследовательскими лабораториями, клиническими учреждениями и фирмами-изготовителями. Однако в случае моноклональных антител именно так и случилось. Это объясняется как простотой и относительной доступностью метода их получения, так и тем, что научные исследования в разных областях биологии и практическая медицина остро нуждались в строгоспецифических реагентах, какими и являются моноклональные антитела. Несомненно, что с их помощью удастся достигнуть очень многого как в фундаментальных биологических исследованиях, так и в медицине.

Развитие иммунологии продолжается очень быстрыми темпами, и надо полагать, что мы станем свидетелями еще не одного нового открытия в этой области.

**Р. С. Незлин,**  
доктор биологических наук

Институт молекулярной биологии  
АН СССР  
Москва

<sup>1</sup> Подробнее о гибридомидах см.: Мечетнер Е. Б., Червоносский А. В. Метод гибридом и его возможности. — Природа, 1984, № 9, с. 80.

## К ЧИТАТЕЛЯМ «ПРИРОДЫ»

Подписка на журнал «Природа» не ограничена и принимается во всех отделениях связи на любой срок с любого месяца.

Цена одного номера — 80 к.

Подписная цена:

на квартал — 2 р. 40 к.,

на полугодие — 4 р. 80 к.

Индекс 70707.

Обо всех случаях отказа в подписке просим сообщать в редакцию журнала по адресу: 117049, ГСП-1, Москва, Марононский пер., 26.

## О древнем виноградарстве и виноделии в Средней Азии

**Д. Абдуллоев,**  
кандидат исторических наук  
Ленинград

В Средней Азии с древнейших времен занимались виноградарством. Об этом свидетельствуют и письменные источники, и археологические данные. Так, известный греческий географ Страбон, описывая Гирканию — область на юго-восточном побережье Каспийского моря, утверждал, что одной виноградной лозы там хватает на целый метрет (39 л) вина.

Важные сведения по этому поводу сохранили китайские источники. Путешественник Чжан Цянь, посетивший Фергану и долину Зерафшана в 128 г. до н. э., писал, что население этих мест занимается земледелием, сеет рис и пшеницу, делает вино из винограда, причем богачи запасают большое количество вина, которое хранится несколько десятков лет. Возвращаясь из Средней Азии, Чжан Цянь захватил с собой саженцы винограда, благодаря чему в Китае распространилась эта культура.

Китайские источники также сообщают, что в одной из колоний, основанных выходцами из Самарканда в первой половине VII в. в Восточном Туркестане, в центре города находился виноградник, а сам город назывался «виноградным»<sup>1</sup>.

Арабским завоеванием VII—VIII вв. открывается новая эпоха в истории материальной и духовной культуры народов Средней Азии. Это было время интенсивной международной



Расписной зал богатого жилого дома из Панджикента. Фрагмент настенной росписи со сценой пиршества. VIII в.

торговли самыми разнообразными продуктами земледелия. Именно тогда в Средней Азии появляются ранее неизвестные сорта винограда, привезенные из отдаленных стран — из Аравии (сорт «тайфы»), Индии («каланджари»), Афганистана («шибиргани», «кабулистани», «балхи»), Ирана («бахтияри», «дарани»). Сорта «тайфы», «шибиргани», «дарани», «бахтияри» сохранились здесь до наших дней. Один из авторов X в. упо-

минает, что виноград Варагсара (одного из районов Самарканда) вывозился во все соседние области. На рынок поступал также изюм. Средневековый географ Макдиси сообщает, что изюм из Хорезма шел как на запад в Ирак, так и в страну Булгар и дальше на Русь.

Опустошительные набеги монголо-татарских полчищ нанесли большой урон сельскому хозяйству Средней Азии. Однако в начале XV в. в основных ее районах виноградарство было восстановлено. Клавихо — посол от Кастильского короля ко двору Тимура, посетивший Самарканд в 1404 г., неоднократно упоминает о том, что «весь город был окружен садами и виноградниками». Тот же автор особо упоминает о многочис-

<sup>1</sup> Бичурин Н. Я. Собранные сведения о народах, обитавших в Средней Азии в древние времена. М.—Л., 1950, т. 12, с. 50—57.

ленных пирах, на которых он присутствовал во время пребывания в Самарканде, где вино было необходимым напитком.

Большое хозяйственное значение виноградарства в сельском хозяйстве Средней Азии в последние века получило отражение в книге Мухаммада Салиха «Правила постройки зданий и садоводства» (XVII в.), в которой подробно описан способ обработки винограда. В ней, в частности, говорится, что весной после открытия кустов, нужно пропахать виноградник 3—6 раз и залить водой, затем около середины апреля прополоть гряды и очистить поливные каналы между ними. В начале мая, во время цветения, оставить виноградник в полном покое, чтобы не нанести вреда нежным цветам, лишь осенью его следует обрезать и полить, что предохраняет от вымерзания и способствует урожайности.

Это — письменные источники.

Археологические материалы позволяют судить о еще большей древности виноградарства в Средней Азии. Виноградные косточки, обнаруженные при раскопках поселения Намазга-депе (Южная Туркмения), относятся к IV—III тысячелетиям до н. э. Косточки винограда были найдены также и при раскопках городищ Кой-Кырилгал-кала (IV в. до н. э. — IV в. н. э.), Топрак-кала (III—IV вв.) в Хорезме, на поселении Тали-Барзу (под Самаркандом) в слое, относящемся к VIII в., и в замке Балалик-тепе (V—VII вв.). Ценные материалы дали раскопки, произведенные во дворе одного из храмов древнего Пенджикента. Здесь были обнаружены остатки виноградной лозы. Следует отметить, что одним из излюбленных мотивов изобразительного и прикладного искусства V—XIII вв. являлся мотив виноградной лозы. На одной из стен дворца согдийских правителей VII—VIII вв. в Афрасиабе (Самарканд) художник так искусно изобразил виноград, что специалисты без труда смогли определить его сорт — «хусайни» («дамские пальчики»), который и ныне широко известен в Средней Азии.



Фрагмент настенной росписи (прорисовка) из Афрасиаба: дароносец с виноградными гроздьями. VII в.

Благодаря археологическим материалам мы также можем судить о способах приготовления вина. На городище Старая Ниса в Южной Туркмении (II—I вв. до н. э.) было обнаружено большое царское винохранилище. В найденных здесь документах говорится, что имелось несколько сортов вина и существовали специальные чиновники, которые занимались его приемом и учетом. Согдийские документы с горы Муг в Таджикистане, относящиеся к VIII в., сообщают о регулярном учете полученных и израсходованных запасов вина.

Как же оно изготовлялось? В одном из пригородных домов древнего Пенджикента VII—VIII вв. была открыта винодавильня: ванна, обмазанная алебастром, и резервуар, связанный с ванной узким канальчиком. Виноград давили в ванне, а его сок через канальчик стекал в резервуар. Так вино отстаивалось, после чего его переливали в сосуды. По прибли-

зительным расчетам, ванна могла вместить 1400—1500 кг винограда. Аналогичные винодавильни были обнаружены в Хорезме и — автором этих строк — в южном Таджикистане; они также датируются VII—VIII вв. В более позднее время в Средней Азии способ приготовления вина оставался таким же. Так, винодавильни, распорные на городище Сарыг (в Киргизии) и на Афрасиабе в слоях X—XII вв., по своему устройству вполне сходны с домусульманскими винодавильнями.

Вино хранили в больших хумах (крупных корчагах), которые внутри были обмазаны алебастром. В них помещалось 100—150 л вина. Нужно отметить, что виноделие развивалось в Средней Азии несмотря на то, что ислам запрещал мусульманам пить вино. Традиции этого вида сельского хозяйства были столь сильны, что религиозный закон в данном случае был обойден.

В домусульманской же Средней Азии существовал даже культ бога виноградарства и виноделия, подобный культу древнегреческого Диониса. Об этом свидетельствуют изображения персонажей «дионисийского» культа. В частности, к культуре «Диониса» относятся изваяния ритуальных сцен на Нисийских ритонах I в. до н. э., фрагмент статуэтки божества в азиатском одеянии с виноградной гроздью в руке и ножом для подрезки винограда в другой из Кой-Кырилган-калы в слое III—II вв. до н. э., бронзовый фалар из Душанбе, где изображен юноша с венком из виноградной лозы на голове. О распространении образа бога вина в раннем средневековье свидетельствует терракотовая фигурка бородатого мужчины, увенчанного виноградной лозой, найденная на городище древнего Пенджикента.

Итак, письменные источники и археологические данные свидетельствуют о том, что виноградарство и виноделие в Средней Азии имеют своих весьма древних предков. Уже в раннем средневековье виноделие было на положении одного из видов городского ремесла и имело своего бога-покровителя, что свидетельствует о его значительном распространении.

## Космические исследования

**Завершена третья основная экспедиция на «Салют-7»**

Закончился самый длительный в истории космонавтики пилотируемый полет продолжительностью 237 суток. Космонавты Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев и О. Ю. Атьков, стартовавшие 8 февраля 1984 г. на корабле «Союз Т-10», 2 октября 1984 г. в 13 ч. 57 мин по московскому времени после выполнения запланированной программы полета на борту научно-исследовательского орбитального комплекса «Салют-7» — «Союз Т» — «Прогресс» возвратились на Землю.

В сентябре 1984 г. космонавты — члены третьей основной экспедиции — завершили исследовательскую работу в космосе, начатую ими 9 февраля 1984 г.<sup>1</sup>

В августе грузовой корабль «Прогресс-23» доставил на станцию рентгеновский телескоп-спектрометр «Сирень», созданный совместно специалистами Советского Союза и Франции. С его помощью космонавты провели 46 сеансов, во время которых измерялись спектры галактических и внегалактических источников рентгеновского излучения в широком диапазоне энергий; эти источники находятся в созвездиях Стрельца, Лебедя и в Крабовидной туманности.

Экипаж продолжил эксперименты по программе исследования природных ресурсов Земли и изучения окружающей среды. В частности, были выполнены заключительные съемки по

программе международных аэрокосмических экспериментов «Черное море» и «Гюнеш». Фотографирование и спектрометрирование акватории Черного моря и Шеки-Закатальского научного полигона Азербайджанской ССР проводились с борта станции «Салют-7», а также подспутниковыми измерительными средствами; использовались приборы, разработанные и изготовленные в странах — участниках программы «Интеркосмос».

Много времени на заключительном этапе полета уделялось медико-биологическим исследованиям и экспериментам. Оценивалась реакция сердечно-сосудистой системы космонавтов на имитацию гидростатического давления, создаваемого вакуумным костюмом «Чибис». Физиологические параметры регистрировались многофункциональной аппаратурой «Реограф», «Аэлита», «Эхограф». Для углубленного анализа особенностей биохимического состава и водно-солевого обмена в организме человека, длительное время находящегося в невесомости, О. Ю. Атьков брал пробы венозной крови у командира и бортинженера экипажа. В эксперименте «Спорт» оценивалась эффективность влияния различных тренировочных режимов на состояние здоровья и физическую работоспособность космонавтов в длительном орбитальном полете. В последние дни с целью подготовки к возвращению на Землю космонавты проводили регулярные тренировки с использованием вакуумного костюма «Чибис».

В сентябре экипаж провел профилактические мероприятия с отдельными бортовыми системами, заменил узлы и детали, гарантийный срок действия которых истек, на новые, выполнил инвентаризацию оборудования и аппаратуры станции. Была проведена оценка параметров атмосферы вблизи орби-

тального комплекса с целью изучения температуры различных элементов станции дистанционным методом с помощью инфракрасного радиометра.

Перед возвращением на Землю экипаж осуществил консервацию научной аппаратуры, агрегатов и бортовых систем станции и перенес в спускаемый аппарат корабля «Союз Т-11» контейнеры с материалами проведенных исследований.

Длительный, 237-суточный орбитальный полет Л. Д. Кизима, В. А. Соловьева и О. Ю. Атькова стал выдающимся свершением советской космонавтики. Результаты исследований, выполненных в ходе полета, найдут широкое применение в различных отраслях науки и народного хозяйства, а также будут использованы при создании постоянно действующих орбитальных комплексов.

Станция «Салют-7» продолжает полет в автоматическом режиме.

С. А. Никитин  
Москва

## Астрофизика

**Ядра шаровых скоплений: сжатие или расширение?**

Долгое время считалось, что центральные части звездных скоплений лишь уплотняются в процессе своей эволюции. В последнее время как модельные расчеты, так и наблюдения свидетельствуют о том, что сжатие ядер скоплений может смениться расширением.

Главный источник эволюции звездных скоплений — гравитационное взаимодействие звезд. В результате одни звезды ускоряют свое движение и устремляются к периферии скопления (а иногда и за его

<sup>1</sup> Подробнее о предыдущих этапах работы космонавтов см.: Природа, 1984, № 6, с. 103; № 8, с. 102; № 10, с. 104; № 11, с. 101.

пределы), другие замедляются и попадают в центральную часть скопления — в его ядро. Со временем звездная плотность в ядре увеличивается, взаимодействие между звездами усиливается, что приводит к дальнейшему катастрофическому росту плотности в центральной части ядра. Чем заканчивается этот процесс катастрофического сжатия?

Лет десять назад считалось, что коллапс ядра приводит к тому, что звезды начинают сталкиваться друг с другом, слипаются в гигантский газовый конгломерат — сверхзвезду, которая в конце концов превращается в массивную черную дыру. Предпринимались даже попытки обнаружить черные дыры в центре некоторых шаровых скоплений. Но сейчас взгляд на эволюцию ядер скоплений изменился. Оказалось, что скопление может избежать полного коллапса ядра, если в нем появится источник энергии, заставляющий звезды двигаться быстрее и не позволяющий им опускаться к центру скопления. Роль «ускорителя движения звезд» могут играть сами звезды, но не одиночные, а входящие в тесные двойные системы. Пролетая рядом с двойной звездой, одиночная звезда, как правило, ускорит свое движение, а сама двойная становится чуть более тесной, этим и обеспечивается баланс энергии.

Правда, в шаровых скоплениях мало двойных систем, но расчеты показали, что, когда в ходе коллапса ядра скопления его плотность превысит  $10^7$  звезд в кубическом парсеке, одиночные звезды начнут интенсивно объединяться в двойные системы. Образование лишь нескольких двойных систем приведет к остановке коллапса ядра и даже к последующему его расширению. Можно говорить о моменте начала расширения ядра как о «точке поворота» в эволюции скопления.

Можно ли различить скопления, еще только приближающиеся к точке поворота и уже прошедшие ее? Оказалось, распределение звездной плотности в ядре скопления до коллапса и после него не одинаково. До катастрофического сжатия ядро имеет почти однородную

плотность, в ходе сжатия плотность должна резко возрасти к центру и сохранить такой профиль после начала расширения. В наблюдениях это должно проявиться как резкий пик яркости в центре скопления.

Тщательно исследовав 9 перспективных с этой точки зрения шаровых скоплений, сотрудники Калифорнийского университета в г. Беркли (США) С. Дерговски и И. Кинг (S. Djorgovski, I. King) действительно обнаружили у трех из них (NGC 6624, 6681 и 7099) центральный пик яркости ожидаемой формы. Еще раньше такой пик был обнаружен у скопления М 15 (NGC 7078). Возможно, и у некоторых других скоплений нашелся бы подобный признак катастрофического сжатия ядра, но наблюдать эти узкие пики яркости сквозь неоднородности земной атмосферы очень сложно. Для продолжения работ, по-видимому, требуется космический телескоп.

Эту же проблему исследовали два американских теоретика — Х. Кон и П. Хат (H. Conn, P. Hut). Они создали математическую модель всей популяции шаровых скоплений Галактики и рассчитали, как будут изменяться со временем динамические параметры их ядер. В расчетах было учтено, что ядра сначала сжимаются и уплотняются, а достигнув критического состояния, вновь начинают расширяться. Рассчитанное на основе этой модели распределение параметров шаровых скоплений неплохо совпало с наблюдаемым. Основываясь на своих вычислениях, авторы считают, что некоторые шаровые скопления уже благополучно прошли стадию коллапса ядра и теперь медленно расширяются. При этом даже в момент наибольшего сжатия дело не дошло до прямого столкновения звезд и, конечно, никакой черной дыры в центре скопления не образовалось. Обнаружить же несколько тесных двойных систем — источник энергии для расширяющегося ядра скопления — при существующей технике наблюдений не представляется возможным.

Astrophysical Journal Letters, 1984, v. 277, № 2, part. 2, p. L45—L48, L49—L52(США).

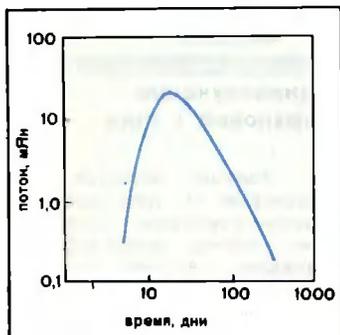
## Радиоизлучение от сверхновой I типа

Хорошо известно, что сверхновые II типа являются радиоисточниками, излучающими волны сантиметрового диапазона. А вот попытки обнаружить радиоизлучение от сверхновых I типа до недавнего времени кончались безрезультатно.

3 июля 1983 г. в спиральной галактике NGC 5236 (M 83) была обнаружена сверхновая, которая достигла максимума своего блеска 17 июля 1983 г. Эту сверхновую наблюдал также ультрафиолетовый спутник IUE. Данные, полученные в оптической и ультрафиолетовой области, позволили заключить, что обнаружена необычная сверхновая I типа, светимость которой меньше, чем у обычных сверхновых этого класса.

Но самое главное, что у этой сверхновой обнаружено также радиоизлучение. Наблюдения были проведены Р. А. Шрамеком, Н. Панагиа и К. В. Вейлером (R. A. Sramek, N. Panagia, K. W. Weiler; Национальная радиоастрономическая обсерватория в Нью-Мехико, США) на VLA (Очень большая решетка радиоастрономических антенн). 6 июля 1983 г. радиопоток на длине волны 5 см составил  $(2,0 \pm 0,5)$  мЯн, а 28 июля он увеличился до 18 мЯн. Природа радиоизлучения явно нетепловая, яркостная температура около  $10^{11}$  К. Светимость сверхновой, зарегистрированная на длине волны 6 см, была очень высока и почти в 100 раз превышала светимость наиболее молодого и яркого галактического остатка сверхновой Кассиопея А.

Быстро уменьшение потока радиоизлучения со временем от сверхновой 1983 свидетельствует о том, что для обнаружения радиоизлучения наблюдение источника необходимо начинать как можно раньше с момента вспышки. Почти все поиски радиоизлучения от ис-



Кривая блеска радиоизлучения от сверхновой 1983.

торических сверхновых I типа были проведены годы спустя после обнаружения их в оптическом диапазоне; кроме того, использовались радиотелескопы, обладающие значительно меньшей чувствительностью, чем VLA. Поэтому, по мнению авторов работы, не удивительно, что радиоизлучение до сих пор не было обнаружено.

Preprint NRAO, 1984 (США).

Астрономия

## Пульсарная шкала времени

Группа сотрудников Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР, Государственной комиссии единого времени и эталонных частот и Всесоюзного научно-исследовательского института физико-технических и радиотехнических измерений (Менделеево) предлагает ввести новую астрономическую шкалу времени, используя в качестве хранителей шкалы несколько специально выбранных пульсаров с наиболее стабильными периодами вращения.

Сейчас существует три шкалы времени: две астрономические — шкала всемирного времени, определяемого вращением Земли вокруг своей оси, и эфемеридного времени, определяемого орбитальным движе-

нием Земли вокруг Солнца, а также шкала атомного времени. Для построения шкалы атомного времени применяют высокостабильные эталонные частоты, основанные на использовании квантовых переходов между энергетическими уровнями атомов. Каждая из этих трех шкал времени имеет некоторые преимущества и недостатки. Относительная погрешность шкалы всемирного времени, связанная с неравномерностью вращения Земли, составляет  $10^{-8}$  с; моменты времени в этой шкале фиксируются с погрешностью  $(2-4) \cdot 10^{-3}$  с. Шкала эфемеридного времени равномерна на больших промежутках времени, но погрешность определения моментов времени составляет десятки доли секунды. Наиболее высокой точностью обладает атомная шкала, но, в отличие от астрономических шкал, она не имеет единого (природного) начала отсчета.

Как известно, пульсары — сильно намагниченные, быстро вращающиеся нейтронные звезды с периодами вращения от 0,03 до 4 с — излучают синхронные с периодом вращения звезды строго периодические импульсы радиоизлучения большой мощности в течение  $10^7$  лет. Радиоизлучение пульсара строго когерентно; наблюдатель фиксирует сравнительно узкие и строго периодические импульсы с периодом, равным периоду вращения звезды. Это свойство пульсаров и позволило предложить использовать их в новой шкале времени — пульсарной.

Исследования, проведенные на радиоастрономической станции ФИАН в метровом и дециметровом диапазонах, показали, что наиболее подходящими хранителями шкалы пульсарного времени являются пульсары PSR 0834+06, 0950+08 и 1919+21. В качестве основного реперного пульсара предлагается принять пульсар PSR 0834+06. Шкала пульсарного времени определяется как непрерывная последовательность интервалов времени между импульсами радиоизлучения основного реперного пульсара. Единица измерения времени — пульсарная секунда — определяется как  $k$ -я доля длительности периода ре-

перного пульсара, причем  $k$  выбирается так, чтобы продолжительность пульсарной секунды была максимально близка к длительности атомной секунды. За начальный период отсчета пульсарной шкалы предлагается принять момент появления первого импульса основного реперного пульсара после начала какого-либо календарного года, например после 1 января 1980 г.

Шкала пульсарного времени по сравнению со шкалами всемирного и эфемеридного времени будет иметь более высокую точность воспроизводства единицы интервала ( $10^{-11}$ ) и момента времени ( $2 \cdot 10^{-4}$  с), и, в отличие от шкалы атомного времени, она независима от земных условий; новая шкала была бы долговременной и глобальной.

Доклады АН СССР, 1984, т. 275, № 4, с. 835—838.

Планетология

## Вулканизм на Земле и Венере

Х. Мазурский (H. Masursky; Управление геологической съемки США, Флагстафф, штат Аризона), Л. Эспозито (L. Espozito; Колорадский университет, Боулдер, штат Колорадо) и Ф. Скарф (F. Scarf; аэрокосмическая компания TRW) сообщили о результатах изучения вулканизма на Венере и их сопоставлении с аналогичными процессами на Земле. В основу исследований положены данные, полученные с борта орбитального отсека межпланетной станции «Пионер-Венера», который с момента запуска в 1978 г. и до начала 1984 г. совершил более 1800 оборотов вокруг Венеры на высоте 640 км.

Толчком к работе послужило мощное извержение в 1982 г. вулкана Эль-Чичон (Мексика), после которого один из искусственных спутников Земли обнаружил в верхней атмосфере необычно большое количество вулканической пыли. Сопоставление этих данных с измерениями ультрафиолетового спектрометра станции «Пионер-Венера» по-

казало определенное сходство вулканических явлений на обеих планетах.

Установлено, что в период перед декабрем 1978 г. в атмосферу Венеры поступило гигантское количество двуокиси серы, в 50 раз превысившее норму. Оценки показали, что извержение, приведшее к выбросу такого количества  $SO_2$ , должно было примерно в 10 раз превысить мощность извержения Эль-Чичон; это и позволило значительным массам серы подняться на высоту 70 км над поверхностью планеты в условиях, когда плотность атмосферы Венеры в 100 раз больше земной.

Геологическая карта Венеры, построенная на основании радиолокационных исследований и альтиметрии, показывает, что вулканическая активность сосредоточена в двух регионах планеты. Один из них — область Бета — вытянута с севера на юг в районе экватора вдоль структурного разлома коры планеты, превышающего своей длиной известный разлом между Гавайями и о-вом Мидуэй в Тихом океане. По-видимому, в пределах Беты находится два вулкана щитового типа. Другой вулканический регион — восточная окраина огромного континента, именуемого Землей Афродиты. Здешний район вулканической активности называется областью Атла.

Радиослежение с Земли зарегистрировало отклонение орбитальной отсечки станции от вычисленной орбиты, что указывает на существование в областях Беты и Атлы гравитационных аномалий. На Земле подобные аномалии сопутствуют областям, где находятся молодые вулканы.

Прибор для обнаружения плазменных волн в атмосфере, установленный на борту орбитального отсека, зафиксировал постоянные молниевые разряды в областях Беты и Атлы. Не исключено, что они связаны с грозами, часто сопровождающими вулканическую активность и на Земле.

Согласно оценкам, интенсивная вулканическая активность на Венере возобновляется через каждые 5—10 лет. Последний подобный период был в 1976 г.; мощность извержений

приблизительно равнялась извержению Кракатау в 1883 г. — сильнейшему на Земле за весь исторический период.

Высокую вулканическую активность на Венере можно объяснить тем, что в отличие от Земли на ней отсутствует спрединг (расширение коры), который на нашей планете приводит к разрыву поверхности и к тому, что жидкая магма, «спокойно» выделяющая тепловую энергию, изливается на дно океанов почти постоянно. Вместо этого безводная планета «вынуждена» концентрировать процесс отдачи энергии в немногих областях, таких как Бета и Атла. Малое количество «выводных каналов» приводит к тому, что их активность осуществляется с большей интенсивностью.

New Scientist, 1984, v. 101, № 1398, p. 22 (Великобритания).

Физика

## Криолюминесценция

Исследователи более 100 жидкостей и расплавов, А. М. Трохан, А. И. Лапшин, О. И. Гудзенко (Всесоюзный научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений, Менделеево) показали, что криолюминесценция, т. е. спонтанное излучение импульсов света при замораживании и быстром охлаждении до низких температур, ниже точек плавления, является общим свойством прозрачных слабоокрашенных жидкостей; к ним относятся, например, чистая и морская вода, органические и неорганические растворители, растворы, смеси, расплавы.

Оптический диапазон криолюминесценции охватывает область 300—700 нм с максимумом интенсивности в желто-зеленой части спектра. Частота следования световых импульсов меняется от  $10^{-1}$  до  $10^2$  с $^{-1}$  и зависит от состава замораживаемых смесей и природы компонентов. На параметры криолюминесценции сильно влияет скорость охлаждения: при ее росте увеличивается и частота следова-

ния импульсов, и их амплитуда. Временное распределение вспышек зависит также от температуры, с которой начинается охлаждение: при уменьшении начальной температуры от  $T_{кип}$  до температур, близких к  $T_{пл}$  и ниже, интенсивность свечения уменьшается.

Обычно криолюминесценция сопровождается излучением в радиочастотном и звуковом диапазонах (потрескивание). Это позволяет связать ее с возникновением механических напряжений, трещин и т. п. в замерзших жидкостях при резком понижении их температуры, а также с возможным низкотемпературными структурными превращениями. По-видимому, большую роль в возникновении криолюминесценции играют такие явления, как пьезо- и пирозлектрические эффекты, разделение зарядов на свежесформированных при растрескивании поверхностях, образование и движение заряженных дислокаций. Поэтому криолюминесценция наиболее характерна для веществ, молекулы которых имеют большой дипольный момент (например, ацетон, спирты и т. п.).

Криолюминесценция играет большую роль в гидрофизических, криохимических и криобиологических процессах. Поскольку ее параметры, в том числе временное распределение световых вспышек, характерны для данного вещества, смеси или раствора, криолюминесценцию можно использовать для разработки высокочувствительных методов анализа состава и строения вещества, для обнаружения подвижек льдов, образования трещины в ледниках, прогноза лавин.

Доклады АН СССР, 1984, т. 274, № 1, с. 83—86.

Физика

## Голографическое трехмерное зрение роботов

А. П. Якимович (Новосибирский институт автоматики и электротехники СО АН СССР) предложил голографический

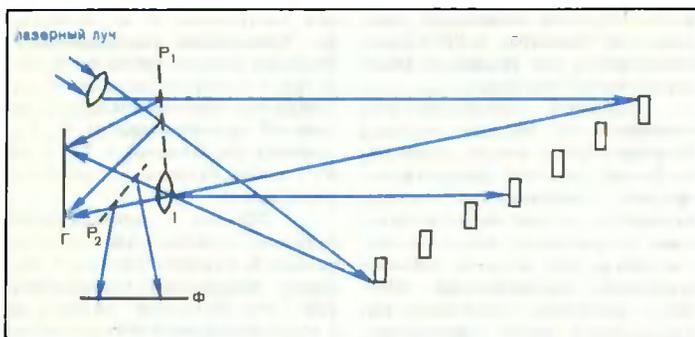
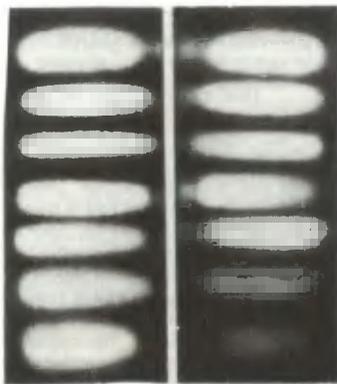


Схема получения голограммы. Луч лазера (или другого источника пространственно-когерентного излучения) расщепляется полупрозрачным зеркалом  $P_1$  на два пучка, один из которых освещает пространственно разнесенные объекты в форме параллелепипедов, а другой направляется на фотоматериал, расположенный в плоскости  $\Gamma$ , и создает опорную волну. (В случае движущихся объектов используется импульсное освещение.) Линза 1 фокусирует изображение

объектов в плоскость голограммы  $\Gamma$ . Зная интенсивность волны от объекта и функцию когерентности источника излучения, можно вычислить трехмерные координаты объектов в полярной системе координат, центр которой совпадает с центром линзы 1. Яркость точек объектов легко получить из обычной фотографии сцены; это осуществляется с помощью расщепителя  $P_2$ , который направляет часть сигнальной волны на фотопластинку  $\Phi$ .

метод создания системы трехмерного зрения. Дело в том, что до сих пор не было надежной и эффективной системы зрения роботов, что существенно ограничивало их применение в производственных процессах. Основной критерий практического использования таких систем — быстродействие; оно должно быть не больше 0,1 с, в то время как пространственное разрешение может быть довольно низким:  $50 \times 50 \times 50$  элементов разрешения.

Голография широко применяется для измерения параметров трехмерных динамических процессов, однако она используется только для фиксации светового поля в момент измерения. В предлагаемом же методе уже на стадии получения голограммы осуществляется частичное вычисление трехмерной информации. Метод основан на получении голограммы сфокусированного изображения объектов сцены с помощью излучения с определенным образом выбранной функцией временной когерентности. Каждая точка такой голограммы содержит информацию о расстоянии до соответствующей точки объекта и о ее яркости.



Распределение интенсивности сигнальной волны в плоскости голограммы (слева). Видно, что все объекты имеют практически одинаковую интенсивность. Хорошо заметна также расфокусировка изображений объектов из-за большой относительной глубины сцены. Справа — распределение интенсивности в изображении, восстановленном из полученной голограммы. Яркость восстановленного изображения зависит от расстояния до объектов. Иными словами, в восстановленном изображении произошла «визуализация» глубины сцены.

Для иллюстрации возможностей метода был проведен простой эксперимент, заключающийся в получении голограммы сфокусированного изображения сцены с пространственно-разнесенными объектами. В качестве таких объектов были взяты идентичные по отражательной способности стальные параллелепипеды; использовался специальный лазер, имеющий равномерное (с точностью 20 %) распределение интенсивности выходного пучка по сечению (см. второй рис).

Если для получения голограммы использовать динамическую фотосреду, например фототермопластинку, а для регистрации восстановленного из голограммы изображения и яркости точек объектов — два синхронно работающих видеокана, то можно получить быстродействие около 0,1 с. Таким образом, новый метод удовлетворяет основному требованию к системам трехмерного зрения роботов. Однако в нем сигнал о дальности модулируется яркостью точек объекта, что снижает разрешение по глубине. В случае объектов с близкими яркостными характеристиками предложенный метод позволит создать простую и достаточно эффективную систему трехмерного зрения роботов с разрешением  $100 \times 100 \times 100$  элементов и объемом сцены  $1 \text{ м}^3$ . Предложенный метод может найти применение для создания автоматизированных устройств ввода координат трехмерных объектов в ЭВМ, для грубого контроля промышленных изделий, а также для получения видеосигнала в системе объемного телевидения.

Квантовая электроника, 1984, т. 11, № 4, с. 680.



Химия атмосферы

## Озоновый щит Земли пока еще цел

Как известно, в 70-е годы появились опасения по поводу сохранности озонового щита, окружающего Землю в верхних слоях атмосферы и в значительной степени задерживаю-

щего ультрафиолетовое излучение Солнца, опасное для биосферы<sup>1</sup>. Главным образом озонному слою угрожают химически инертные в обычных условиях газообразные фторорганические соединения (фреоны), которые используются в качестве наполнителей в аэрозольных баллончиках, хладагентов в холодильниках и в ряде других случаев. Поднимаясь на высоту нескольких десятков километров и накапливаясь там, фреоны, по мнению специалистов, вступают в сложную цепь химических реакций с участием озона, в результате концентрация озона в верхних слоях атмосферы должна значительно снижаться. В ряде стран были даже предприняты законодательные меры по ограничению использования аэрозольных баллончиков.

Однако подобное беспокойство опровергают эксперименты, проводимые на станции «Фарадей», которая принадлежит Британской антарктической службе и расположена на острове вблизи Земли Грейома (район Антарктического п-ова).

На протяжении последних 30 лет на станции проводился непрерывный мониторинг общего содержания озона в атмосфере с помощью направленного в небо спектрометра. Обнаружено, что концентрация озона может значительно меняться в зависимости от времени суток, сезона и даже года, однако какого-либо общего обеднения озонового слоя за это время не произошло. Аналогичный прибор используется также на другой станции Британской антарктической службы — «Галлей».

Эти наблюдения подтверждаются экспериментами с 55 воздушными шарами, запущенными со станции «Фарадей» в прошлом году. На них исследовалось вертикальное распределение озона вплоть до высоты 30 км. Измерения проводились с помощью непрерывной прокачки воздуха через электрохимическую кювету.

Воздушные шары запускались синхронно с прохождением над станцией двух спутников, которые исследовали распределение озона из космоса.

Таким образом, данные всех экспериментов позволяют считать, что в настоящее время озоновый слой еще не нарушен, хотя, разумеется, не снимают эту проблему вообще. London Press Service, 1984, № 26A1 (Великобритания).

#### Молекулярная биология

### Субъединицы рибосомы способны перемещаться!

Синтез белка, осуществляемый рибосомами, состоит из нескольких последовательных стадий, одна из которых — транслокация. Это сложный процесс, включающий: выход из рибосомы транспортной РНК, которая уже освободилась от своего груза — аминокислоты; перемещение следующей за ней тРНК, которая удерживает растущую белковую цепь, из одного участка рибосомы в другой, ранее занятый ушедшей тРНК; сдвиг матричной РНК, которая находится в щели между двумя субъединицами рибосомы, на три нуклеотида (т. е. на один кодон).

Предположение, что транслокация может быть связана с чередующимися сокращением и расширением (пульсирующее рибосомное сокращение), высказывалось еще в начале 60-х годов. В 1968 г. А. С. Спирин (Институт белка АН СССР, Пушино) выдвинул идею о некотором раздвижении рибосомных единиц как возможном механизме транслокации. Только сейчас эта идея получила экспериментальное подтверждение. Спирину и сотрудникам пришлось решить для этого две проблемы: добиться синхронности в работе всех рибосом исследуемой системы (реально рибосомная популяция гетерогенна, и только часть ее проявляет полную активность); сделать невидимыми происходящие внутри рибосомы перемещения молекул тРНК и мРНК, с тем чтобы за-

метить изменения самой рибосомы, совершающиеся между ее двумя функциональными состояниями (перед транслокацией и после нее).

С этой целью исследователи применили метод вариации контраста в нейтронном рассеянии<sup>1</sup>, основанный на использовании смесей обычной и дейтериевой воды, взятых в разных пропорциях. Этим методом удалось добиться такого состояния системы, при котором можно было измерять физические величины, связанные только с белковым компонентом рибосомы. Оказалось, что компактность рибосом, находящихся в пре- и пост-транслокационном состоянии, различна и это различие увеличивается с удлинением синтезируемой белковой цепи.

Таким образом, удалось подтвердить, что при транслокации уменьшается компактность рибосомы за счет пространственного смещения отдельных ее частей на несколько ангстрем. Какие именно части рибосомы участвуют в этом движении, пока остается неясным. Может быть, большая и малая субъединицы перемещаются друг относительно друга?

Доклады АН СССР, 1984, т. 274, № 5, с. 1260.

#### Биохимия

### Лейкоциты и кислород

Группа сотрудников Института биологии развития им. Н. К. Кольцова АН СССР, Института иммунологии и Института питания АМН СССР изучала механизм фагоцитоза. Как известно, фагоцитоз — захват и уничтожение живых или неживых частиц (бактерий, погибших клеток, их ядер или фрагментов и т. п.) осуществляется белыми клетками крови (лейкоцитами) и играет ключевую роль в борьбе организма против инфекции. В последние годы было установлено, что фагоцитоз сопровождается вспышкой дыхания, при которой лейкоци-

<sup>1</sup> См.: Вольнов И. И. Антропогенное загрязнение атмосферы фреонами и его возможные последствия. — Природа, 1977, № 4, с. 19.

<sup>1</sup> Ibel K., Stuhmann H. В. — J. Mol. Biol., 1975, v. 93, p. 255.

ты интенсивно поглощают кислород. Однако эта вспышка не связана с усилением обычного внутриклеточного дыхания.

Как оказалось, на поверхности фагоцитирующих клеток имеется специальный фермент, который активирует молекулярный кислород, а затем превращает его в свободные радикалы. Именно свободные радикалы имеют важнейшее значение в последующих этапах фагоцитоза. Обладая сильным разрушающим действием, они вызывают деградацию ДНК и других биополимеров, нарушают проницаемость мембран, инактивируют вирусы и приводят к гибели фагоцитируемые клетки.

Поражение нормальных тканей при воспалительных процессах тоже связано с образованием лейкоцитами кислородных радикалов. Казалось бы, работающие лейкоциты можно отнести к категории «самоубийц» — ведь выработанные ими кислородные радикалы могут привести к их собственной гибели. Но, судя по исследованиям авторов, это не так. Кислородные радикалы образуются не на всей поверхности лейкоцитов, а только в местах тесного контакта с поглощаемым лейкоцитами материалом. Поэтому-то разрушающее действие кислородных радикалов никак не сказывается на жизнеспособности самих лейкоцитов.

Если по каким-либо причинам лейкоциты теряют способность превращать молекулярный кислород в свободные радикалы, эти клетки перестают выполнять свою защитную функцию.

*Experimental Cell Research*, 1984, v. 151, p. 247 (Швеция).

#### Медицина

### Еще один фактор, разрушающий оболочку нервных волокон

Известно, что нервные волокна покрыты миелиновой оболочкой. Она состоит из миелина, включающего, как и все биологические мембраны, липиды и белки. Такая оболочка предот-

вращает рассеивание нервных импульсов и обеспечивает высокую скорость их проведения. При некоторых заболеваниях нервной системы (например, рассеянном склерозе), возникновение и развитие которых еще окончательно неясны, миелиновая оболочка разрушается без повреждения других элементов нервной ткани. Молекулярный механизм избирательного распада оболочки до сих пор непонятен.

Можно предположить, что распад происходит за счет перекисного окисления липидов — одного из механизмов повреждения любых биологических мембран, но экспериментального подтверждения этому не было, поскольку такой процесс при расстройствах нервной системы не изучался. Некоторую ясность внесли исследования Х. Н. Аннанелесова, Н. В. Горбунова и В. А. Тюрина (Институт физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова АН СССР, Ленинград).

Они изучали процессы перекисного окисления липидов при остром вирусном энцефаломиелите, экспериментально вызванном коронавирусом мышинного гепатита. В этом случае также разрушается миелиновая оболочка нервных волокон. Уже через неделю у экспериментальных животных развивались все неврологические симптомы болезни, а в мозге появлялись продукты перекисного окисления (малонилдальдегид, диеновые конъюгаты) — весьма активные и агрессивные соединения, способные играть важную роль в развитии заболевания и привести к нарушению передачи нервных импульсов.

Известно, что постепенный распад миелина связан со многими процессами (или сопровождается ими): в это время повышается проницаемость гематоэнцефалического барьера; активируются ферменты, вызывающие разрушение белков и липидов; возбуждаются иммунные реакции против антигенов мозга. Теперь к этому следует добавить и нарушения в системе перекисного окисления липидов. Однако какова роль этих уже и ранее известных нарушений в активации такого процесса, по-прежнему неясно.

Установить причины и механизмы окисления липидов при распаде миелиновой оболочки — задача дальнейших исследований.

Доклады АН СССР, 1984, т. 274, № 5, с. 1242.

#### Микробиология. Техника

### Микробиологический анализ воды за несколько часов

Применяемая в настоящее время методика анализа проб питьевой воды на присутствие в ней бактерий и их идентификация занимает двое суток и заключается в следующем. Пробу, содержащую 100 мл воды, фильтруют через мембранный фильтр из целлюлозы целлюлозы с размерами пор 0,45 мкм. Затем фильтр помещают на чашку Петри с жидкой питательной средой и индикатором и в течение суток инкубируют в термостате. О численности бактерий судят по желтым пятнам на фильтре — колониям, выросшим из каждой бактерии. Чтобы идентифицировать вид бактерий, из колонии берется небольшая проба и подвергается серии биохимических тестов, которые занимают еще сутки.

Группа микробиологов под руководством Г. Джонса (G. Jones; лаборатория Уэссекской водной инспекции, Сэлфорд, юго-западная Англия) разработала автоматизированную систему, совмещающую эти два процесса и позволяющую сократить время анализа примерно до 10 часов. Новая методика основана на эмпирическом методе очень точного измерения электропроводности смеси исследуемой воды и питательной среды. 112 кубет, содержащих эту смесь, помещают в термостат при температуре 37 °С, которая регулируется с точностью 0,002 °С. При росте бактерий в среде происходит изменение электропроводности, которая измеряется каждые полчаса с точностью 0,1 % при общей электропроводности смеси порядка 5 миллсименсов (си-

менс — величина, обратная ему). Данные измерения обрабатываются микропроцессором и изображаются на дисплее в виде кривой роста числа бактерий. В случае неблагоприятного анализа сигнал с помощью компьютерной сети, к которой подключен терминал Уэссекской водной инспекции, может быть передан к источнику зараженной пробы. В результате автоматически могут быть приняты меры, предотвращающие поступление зараженной воды к потребителю (например, путем добавления в воду хлора или отвода ее в соответствующий дренажный резервуар). При двухсуточной методике времени на принятие подобных мер не хватает.

Аналогичная автоматическая система уже действует; с ее помощью проводится анализ на присутствие в воде химических, металлов или следов сточных вод; она позволила увеличить число анализов с 200 до 600 в неделю при значительном сокращении персонала.

Испытываемая система микробиологического анализа показала следующие результаты. Сильно зараженная вода (1000 бактерий в 100 мл воды) обнаруживается через 3 часа; меньшая степень загрязнения (10 бактерий) — примерно через 9 часов. Идентификация бактерий производится по форме кривой роста, которая, как утверждают авторы, «столь же специфична для каждого вида, как отпечатки пальцев». С уверенностью идентифицируются такие бактерии, как *E. coli*, сальмонелла и клебсиелла.

London Press Service, 1984, 16A384 (Великобритания).

Ботаника

**«Птицеустойчивый» подсолнечник**

Д. Парфит (D. Parfitt; Университет штата Калифорния, США) изучал поведение птиц — в основном черных дроздов (*Turdus merula*) — на плантациях созревшего подсолнечника. Обычно черные дрозды при

массовых налетах наносят плантациям существенный урон.

Выяснено, что дрозды предпочитают растения, цветков которых обращен вверх (очевидно, доставая семена из цветков, наклоненных к земле, они испытывают затруднения). Столь же предпочтительны растения с высоким стеблем, как бы выносящим вверх удобную «посадочную площадку». Дрозды стараются избегать вогнутых цветков, форма которых также затрудняет выклевание семян. Наконец, отталкивающим фактором оказался белый цвет, свойственный некоторым даже созревшим семенам; птицы явно предпочитали им полосатые. Все эти наблюдения ориентируют растениеводо-селекционеров на выведение подсолнечника с «птицеустойчивыми» свойствами.

Canadian Journal of Plant Science, 1984, v. 64, p. 37 (Канада); New Scientist, 1984, v. 102, № 1410, p. 19 (Великобритания).

Психология

**Идеомоторные действия**

Психологи Т. Г. Горячева и С. А. Капустин (Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова) исследовали феномен, известный под названием идеомоторного акта: при мысленном представлении какого-либо движения мышцы непроизвольно начинают выполнять это движение.

Исследователи подвешивали испытуемым на указательный палец грузик весом 5 г на нити длиной 45 см. Требовалось представить себе качание этого маятника в определенном направлении. Хорошо известно, что в таких условиях возникает типичный идеомоторный акт, и маятник начинает раскачиваться в определенном направлении. В данной работе опыты проводились с открытыми глазами, с закрытыми глазами и с так называемой «ложной обратной связью» (в этом случае испытуемые наблюдают колебания луча на экране осциллографа

и при этом сообщается, что направление этих колебаний соответствует направлению колебаний маятника, тогда как в действительности оно смещено на 90°).

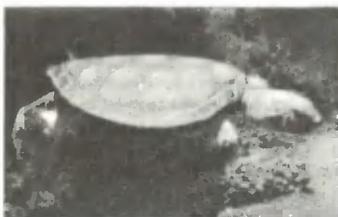
Совпадение направления непроизвольного раскачивания с направлением, представляемым мысленно, наблюдалось при открытых глазах. При закрытых глазах эти направления обычно не совпадали, а в третьем опыте маятник у большинства испытуемых раскачивался в направлении, промежуточном между тем, которое они представляли, и тем, которое наблюдали на экране. Эти данные говорят о том, что информация о самом движении (в частности, зрительная) влияет на характеристики идеомоторного действия. Следовательно, действие не просто «запускается» бессознательной командой (представлением соответствующего движения), но и регулируется в процессе своего осуществления, по-видимому, по тем же принципам, что и обычное целенаправленное действие.

Психологический журнал, 1984, т. 5, № 1, с. 74—78.

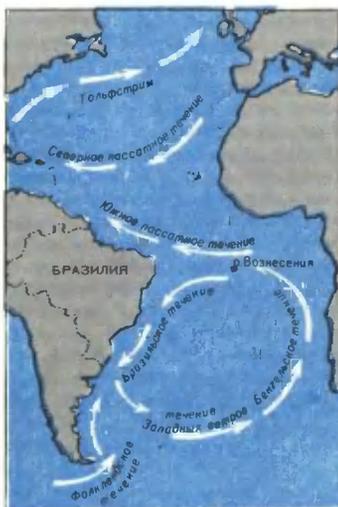
Зоология

**Загадочные странствия зеленой черепахи**

Атлантическая зеленая черепаха выводит потомство всегда в одном и том же месте — на песчаных пляжах вулканического острова Вознесения, примерно равно удаленного от тропических берегов Африки и Южной Америки. Остальное время она стремится провести на побережье Бразилии, в 2 тыс. км от своей родины. Найти Бразилию, несмотря на расстояние, для нее, очевидно, не составляет труда: Южное пассатное поверхностное течение, направляющееся из Гвинейского залива, на своем пути со всех сторон охватывает о-в Вознесения и затем следует параллельно экватору к берегам Бразилии. Так что черепахе достаточно просто «лечь в дрейф». Когда же настанет пора прино-



Атлантическая зеленая черепаха  
(*Chelonia mydas*).



Предполагаемые пути миграции  
атлантической зеленой черепахи.

свить потомство, отыскать родину ей тоже не столь сложно: то же Южное пассатное (на сей раз — встречное) течение несет с собой знакомые характерные вещества, которые отлично маркируют ее обратный путь. Так, во всяком случае, до недавнего времени считали специалисты. Однако шотландский исследователь Т. Джерард (Т. Gerrard) обратил внимание на то, что средняя скорость, которую способна развивать зеленая черепаха на длинных дистанциях, — около 2 км/ч, а Южное пассатное течение имеет скорость не менее 1,85 км/ч. Стало быть, плывущая навстречу ему черепаха, даже выгребая изо всех сил, едва сможет приблизиться к заветному острову.

Пытаясь найти решение этого вопроса, некоторые зоологи высказывают предположение, что под поверхностным течением, идущим на запад, существует противотечение. Однако океанологи ничего подобного не обнаружили. Кроме того, на глубине, где могло бы такое течение проходить (т. е. глубже 200 м), для черепахи слишком холодно: ее активность резко падает при температуре ниже 20 °С, а там теплее 10° не бывает. Другие зоологи считают, что обратно черепаха следует не против Южного пассатного течения, а вместе с ним, но вдоль юго-восточного побережья Бразилии. В этом случае задача черепахи будет состоять в том, чтобы в начале пути не попасть в северный рукав Южного пассатного течения, что вливается в Карибское море; бразильский же его рукав, спустившись до траверза аргентинских берегов, отворачивает к востоку. Здесь, в ревуших сороковых широтах, зарождается течение Западных ветров. Попав в него, черепаха пускается теперь в путь против часовой стрелки, на северо-северо-восток; тут ее подхватывает идущее сначала прямо на север вдоль берегов Африки Бенгальское течение, которое затем поворачивает на запад, прямо к о-ву Вознесения.

«Атлантическая кругосветка» длиной 10 тыс. км завершена, и черепаха может продолжить свой род на излюбленных пляжах. Однако доказательства столь длинного и сложного странствия пока не найдено. Не случайно выдвигается еще одна гипотеза: с о-ва Вознесения черепаха дрейфует вместе с Южным пассатным течением на северо-запад, но теперь уже в сторону Карибского моря; здесь ее похватывает Гольфстрим и доставляет к берегам Европы, где черепаха может воспользоваться Северным пассатным течением. Однако ей необходимо вовремя «отцепиться» от него и направиться к югу от Канарских о-вов, иначе она снова окажется в исходной точке Карибского моря. Если маневр выполнен точно, черепаха сможет воспользоваться восточным хвостом Южного пассатного течения, которое доставит ее на родину.

Варианты дрейфа вместе с течениями, конечно, энергетически очень привлекательны, однако вновь здесь встает препона: нельзя теплолюбивое животное «зганять» в средние, а тем более холодные широты северо-западной Европы и открытые к Антарктике воды юга Атлантического океана, где температура падает ниже 10 °С. Попытка «уложить» черепаху на это время в спячку, при которой обменные процессы замедляются и тепла требуется меньше, выглядят достаточно искусственно. Чтобы выйти из туника, зоолог-наблюдатель А. Карр (А. Carr) окольцевал на о-ве Вознесения 1300 зеленых черепах. Спустя два года к родным берегам вернулось 325 странниц — лишь 25 %. Хотя 2 года и есть то расчетное время, которое требуется черепахе для возвращения на о-в Вознесения по южному пути (воспользовавшись течением Западных ветров и Бенгальским течением), одного временного фактора недостаточно, чтобы полностью отвергнуть другие варианты.

Словом, загадка странствий атлантической зеленой черепахи остается пока нерешенной.

New Scientist, 1984, v. 101, № 1392, p. 28 (Великобритания).

### Зоология

## Звуковое оружие кашалота

Известно, что многие виды китообразных, в том числе дельфины, обнаруживают добычу с помощью звуколокации. К. С. Норрис (К. S. Norris; Центр прибрежных исследований при Университете штата Калифорния, США) и Б. Моль (В. Mohl; факультет зоофизиологии Орхузского университета, Дания) предполагают, что китообразные могут использовать звук также для обезвреживания и даже умерщвления добычи. В пользу такой гипотезы приводятся следующие доводы.

Многие виды животных, служащих пищей зубатым ки-

там (*Odontocetes*), передвигаются с большей, чем киты, скоростью. У некоторых видов зубатых китов зубы редуцированы до такой степени, что не могут служить для захвата движущейся добычи; у многих клюворылых китов сохраняются лишь одна — две пары нефункционирующих зубов только на выступающем конце нижней челюсти. Весьма убедителен пример кашалота (*Physeter catodon*): при массе в 30—40 т это животное каким-то образом умеет добыть и четырехсантиметровую рыбку, уступающую ему по массе в 10 тыс. раз, и огромного кальмара более чем в 10 м длиной. Питаясь головоногими, кашалот должен быть способен придавать своему гигантскому телу такое ускорение, которое позволило бы ему достичь жертвы, передвигающейся со скоростью более 50 км/ч. Энергозатраты при этом, как показывают расчеты, не возрастают. Только «акустическое оружие», по мнению исследователей, позволяет китообразным эффективно добывать пищу.

Анатомическое изучение массивной передней части головы китообразных (составляющей, например, у кашалота до 30 % общей длины тела) показало, что здесь может возникнуть мощное звуковое давление. Ссылаясь на независимо высказанное еще в 1963 г. советскими авторами аналогичное предположение<sup>1</sup> и приводя дополнительные экспериментальные данные, Норрис и Моль рассматривают систему жировых «мешков» (расположенных в корытообразном черепе, в основании которого находятся органы гене-

рации ультразвука) в качестве своеобразного ультразвукового прожектора. Стенки черепа при этом могут играть роль сферического отражателя, а жировая подушка — роль звукособирающей линзы с меняющимся фокусным расстоянием. Расчетная сила звука может достигать 265 дБ (для умерщвления рыб в экспериментах было достаточно 230 дБ, а для замедления их движения — еще меньшая интенсивность). По-видимому, способность оглушать или умерщвлять добычу звуком развивалась у зубатых китообразных параллельно со способностью вести акустическую локацию.

По мнению Норриса и Моля, звуковое оружие китообразных до сих пор не регистрировалось аппаратурой из-за того, что большинство видов ведет охоту на больших глубинах, где технически трудно расположить датчики в местах фокусировки звуков. В океанариумах животные, возможно, избегают мощных звуковых импульсов, чтобы ими или их отражением от стенок и дна бассейна не навредить себе. Экспериментаторы в океанариуме на Гавайях, обучающие дельфинов отыскивать металлический шар с помощью эхолокации, установили, что интенсивность издаваемого ими звука в пятью превышала предполагаемую теоретически и была более чем достаточной, чтобы убить рыбу.

По наблюдениям, в водах, омывающих Аргентину и Мексику, дельфины пасли стаи хамсы, причем рыба была настолько «сонной», что рыбаки могли выхватывать ее из воды руками, а дельфины, делая заходы внутрь стаи, схватывали сразу по несколько особей.

В океанариуме Канехе-Бей (Гавайи) предполагается провести наблюдения с целью проверки этой гипотезы<sup>2</sup>.

The American Naturalist, 1983, v. 122, № 1, p. 85—104 (США).

<sup>2</sup> Существуют расчеты, показывающие, что предлагаемая авторами гипотеза основана на неточных экспериментальных данных и поэтому требует серьезной проверки. (Прим. ред.)

## Температура тела у насекомых

Каждому известно, что все беспозвоночные холоднокровны, или, иначе, пойкилотермны, т. е. имеют переменную температуру. Но это вовсе не означает, что температура их тела всегда совпадает с температурой окружающей среды. Для насекомых с интенсивным энергетическим обменом холоднокровность следует понимать скорее как способность только в периоды покоя без вреда для себя оставаться до температуры, близкой к окружающей. А в периоды активности кровь их может быть достаточно горячей. Тепло, необходимое для нормального функционирования организма, выделяется при работе мощных крыловых мышц. Вероятно, многим приходилось видеть, как неподвижно сидевшее в тени насекомое (особенно эффективно в этом отношении басовито гудящие шмели), прежде чем взлететь, интенсивно работает крыльями волостую — разогреться.

Точные измерения температуры тела одиночной пчелы *Centris pallida*, обитающей в сухих и жарких пустынных местностях, проводил М. А. Чэппел (Калифорнийский университет, США). Применявшийся им микроскопический малый датчик (на основе термопары медь — константан) позволял измерять температуру разных частей тела у только что пойманных индивидов. Оказалось, что, хотя температура окружающей среды менялась примерно на 10°, средняя температура грудного отдела пчел менялась менее чем на 3° и существенно превышала температуру окружающей среды (максимально на 16—20°). Охлаждая пчелу с присоединенным к ней датчиком в холодильнике, а затем пересаживая ее в теплое помещение и подталкивая карандашом до тех пор, пока она не взлетит,

<sup>1</sup> См.: Белькович В. М., Яблоков А. В. Кит — ультразвуковой прожектор? — Юн. техник, 1963, № 3, с. 76; они же. Молодость древней науки. — Природа, 1963, № 8, с. 20; Они же. Обитатели моря делятся опытом с конструкторами. — Наука и жизнь, 1963, № 5, с. 61. Применительно к кашалоту эта гипотеза была развита А. А. Берзиним в монографии: Кашалот, М., 1971, о чем также упоминают К. С. Норрис и Б. Моль. (Прим. ред.)

<sup>1</sup> Chappel M. A. — Physiol. Sool., 1984, v. 57, № 2, p. 215.

Чэппел выяснил, что способность к полету пчела приобретает лишь тогда, когда ее грудной отдел разогреется до температуры не ниже 25°C. Однако большинство особей предпочитают взлетать, разогревшись с помощью специальной «зарядки» до 35—40°. Пчелиный рекорд скорости разогревания — 31,9 до 38,0° за 1 мин 42 с.

Удивительно, что передача тепла от грудного отдела к брюшному если и происходит, то весьма ограниченно. Пчелиные недаром относятся к подотряду стебельчатобрюхих: их брюшко соединяется с грудью тонким стебельком. Оказалось, что колебания температуры брюшка совпадают с колебаниями температуры окружающей среды, хотя и при этом брюшко остается постоянно теплее воздуха примерно на 4,5°. Таким образом, брюшко у пчел более холоднокровно, чем грудь.

Когда пчелам грозил перегрев, они или перелетали в тень, или — и здесь невольно напрашивается сравнение с собакой — выставляли хоботок и прочие ротовые части. Известно, что медоносная пчела и шмели поступают так же, но при этом они еще выделяют на ротовых частях капельки жидкости, испарение которых приводит к охлаждению организма. Однако у *C. pallida* подобных капелек Чэппел не обнаружил, поэтому для них практическая польза выдвигания хоботка в жару вызывает сомнения.

**В. М. Карцев**  
Москва

#### Физиология растений

### Для вертикального роста корня необходим кальций

У большинства растений главные корни растут обычно вертикально вниз, по направлению к центру Земли. Если корни искусственно ориентировать горизонтально, то через некоторое время они изогнутся и вновь будут расти вертикально. Это явление называют положительным геотропизмом корня. Сила тяжести воздействует на клетки корневого чехлика — структуры,

расположенной на самом кончике корня. Однако геотропический изгиб корня, обусловленный неравномерным ростом в длину клеток на его верхней и нижней сторонах, происходит на некотором удалении от чехлика, в так называемой зоне растяжения. До последнего времени было неясно, как необходимая информация передается от клеток чехлика к клеткам зоны растяжения.

Дж. Ли, Т. Дж. Малки и М. Л. Эванс (J. S. Lee, T. J. Mulkey, M. L. Evans; Отделение ботаники Университета штата Огайо, США) показали, что связь между клетками корневого чехлика и растущими клетками в зоне растяжения осуществляется через ионы кальция. Эксперименты проводились с корнями проростков кукурузы. Непрерывный рост корней в длину происходит за счет размножения клеток в зоне меристемы, прикрытой корневым чехликом, и последующего их роста в направлении продольной оси органа в зоне растяжения. Геотропический изгиб корня вызывали, придавая ему горизонтальное положение. У таких корней изгиб начинался через 10—15 мин, а через 90 мин почти полностью завершился.

Первая серия экспериментов, проводившихся с использованием различных растворов, в которых выдерживали корни проростков кукурузы, показала, что для осуществления геотропической реакции необходим кальций. Во второй серии экспериментаторы, используя меченый изотоп кальция —  $^{45}\text{Ca}$ , изучали распределение этого элемента в вертикально и горизонтально растущих корнях. Было установлено, что боковой транспорт  $^{45}\text{Ca}$  через зону растяжения одинаков даже при разной ориентации растущих корней. Однако скорость бокового транспорта  $^{45}\text{Ca}$  в области кончика у вертикально растущих корней в 20—50 раз выше, чем в зоне растяжения. После удаления корневого чехлика транспорт  $^{45}\text{Ca}$  сильно замедлялся (на 80—90%) как на кончике корня, так и в зоне растяжения. У корней, помещенных в горизонтальное положение, транспорт  $^{45}\text{Ca}$  от верхней стороны корня к нижней происходил значительно

быстрее, чем в обратном направлении.

Таким образом, геотропический изгиб корня связан с перераспределением кальция, которое осуществляется при участии клеток корневого чехлика. Как было установлено раньше, в клетках корневого чехлика находятся чувствительные к гравитации амиллопласты, отличающиеся высоким содержанием крахмала и кальция. Сила тяжести усиливает одностороннее, асимметричное распределение кальция в корнях, отклоняющихся от вертикального положения. Геотропический изгиб происходит в результате замедления роста клеток на нижней стороне корня, где накапливается большее количество кальция.

Plant Physiology, 1983, v. 216, № 4, p. 874—876; Science, 1983 v. 220, № 4604, p. 1375—1376 (США).



Экология

### Деревья регистрируют кислотность осадков

С. Бэс и С. Маклафлин (C. F. Baes, S. B. McLaughlin; Ок-Риджская национальная лаборатория, штат Теннесси, США) исследовали большое число древесных спилов, сделанных на территории Национального парка Грейт-Смоки-Маунтинс в Теннесси.

Годичные кольца у эдешного вида короткоиглой сосны (*Pinus echinata*) свидетельствуют об отрицательном воздействии на ее рост загрязненности среды кислотами. В районе Коперхилла (88 км от нынешней территории Национального парка) в период с 1863 по 1912 г. особенно активно действовали медеплавильные предприятия. Именно к этому отрезку времени и относятся испытывавшие наибольшее воздействие кислотности годичные кольца спилов сосны. Помимо обычной узости, эти кольца отличаются высоким содержанием железа.

<sup>1</sup> Science, 1982, v. 216, № 4551, p. 1221.

У специалистов нет сомнения, что все это говорит о повышенной кислотности осадков, которая была обусловлена выбросами большого количества диоксида серы, выделяющейся при плавке медной руды. Повышенная кислотность способствует также поглощению растением из окружающей среды металлов, в том числе железа.

В описанном случае заведомо были известны и источник кислотности, и время его действия. Этот пример, однако, может стимулировать разработку методики, которая позволила бы и в неясных случаях устанавливать момент начавшегося воздействия кислотных осадков на природную среду определенной области, картировать их распространение и выяснять источник данного загрязнения.

Science, 1984, v. 224, № 4648, p. 494 (США).



Экология

## Грибы против кислотного дождя

Группа дендрологов, микологов и специалистов по патологии растений, возглавляемая В. Смитсом (W. Smits; Вагенингенский университет, Нидерланды), изучала случаи полной сохранности отдельных деревьев в условиях, когда остальные растения того же вида и в том же лесу серьезно страдали от высокой кислотности осадков. Было обнаружено, что в корневой системе оставшихся здоровыми деревьев обычно присутствуют грибы таких видов, которые не наблюдались у пострадавших экземпляров.

В корневых системах деревьев образуется микориза — симбиотическое сообщество грибоного мицелия с корнем высшего растения, которому гриб помогает в водоснабжении,ставляет гормоны и витамины, а сам взамен получает сахаристые вещества. Подобный симбиоз может осуществляться во множестве различных комбинаций, что зачастую и определяет жизнестойкость отдельного дерева в тех или иных усло-

виях. Например, гриб вида *Pisolithus arrahyzus*, обитающий в корнях ели, позволяет ей, как оказалось, переносить весьма высокую степень кислотности окружающей среды, которая губительна для соседней ели, не вступившей в подобный симбиоз. Более того, этот гриб способен предохранять деревья от значительной концентрации ядовитых металлов, таких как цинк и медь, накапливающихся в почве главным образом в результате деятельности человека. Отмечены случаи, когда отдельные экземпляры ели, в корнях которых всегда находилась микориза, содержащая указанный гриб, прекрасно себя чувствовали даже на скоплениях шлака, выброшенного из шахт, где уровень кислотности и загрязненности ядовитыми металлами особенно высок.

Многие образующие микоризу грибы обладают активной способностью защищать деревья от жестокой засухи, которая особенно сказывается на лесах, ослабленных кислотными дождями, загрязнением почвы и другими вредными антропогенными факторами.

Наиболее заметно положительное влияние грибов на молодые деревья.

Ныне группа Смитса проводит эксперимент, в ходе которого сеянцы различных растений выращиваются как вместе с грибами, так и без них в ящиках на почве, специально завезенной из тех районов ФРГ, где кислотность осадков отличается особо высоким уровнем.

New Scientist, 1984, v. 101, № 1404, p. 18 (Великобритания).



Охрана природы

## Охоту в Кении можно возобновить

С 1 марта 1984 г. в Кении разрешена охота на птиц, находившаяся под запретом с 1977 г. За это время благодаря принятым мерам численность птиц достаточно возросла. По всей видимости, вскоре будет снят запрет охотиться и на ряд видов крупных животных, поголовье которых существенно превысило

уровень, необходимый для их сохранности как в национальных парках, так и за их пределами. Участились случаи вынужденного отстрела животных, которые повреждали посевы или наносили иной ущерб.

Согласно решению Управления по охране природной среды Кении, ее животный мир подразделяется на три категории: виды, все еще находящиеся под угрозой исчезновения и остаются неприкосновенными (среди них — носорог, леопард, лев и гепард); виды, требующие еще определенного внимания (к ним относятся слоны); и, наконец, виды, которые могут стать объектом охоты, однако в ограниченных объемах.

Экономика Кении остро нуждается в иностранной валюте, и продажа охотничьих лицензий может способствовать притоку значительных средств. New Scientist, 1984, v. 101, № 1399, p. 6 (Великобритания).

Геотектоника

## Тектоника северо-западного обрамления Тихого океана

Группа сотрудников Геологического института АН СССР под руководством Ю. М. Пущаровского установила, что в ряде районов восточной части СССР — Южном Сихотэ-Алине, Восточной Камчатке, Сахалине, Корякском хребте — широко распространены покровные и чешуйчато-надвиговые структуры позднемезозойского и кайнозойского возраста. Ранее тектонический анализ горных сооружений в северо-западном обрамлении Тихого океана в основном проводился без учета горизонтальных перемещений земной коры, в связи с чем надвиги и покровы рассматривались как образования, не имеющие в этом регионе принципиального значения.

Состав и строение надвиговых пластин разнообразны. Как правило, в их основании залегают ультраосновные и основные породы, серпентинито-

вый меланж, основные эффузивы, а верхняя часть сложена терригенно-осадочным и (или) вулканогенно-осадочным комплексами.

Сопоставив основные рубежи образования покровов и надвигов в различных частях северо-западного обрамления Тихого океана, авторы пришли к следующим выводам. В Южном Сихотэ-Алине, где развита кора материкового типа, а также в близкой к ней зоне Корякского хребта образование покровов началось еще в досредне-меловое время (ранее 85 млн лет назад). На Сахалине, в более молодой тектонической области, чешуйчато-надвиговые структуры сформировались в конце позднего мела — начале палеогена (около 70—60 млн лет назад) в результате движения тектонических масс со стороны Тихого океана к матерiku. На востоке Камчатки самые ранние движения происходили около 67 млн лет назад (в позднем маастрихте), а все последующие надвиги имеют кайнозойский возраст. Часто образование надвигов проходило в несколько фаз, благодаря чему возникшие структуры имеют сложный характер. Надвиговые структуры наращивали континентальную окраину вдоль всей приокеанической зоны Северо-Восточной Азии. Существенно, что срывы тектонических пластин могли происходить в океанической коре.

Таким образом, в связи с различиями в геологической истории горных сооружений северо-западного обрамления Тихого океана единых по времени рубежей образования надвигов не выделяется. Тем не менее между отдельными регионами некоторая временная корреляция существует. Так, для Сихотэ-Алины и Корякского хребта общими были средне-меловые движения, для Сахалина и Восточной Камчатки — движения в конце мела — начале палеогена. Поэтому, заключают авторы, все же можно говорить о примерно одновременном охвате процессом образования надвигов больших площадей.

Доклады 27-го Международного геологического конгресса, Т. 6. Геология Мирового океана, ч. 1. М., 1984, с. 95—100.

## Геофизика

### Скорость вращения атмосферы меняется

В течение 8 лет Р. Розен и Д. Солстейн (R. D. Rosen, D. A. Salstein), научные сотрудники американской компании по изучению атмосферы и окружающей среды ("Atmospheric and Environmental Research, Inc.", Кембридж, штат Массачусетс) изучали скорость вращения газовой оболочки Земли в ее взаимосвязи с вращением твердого тела планеты. Отношение этих двух величин определяется физическим законом сохранения момента количества движения. Согласно этому закону, с возрастанием одной из величин другая уменьшается. До последнего времени наблюдаемая корреляция скоростей вращения Земли и ее атмосферы была достаточно четкой: ежегодно в зимний сезон Северного полушария скорость вращения атмосферы увеличивалась, а в летний — снижалась, чему сопутствовали обратные изменения скорости вращения собственного тела Земли.

Однако в середине зимы 1982/83 г. обычный зимний пик скорости вращения атмосферы оказался превышен на несколько миллисекунд в сутки, что составляет около 8 % нормы. Анализ геодезических и астрометрических данных показал, однако, что и скорость вращения твердого тела Земли вокруг ее собственной оси тоже уменьшилась (в течение нескольких недель начиная с 25 января 1983 г.) примерно на 1/5 миллисекунды в сутки. Данные Национального метеорологического центра США в Вашингтоне свидетельствовали, что в это время общие скорости ветров в глобальном масштабе были больше обычного, превышая аналогичный показатель за любой период продолжительностью несколько недель за все время наблюдений, начатых в 1976 г.

Причину подобных явлений специалисты видят в том, что как раз на то же самое время приходилась максималь-

ная активность Эль-Ниньо в Тихом океане, которое в 1982—1983 гг. носило необычно мощный характер и привело к ряду катастрофических последствий для природной среды в весьма широком геологическом масштабе<sup>1</sup>. С этим же временем было связано образование беспрецедентных по интенсивности западных ветров над Тихим океаном и прилегающими к нему территориями. Столь значительные атмосферные течения привели к перераспределению крупных воздушных масс, что сказалось на скорости вращения атмосферы; при этом закон сохранения момента количества движения остался, разрушается, ненарушенным, так как скорость вращения Земли пропорционально сократилась.

Пологают, что такое существенное влияние атмосферы на длину суток может сохраниться на протяжении не более четырех лет. В основном скорость вращения Земли зависит от таких геофизических факторов, как приливы, землетрясения, взаимодействия ядра и мантии планеты.

Science News, 1984, v. 125, № 2, p. 20 (США).

## Геохимия

### Образование полициклических ароматических углеводородов

Исследования последних лет показали, что полициклические ароматические углеводороды в горных породах и минералах образуются в результате поликонденсации простых углеродсодержащих соединений с водородом; катализатором служат горные породы. Хотя синтез углеводородов из окиси углерода и водорода давно изучается и признается, что он может быть одним из путей образования углеводородов в природе,

<sup>1</sup> Подробнее см.: Федоров К. Н. — Этот капризный младенец — Эль-Ниньо! — Природа, 1984, № 8, с. 65.

возникновение полициклических ароматических углеводородов в этом процессе еще не изучено.

Сотрудники Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова исследовали возможность образования полициклических ароматических углеводородов при каталитической поликонденсации смеси окиси углерода и водорода. Эксперименты вели в проточной установке в присутствии катализатора — оксида железа, нанесенного на силикагель; содержание железа в катализаторе составляло 4,2 мас. %, реакция велась при температуре 375—475 °С, соотношение водорода и окиси углерода изменялось от 4,5 до 1, опыт продолжался 15—120 мин. Таким образом, были моделированы природные катализаторы этой реакции, а температурный режим соответствовал обстановке постмагматического процесса.

В продуктах реакции были найдены метан, углекислый газ, вода, этилен, этан, летучие и нелетучие продукты конденсации, содержащие полициклические ароматические углеводороды (гомологи нафталина, фенантрена, бензфлуоренов, пирена, антрацен и др.). В летучих продуктах конденсации преобладали пирен и его гомологи, содержание которых с увеличением отношения водорода к окиси углерода от 1 до 4,5 возрастало с 57,4 до 90,2 мас. %. В нелетучих продуктах преобладали нафталин и его гомологи; максимальное их содержание наблюдалось при отношении водорода к окиси углерода, равном 2. Когда продолжительность опыта увеличили с 15 мин до 2 ч, относительное содержание гомологов нафталина возросло с 24,8 до 89,4 мас. %. Количество образующихся при поликонденсации полициклических ароматических углеводородов максимально при температуре 425 °С.

По мнению авторов, образование углеводородов этого типа в постмагматических процессах могло быть вызвано поликонденсацией окиси углерода и водорода, присутствующих в глубинных флюидах, на минералах, содержащих железо.

Доклады АН СССР, 1984, т. 275, № 3, с. 733—737.

## Минералогия

### Сколько минералов найдено на Земле и на Луне!

Исследование Ж. Буйе и А. Кайо (G. Bouillet, A. Cailleux, Франция) посвящено земной и лунной минералогической статистике<sup>1</sup>. По сравнению с началом XIX в. число открытых минералов на Земле возросло со 190 до 2750 видов. Среди них лишь 20—30 минералов (главнейшие из которых — кварц, полевой шпат и роговая обманка) слагают 99,5 % земной коры, остальные встречаются относительно редко. В. С. Урусовым разобраны основные причины этого своеобразного «естественного отбора» среди минералов<sup>2</sup>. При этом отмечено, что из возможного огромного количества сочетаний химических элементов в земной коре стабильно существует только 2000—2500 минеральных видов. Большая часть этих минералов образуется в гипергенных условиях, а в магматическом и гидротермальном процессах — соответственно около 200 и 500 минеральных видов.

Совершенствование научных методик и аппаратуры способствует углублению минералогических исследований. Так, на месторождении Сан-Мари на Майне (Вогезы), занимающем около 30 км<sup>2</sup>, в начале XX в. было описано 53 минерала, а в 1982 г. — 140. Число минералов, установленных в крупнейшей минералогической заповедника мира, составляет: Стөрлинг (США) — 260, Лангбан (Швеция) — более 200, Цумеб (Намибия) — более 150, Ильменское озеро (СССР) — 145, Пржибрам (ЧССР) — 108. Эти величины существенно зависят от объема исследованного вещества. Например, В. В. Ляхо-

вич (СССР) выявил в гранитах кроме 8 главных породообразующих минералов еще 56 акцессорных, причем в результате анализа 1 кг раздробленного гранита из Кызылтау было найдено лишь 25 минералов, а в образцах с общей массой 116 кг, собранных с поверхности в 400 м<sup>2</sup>, установлено 46 различных минералов. Подобные данные позволили французским исследователям прийти к выводу, что число минералов (N) связано с площадью исследованного района (S) соотношением:  $N=7,5 \cdot S^{0,18}$  (величина S измеряется в квадратных метрах). Приведенная формула справедлива в широком интервале значений S, меняющихся от 10 м<sup>2</sup> до размеров всей свободной ото льдов площади земной поверхности, находящейся над уровнем моря и составляющей около 134 · 10<sup>6</sup> км<sup>2</sup>.

К концу 1981 г. на Луне было обнаружено только 89 минералов (почти в 30 раз меньше, чем на Земле). Частично этот факт можно объяснить недостаточной массой исследованного вещества: 6 космических кораблей типа «Аполлон» и 2 — типа «Луна» доставили на Землю всего 380 кг лунных пород. Весьма важным фактором, ограничивающим разнообразие лунных минералов, является отсутствие воды в химическом составе Луны. До сих пор на Луне не установлено водосодержащих минералов, и лишь в одном — гетите — присутствуют гидроксильные группы<sup>3</sup>. Наоборот, для различных групп земных минералов весьма характерно участие молекул воды и OH-групп, которые содержатся в структурах около 800 минеральных видов, в том числе 74 % фосфатов, 65 % карбонатов, 47 % силикатов и т. д.

Среди лунных минералов отсутствуют сульфаты (на Земле эта группа включает 181 вид), арсенаты (на Земле — 109),

<sup>1</sup> Тезисы докладов 27-го Международного геологического конгресса. Т. VIII. История геологии. М., 1984, с. 443.

<sup>2</sup> Подробнее см.: Урусов В. С. Почему их только две тысячи? — Природа, 1983, № 10, с. 82.

<sup>3</sup> Исследование некоторых лунных минералов, «избавивших» водного воздействия, помогает лучше понимать их земных аналогов, более сложных в структурном и химическом отношении.

бораты (92), хлориды (57), фториды (37), ванадаты (27) и т. д. Наиболее разнообразны по числу минеральных видов на Луне силикаты — 49 %, окислы — 20, сульфиды — 10, самородные элементы — 8, фосфаты — 5 %. Остальные группы минералов представлены карбидами, карбонатами и фосфидами.

**Д. Ю. Пуцаровский,**  
доктор геолого-  
минералогических наук  
Москва

#### Климатология

### Глобальные тенденции климата

По данным Отдела изучения климата при Университете Восточной Англии, 1983 г. был четвертым в ряду самых теплых за все время надежной регистрации начиная с 1880 г. Первое место в этом ряду занимает не на много отстоящий от него 1981 г., что важно при определении общей тенденции среднегодовых температур. Подтверждается предположение, что по крайней мере Северное полушарие переживает период существенного потепления.

Сотрудники отдела во главе с Ф. Джонсом и М. Келли (Ph. Jones, M. Kelley) считают весьма вероятной, хотя окончательно и не доказанной причиной потепления нарастающее накопление в атмосфере двуокси углерода, препятствующей отдаче тепловой энергии в околоземное пространство.

Тенденция к похолоданию, наблюдавшаяся в Северном полушарии до 1970 г., затем приостановилась и сменилась не только потеплением, но и значительным усилением погодных колебаний. По размаху колебаний температуры последнее десятилетие превосходит любой другой аналогичный отрезок времени, за который имеются соответствующие данные.

Потепление 1983 г. имеет особое значение, если принять во внимание тот факт, что, по мнению многих климатологов, вслед за мощным извержением

вулкана Эль-Чичон (южная Мексика) в 1982 г.<sup>1</sup> должно было бы последовать падение температуры в глобальном масштабе. Таким образом, либо подобное мнение вообще ошибочно, либо парниковый эффект «преодолеет» влияние вулканических событий.

Степень отмечаемого ныне потепления подтверждает, в частности, правоту тех климатологов, которые прогнозировали казавшееся многим чрезвычайным повышение глобальных среднегодовых температур к 2050 г. на 2 °С.

New Scientist, 1984, v. 101, № 1401, p. 5 (Великобритания).

#### Палеоокеанология

### Течения в древних океанах

Т. ван Андел (T. van Andel; Отдел геологии и геофизики Станфордского университета, Калифорния, США) по данным морских геологических исследований восстанавливает океанологические условия (температуру, характер циркуляции и другие параметры), существовавшие в древних океанах.

За последние 150 млн лет (наиболее изученный временной интервал) океанологические условия развивались в двух режимах. Один, характеризовавшийся относительно однородными условиями для подавляющей части Мирового океана, длился более 100 млн лет. В это время воды океана были сравнительно теплыми, а разность температуры поверхностных вод на экваторе и в полярных широтах была небольшой. Океан отличался слабой вертикальной стратификацией и вялой глубинной циркуляцией.

Около 50—40 млн лет назад система циркум-экватори-

ального течения была разорвана в результате замыкания древнего океана Тетис. Однако вплоть до начала миоцена (около 25 млн лет назад) океан оставался сравнительно однородным и теплым. Затем в океанской циркуляции произошли значительные изменения: был разрушен последний из континентальных мостов, соединявших Антарктиду с другими материками, благодаря чему сложилась новая система течений — циркум-антарктическая. В итоге Антарктида оказалась в изоляции от теплых вод тропической зоны. Холодные воды из южнополярной области стали поступать вдоль поверхности дна в экваториальные районы, где началось похолодание.

16—15 млн лет назад еще одно крупное геологическое событие нарушило океанскую циркуляцию: образовался континентальный мост между Северной и Южной Америкой. В результате этого возникло теплое течение Гольфстрим, а тихоокеанские воды оказались изолированными от атлантических. Примерно в это же время охлажденные воды Северной Атлантики стали распространяться вдоль поверхности дна к экватору, что изменило тепловой режим океана и привело к некоторому потеплению в Антарктике. Начавшееся в связи с этим испарение с поверхности воды вызвало в Антарктиде обильные снегопады — так образовалась ледяная шапка шестого континента.

Вероятно, не только тектонические процессы влияли на океанологический режим, но они, по мнению автора, были все же определяющими.

Nature, 1984, v. 305, № 5931, p. 178—179 (Великобритания).

#### Сейсмология. Техника

### Сейсмовибрационный стенд

В Национальной инженерной лаборатории Великобритании (Ист-Килбрайд, Шотландия) разработаны и построены новые сейсмовибрационные стенды,

<sup>1</sup> О глобальных метеорологических последствиях этого извержения см.: Облако, опоясывающее Землю. — Природа, 1983, № 8, с. 114.

позволяющие достаточно эффективно исследовать сейсмическую стойкость различных зданий и сооружений. Руководитель проекта Дж. Фейерберн (J. Fairbairn).

Использовавшиеся ранее аналогичные установки были двухосевыми, т. е. подвергали испытываемый объект колебаниям лишь в двух направлениях, что вынуждало проводить испытания дважды. Новая трехосевая установка позволяет более точно имитировать подземные толчки, поскольку имеет широкий диапазон частот и ускорений.

Созданы три вибростенда, допускающих нагрузки до 20, 6 и 2 т. Энергоемкость их весьма велика: 20-тонный требует при полной нагрузке 1,8 МВт, 6-тонный — 1,5 МВт. Спецификация к испытанию объекта поступает в виде данных о реальном землетрясении и включает сведения о спектре колебаний (диапазоне частот и магнитуде). Эти данные анализируются ЭВМ и переводятся в набор сигналов для трех приводов. Приводы задают платформе вибростенда движение в трех взаимно-перпендикулярных направлениях, имитируя частоты и амплитуды естественных подземных толчков (величина этих колебаний может быть и несколько большей, чем при реальном событии). Испытание продолжается 10 с (первая и последняя секунды расходуется на то, чтобы «разогнать» и остановить установку).

Установка предназначена для строителей атомных электростанций, плотин и других крупных объектов гражданского строительства, сооружаемых в сейсмоопасных зонах.

New Scientist, 1984, v. 101, № 1403, p. 27 (Великобритания).

terjee; Техасский технологический университет, США) обнаружили в заброшенных каменноломнях ископаемые остатки неизвестного животного. Постозух (Postosuchus), как назвали его по ближайшему населенному пункту, обитал на этой территории в триасовый период, около 200 млн лет назад, и был, по мнению специалистов, прямым предком гигантских хищных динозавров типа тираннозавра. При весьма сходном строении, о чем можно судить по найденным костям стопы, голени и таза, он отличался от них меньшими размерами. Длина тела постозуха составляла около 4 м, масса — примерно 300 кг.

В этих же отложениях был найден десятисантиметровый фрагмент верхней челюсти с зубами. По мнению Чаттерджи, он мог принадлежать одному из древнейших представителей отряда птицетазовых динозавров. (Птицетазовые динозавры, или орнитомии,— один из двух крупных отрядов динозавров, к которому относятся игуанодонты, стегозавры, цератопсы, панцирные, утконосые формы и другие группы; динозавры же типа тираннозавра принадлежали ко второму крупному отряду — ящеротазовым, или заурисиам.) Название этому животному еще не дано.

Постовские каменноломни недавно предоставили ученым ископаемые остатки древней змеи, весьма сходной с современной, а также фрагменты скелета примитивного ископаемого животного, напоминающего млекопитающего.

Science News, 1983, v. 124, № 23, p. 357 (США)

напоминает голову ламы — животного, которое играло важную роль в жизни доколумбовых индейцев Южной Америки. Находку изучали сотрудники Геологической лаборатории им. Клайна при Йельском университете (США) Р. Гордон и Дж. Ратледж (R. Gordon, J. Rutledge).

Химический анализ показал, что лезвие ножа состоит из обычной бронзы, в составе которой около 3 % олова. Зато бронза, из которой изготовлена ручка ножа, содержит 73 % меди, 9 % олова и 18 % висмута. Столь высокого содержания висмута еще не встречалось ни в одном из остатков древней материальной культуры ни в Новом, ни в Старом Свете. Известно лишь несколько бронзовых предметов южноамериканского происхождения, где количество этого металла достигает всего 0,8 %; в одной из находок микенской бронзы (восточное Средиземноморье) содержание висмута составляет около 2 %, в остальных находках его нет вообще.

Исследователи убеждены, что висмут попал в состав лезвия ножа не случайно вследствие загрязнения руды; этот металл, встречающийся в отдельных районах Перу, был сознательно добавлен в расплав инкскими металлургами XV в. Можно полагать, что они сделали это либо для придания рукоятке специфического беловатого оттенка, либо для более прочной пайки. Неясно, однако, почему открытый этими металлургами метод нигде, по-видимому, по всей империи инков не применялся.

Science, 1984, v. 223, p. 585 (США).

#### Археология

#### Палеонтология

### Предок гигантских хищных динозавров!

При раскопках на северо-западе штата Техас, в районе городка Пост, палеонтологи во главе с Ш. Чаттерджи (Sh. Chaf-

### Висмут в бронзе древних инков

В руинах заброшенного города Мачу-Пикчу, построенного древними инками в горах Перу, был найден нож, имевший, вероятно, ритуальное назначение. Его ручка по форме

## По поводу книги В. А. Кордюма «Эволюция и биосфера»

Академик Д. К. Беляев  
Академик М. С. Гиляров  
Академик Л. П. Татарнинов

В 1984 г. научная общественность всего мира отметила две знаменательные даты в истории естествознания: 175-летие со дня рождения Ч. Дарвина и 125-летие с момента выхода его основной работы «Происхождение видов». Среди великих подвижников человеческого прогресса немного найдется таких, которые, подобно Дарвину, произвели бы буквально революционный переворот в науке. Он коренным образом изменил взгляд на происхождение всего разнообразия живых существ и материалистически объяснил их приспособленность к многообразным условиям существования.

Обобщив огромную массу фактов, собственных наблюдений и опираясь на практику создания пород животных и сортов растений, Дарвин открыл, что единственным фактором, создающим все новые виды организмов и формирующим удивительную приспособленность их к условиям существования, является отбор. Материал для деятельности отбора всегда и всюду поставляется процессом наследственной изменчивости. Этот процесс ведет к возникновению неопределенных, т. е. заранее непредсказуемых, наследственных изменений, затрагивающих любые свойства и признаки организмов. Те изменения, которые дают их носителям хотя бы небольшие преимущества в выживании и вос-

произведении, отбираются и в чреде поколений усиливаются, что и приводит организм к высокой степени совершенства и приспособленности к условиям жизни.

Вполне естественно, что в наше время эволюционная концепция Дарвина обогатилась новыми открытиями, фактами и идеями. Решающую роль в этом сыграло развитие генетики, изучившей природу и механизмы мутационного процесса, т. е. той неопределенной наследственной изменчивости, в которой Дарвин справедливо видел материал для деятельности отбора. Генетика вскрыла и механизм действия, и эффект отбора как на отдельные признаки, так и на организм в целом. Большой вклад в развитие дарвинизма внесли и все другие биологические дисциплины, а также новые достижения селекции растений и животных. В результате такой интеграции достижений разных биологических дисциплин оформилась современная концепция эволюции — наиболее всеобъемлющая концепция современной биологии. Основой ее продолжает оставаться дарвиновское учение об отборе как ведущем факторе эволюции, и поэтому вся концепция по-прежнему с полным правом называется дарвинизмом.

Общезвестно, как высоко оценили основоположники научного коммунизма эволюционную теорию Дарвина. К. Маркс писал: «Эта книга дает естественноисторическую основу для наших взглядов...»<sup>1</sup> Дарвинизм лежит в основе нашего материалистического ми-

ровозрения; учение об отборе составляет фундамент теории селекции, а сам отбор является важнейшим методом создания нужных человеку форм растений и животных.

Было бы, однако, ошибкой полагать, что современный дарвинизм развивался и формировался без помех и конфликтов. Уже с первых дней после опубликования «Происхождения видов» дарвиновская концепция эволюции подвергалась и в дальнейшем продолжала подвергаться ожесточенным атакам со стороны представителей клерикальной реакции, а также приверженцев финалистических и креационистских взглядов. И ныне в США прогрессивным ученым приходится бороться за преподавание в школах дарвинизма как единственной научной теории развития органического мира.

Признание отбора в качестве главного фактора эволюции вовсе не означает, что сама теория эволюции закончила свое развитие. Ничего не может быть ошибочнее такой точки зрения. Целый ряд важнейших проблем теории эволюции, в частности проблема эволюции механизмов эволюции на разных уровнях организации жизни, проблема взаимоотношения изменчивости и отбора, темпов эволюции и скорости формообразования разных групп организмов в разных средах, как и многие другие вопросы, требуют продолжения всесторонних исследований. Новейшие успехи биологии, и в частности громадные достижения молекулярной биологии и молекулярной генетики, подводят науку к новому этапу в развитии современной теории эволюции. Наибольшие успехи в познании законов жизни и

<sup>1</sup> Маркс К., Энгельс Ф.  
Соч., т. 30, с. 102.

управлении ими, несомненно, будут достигнуты на путях интеграции знаний о молекулярных основах жизни и наследственности с общебиологической теорией эволюции посредством отбора. Эта стратегия развития биологии диктуется как самой логикой развития науки, так и потребностями практики в овладении процессами эволюции, т. е. закономерностями преобразования живых существ и природных сообществ организмов.

Однако эта методологически ясная линия развития биологии сталкивается иногда с парадоксальными фактами антидарвиновских выступлений, якобы опирающихся на данные современной молекулярной биологии. Речь идет, в частности, о книге В. А. Кордюма «Эволюция и биосфера» (Киев: Наукова думка, 1982). Сожалея, что до последнего времени «невозможно было отказаться от дарвинизма, тем более, что ничего равноценного ему не предлагалось» (с. 6), В. А. Кордюм утверждает, что теперь «новые идеи и новые факты позволяют предлагать другие концепции...» (с. 7). Под последними автор без ложной скромности имеет в виду свою «информационную концепцию эволюции». Суть ее состоит в том, что основным источником крупных эволюционных изменений (и возникновения всех принципиально новых групп организмов) предлагается считать чужеродную генетическую информацию — блоки ДНК, которые с помощью вирусов или иным путем переносятся от одних неродственных организмов другим. Дарвиновской эволюции при этом отводится второстепенная роль формирования мелких, частных приспособлений.

Явления транспозиции и вирусной транскрипции, о которых говорит В. А. Кордюм, были открыты задолго до появления его книги. Перенос фрагментов ДНК от одной особи к другой осуществляется крайне редко: его существование установлено лишь для самых низших — доядерных — форм организации жизни. Но даже если бы эти явления оказались распространенными (в пользу чего пока нет убедительных

данных), они лишь расширили бы базу эволюции, на основе которой действует естественный отбор, т. е. наследственную изменчивость. Таким образом, эти явления ни в малейшей степени не могут быть противопоставлены дарвиновской теории эволюции.

Грубую методологическую ошибку совершает В. А. Кордюм, разделяя эволюцию на «приспособительную» и «по пути усложнения». Данные палеонтологии и сравнительной анатомии, как и многих других биологических наук, убедительно свидетельствуют, что возникновение даже самой сложной структуры всегда имеет приспособительный характер.

Автор обходит молчаливым непреодолимым трудностям, встающим на пути его «информационной концепции». Известно, что любой сложный признак кодируется не одним, а десятками и сотнями разных генов, рассеянных в разных хромосомах. Согласиться с возможностью разового переноса такой системы в чужеродный организм, как это постулирует В. А. Кордюм, — значит поверить в чудо. Но даже вера в такое чудо не спасает положение: в каком-то первичном организме, когда-то этот сложный комплекс генов, обеспечивающий развитие сложного признака, должен же был возникнуть? Вопроса же о возникновении этого комплекса В. А. Кордюм не рассматривает.

Пытаясь подтвердить свои взгляды, В. А. Кордюм приводит большое число примеров, многие из которых ошибочны фактически, а другие не позволяют сделать те выводы, к которым он приходит. Например, он безапелляционно судит о степени приспособленности ископаемых организмов по... одному лишь взгляду на их изображения (с. 144) и с завидной убежденностью уверяет читателя в недоступности диатомей как пищи для других организмов (хотя хорошо известно, что диатомовые — важнейшее звено в цепях питания в водоемах). Многие аргументы, использованные В. А. Кордюмом против дарвинизма (например, возникновение сложных

приспособлений), были подробно проанализированы ранее (в частности, еще самим Дарвином), и была убедительно показана их несостоятельность. То же относится и к заимствованным В. А. Кордюмом у Л. С. Берга и других антидарвинистов доводам против дарвинизма.

Не стоило бы обращать внимания на теоретически беспомощную и полную множества фактических ошибок книгу В. А. Кордюма, направленную против дарвинизма, если бы эти и подобные им взгляды не стали проникать на страницы некоторых научно-популярных журналов и даже газет\* (см. «Известия» от 8 апреля 1984 г.).

Появление новых гипотез является формой развития науки. Но новая гипотеза оказывается нужной только тогда, когда она объясняет какие-то факты, не укладывающиеся в рамки прежних представлений. Однако в области современной эволюционной теории таких фактов пока нет, потому нет и никаких оснований ставить вопрос о замене дарвинизма некоей якобы новой «информационной концепцией». Такие гипотезы не безобидны. Опровержение их требует сил, они могут сбить с толку лиц, некомпетентных в данной области, увлечь какую-то часть молодежи на ложный путь, иногда могут даже затормозить развитие тех или иных направлений науки. Пренебрежительное отношение к фундаментальным теоретическим обобщениям, таким как современная теория эволюции и ее основа — дарвиновское учение об отборе, особенно недопустимо.

Советская селекция заплатила в недавнем прошлом дорогую цену, приняв на вооружение ламаркистские догмы антидарвинизма. Сейчас, прикрываясь новейшей фразеологией и спекулируя материалами молекулярной биологии, В. А. Кордюм толкает генетику и селекцию на такой же ложный путь. Научные коллективы и рецензенты, рекомендуя работы для опубликования, должны проявлять больше ответственности, когда речь идет об издании сочинений, направленных на опровержение положений, вошедших в золотой фонд науки.

## Начало астрономии в России

Г. К. Цверав  
Бокситогорск



Н. И. Невская. ПЕТЕРБУРГСКАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА XVIII в. Отв. ред. К. Ф. Огородников. Л.: Наука, 1984, 238 с.

После издания обобщающих и специальных историко-научных трудов отечественных и зарубежных исследователей, а также публикации различного рода документальных материалов, казалось бы осталось не так уж много не введенных в научный оборот или, по крайней мере, не изученных архивных бумаг, связанных с историей Петербургской Академии наук XVIII в. Что же касается недостающих для полноты ретроспекции документов, то считается, что они безнадежно утеряны. Разыскания последних лет развеяли это представление, доказательством чему служит и рецензируемая монография, которой автор посвятила четверть века неустанных и плодотворных штудий.

Прекрасно ориентируясь в предмете исследования, Н. И. Невская умела искать и

обнаруживать нужные ей документы, нередко лежащие втуне, в совершенно «неожиданных» местах, скажем в фонде Дашковых Отдела рукописей Государственного исторического музея. Ценные документы и сведения всплыли из неразобранных бумаг астронома Х. Винсгейма: среди них оказались, например, протоколы заседаний академической Конференции за январь — июнь 1742 г., причисленные к пропавшим и потому не вошедшие в изданный в 1897—1911 гг. канонический четырехтомник «Протоколы заседаний Конференции императорской Академии наук с 1725 по 1803 года».

Кроме «Введения» и «Заключения» в книге 6 глав: «Формирование петербургской астрономической школы»; «Астрометрия и практическая астрономия»; «Геодезия, гравиметрия и картография»; «Небесная механика»; «Астрофизика»; «История астрономии». Книга плотно «заселена» людьми, причастными к науке многих стран, и насыщена прочно забытыми фактами и событиями научной жизни.

В монографии главенствует точка зрения, что приглашенный Петром I в Россию французский астроном и географ Жозеф Никола Делиль (они встречались в июне 1717 г. во время пребывания царя в Париже) в течение более чем двадцатилетней службы в Академии наук являлся единоличным зачинателем, вдохновителем и руководителем всех проводившихся в России работ в области астрономии, метеорологии, географии, картографии и смежных дисциплин. С такой позицией автора трудно согласиться, имея перед умственным взором, скажем, гигантскую фигуру Эйлера, равно как и с идеализацией личности Делиля. Он отнюдь не был лишен человеческих слабостей и недостатков, дававших себе знать при нравах, царивших тогда в Академии, злым гением которой, как пока еще многие полагают, был советник академической Канцелярии И. Шумахер.

Бесспорно и существенно другое: именно Делилю принадлежит заслуга в организации планомерных и полноценных

астрономических наблюдений в Петербурге с использованием первоклассного инструментария в основанной им обсерватории на Васильевском острове. Более того, ему удалось в недрах Академии выпустить коллектив молодых исследователей, который по многим признакам подходит под современное нам определение «научной школы». Но автор теряет чувство меры утверждая, что Делиль «оказал большое влияние» на Ломоносова, Эйлера, Бернулли... (с. 17). Достижения петербургской астрономической школы, о которых столь основательно и красноречиво говорится в книге, обусловлены были не в последнюю очередь следующим обстоятельством. В отличие от других приглашенных в Петербург зарубежных ученых, которые порой не знали, чем будут конкретно заниматься во вновь учрежденной Академии, Делиль, пожалуй, был единственным, у кого имелась тщательно подготовленная программа работ. Она была апробирована Петром I, прекрасно понимающим значимость культивирования в ставшей на путь преобразований стране астрономо-географических наук и их практических приложений в навигации и других важных областях. Как установила Н. И. Невская, программа подкреплялась обширным перечнем рекомендованной Делилем литературы (405 названий) и 15 томами привезенных им рукописей знаменитых астрономов.

Благодаря критическому анализу и сличению источников, автор не оставила камня на камне от укоренившегося мнения, что Делиль вывез во Францию журналы проводившихся в Петербурге астрономических и других наблюдений. «Накопец, — читаем мы, — в 1977 г. в ЛО Архива АН СССР были вновь найдены многострадальные журналы... Делиля за 1726—1747 гг. Нашлись и документы о передаче дел обсерватории и Географического департамента перед отъездом Делиля из Петербурга» (с. 14).

Автор уверена также в несправедливости выдвигаемых и поныне против Делиля обвинений в том, что он, «покидая Петербург в 1747 г., якобы увез

с собой сотни принадлежащих России карт» (с. 109). Тем не менее Н. И. Невская все же думает, что для окончательного решения вопроса нужна дальнейшая кропотливая работа. Это верно. В подтверждение приведем такое свидетельство: «Во время поездки в Париж в мае 1972 г. автору этих строк (М. И. Белову — Г. Ц.) удалось познакомиться с коллекцией ландкарт петровского и послепетровского времени. Все они сосредоточены сейчас в коллекции карт Ж. Н. Делиля и хранятся в отличном состоянии... в нее входят не только копии ландкарт... но и подлинники их».

Полученные из архива Парижской обсерватории микрофильмы научной переписки Делиля с виднейшими петербургскими академиками Л. Эйлером, Г. Крафтом, Д. Бернулли позволили автору рассматривать творчество Делиля и его российских коллег во всевропейском контексте. Она отмечает: «Для детального изучения присланной в 1980—1981 гг. переписки потребуются не один год. Однако и теперь ясно, что документы эти совершенно уникальны, ведь Делиль переписывался со всеми астрономами своего времени. Среди его корреспондентов были такие крупные ученые, как И. Ньютон и Э. Галлей» (с. 15). При всем том, по меньшей мере рискованно приравнять наблюдения Делиля и его коллег к результатам, полученным Тихо Браге (с. 84).

Имя создателя «Математических начал натуральной философии» часто встречается в книге, и это понятно, так как Делиль находился в ряду третируемых Парижской Академией наук французских естествоиспытателей, которые придерживались философии Ньютона. Распространение его учения в России не встречало серьезных затруднений, практически этому

миропониманию не было альтернативы (картезианство не пустило у нас глубоких корней, поэтому Делилю удалось без особых усилий найти общий язык с петербургскими учеными, в большинстве своем ньютонианцами, что во многом способствовало успехам астрономической школы).

Н. И. Невская дала уточненное описание обсерватории в Кунсткамере, где начаты в 1727 г. работы велелись с применением разработанных местными астрономами, в том числе Н. И. Поповым, оригинальных и эффективных методов наблюдений, которые расширили представление о Вселенной в духе взглядов Коперника — Кеплера — Ньютона. Работы эти охватывали широкий круг злободневных для того времени проблем, в частности в области небесной механики, развитие которой на новом познавательном уровне обязано петербургским астрономам XVIII в., в основном Эйлеру. Что касается астрофизических работ, которые подробно освещены в книге, автор пишет, что «они подготовили базу для разработки теории дифракции света Юнгом и Френелем в XIX в.» и что «знаменитое открытие Ломоносовым атмосферы Венеры в 1761 г. стало блестящим завершением исследований, начатых в Петербургской Академии наук в 1726 г.» (с. 156).

В результате скрупулезного изучения протоколов Географического департамента (они не опубликованы) Н. И. Невская смогла осветить малоизвестные стороны деятельности этого специального, основанного Сенатом в 1735 г. подразделения Петербургской Академии наук, которое, как указывается в книге, послужило образцом для подобных учреждений в других странах, например Бюро долгот во Франции. Работа департамента возникла не на голом месте, ибо крупномасштабные картографические изыскания были начаты еще при Петре I; они имели целью создание общей карты Российской империи. Развертыванию и упрощению этих работ способствовала предложенная Делилем равнопромежуточная коническая проекция (носящая его имя),

которая не потеряла значения и в наши дни. Коллективный труд многих и многих геодезистов и картографов завершился изданием в 1745 г. «Атласа российского».

Ни одна наука так не нуждалась в собственной истории, как астрономия, «потому что эта наука основана только на наблюдениях, выполненных в разное время и в разных местах» (с. 161). Эта мысль Делиля, корректная по сей день, была исходной для его историко-научных разысканий, о которых увлекательно повествуется в монографии. Читатель, несомненно, обратит внимание на те страницы книги, где впервые обобщены результаты весьма полезных контактов грузинских ученых, особенно историка и географа Вахушти Багратиони с петербургскими коллегами.

В целом книга (местами спорная, и в этом ее особая привлекательность) предстает перед нами как первое монографическое исследование, посвященное деяниям русских астрономов и географов второй четверти XVIII в., влиянию их трудов на развитие отечественной и мировой науки. Вместе с тем книга — весомый вклад в историографию раннего периода существования нашей Академии наук, в ней выявлены ранее неизвестные грани научного творчества Ломоносова, Рихмана и других ученых. Нельзя не отметить и того, что работа Н. И. Невской является, кроме всего прочего, большим фрагментом научной биографии Делиля, которая, надеемся, привлечет внимание и французских историков науки.

<sup>1</sup> Белов М. И. Роль Петра I в распространении географических знаний в России. — В кн.: Вопросы географии петровского времени. Л., 1975, с. 20.

---

 Физика
 

---

Л. Б. Окунь. ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ. М.: Наука, 1984, 224 с., ц. 1 р. 70 к.

О чем эта книга? Обо всем, что имеет отношение к успехам физики элементарных частиц в последнее десятилетие: о кварках и глюонах, промежуточных векторных бозонах, открытых недавно в ЦЕРНе и гипотетических бозонах Хиггса, о попытках построить объединенную теорию фундаментальных взаимодействий и Большом взрыве, о магнитных монополях и суперсимметричных двойниках обычных частиц.

Для кого написана книга? В первую очередь, она адресована физикам — научным работникам, преподавателям и студентам. Разрыв между этими категориями читателей довольно велик, поэтому книга содержит два слоя: научно-популярный и профессиональный. Сам автор, известный физик-теоретик, член-корреспондент АН СССР, пишет по этому поводу (с некоторой долей юмора) следующее: «Если Вы знакомы со специальной теорией относительности, но не знаете квантовой механики, Вы поймете примерно третью часть книги. Если Вы овладели уравнением Шредингера, Вы поймете половину. Если Вы можете написать уравнение Дирака и понимаете смысл использованных в нем обозначений, Вы поймете две трети. В оставшейся трети не все понятно и самому автору».

Зачем нужна такая книга? Многие понятия современной физики элементарных частиц стали малодоступными даже физикам, не занимающимся высокими энергиями и квантовыми полями. Здесь играет свою роль и сложный математический аппарат современных теорий, и обширная научная терминология, в изобилии пополни-

няющаяся неологизмами по мере новых теоретических и экспериментальных открытий. Давно назрела необходимость иметь компактную книгу, где читатель мог бы быстро найти нужное определение или получить квалифицированную справку.

Помимо разъяснения принципиальных идей в основном корпусе книги, автор составил еще и приложение — словарь, содержащий около ста терминов. Многие из них не попали пока даже в специализированные энциклопедические словари. В другом приложении помещен список примерно пяти-сот обзорных статей, опубликованных в период 1976—1982 гг. Сюда включены как научные статьи из ведущих обзорных журналов СССР и других стран, так и научно-популярные статьи, печатавшиеся в «Природе» и «Scientific American».

---

 Химия
 

---

ЭВОЛЮЦИЯ ИДЕЙ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА В СОВРЕМЕННОЙ ХИМИИ. Отв. ред. и авт. предисл. Б. П. Никольский, Л. С. Лилич. Л.: Наука, 1984, 264 с., ц. 2 р. 30 к.

Без преувеличения можно сказать, что нет ни одной отрасли химической науки, в которой бы не продолжали развиваться плодотворные идеи Д. И. Менделеева. Коллективная монография, созданная учеными Ленинградского университета, специалистами в области неорганической, физической и аналитической химии, охватывает, естественно, лишь определенную часть богатого научного наследия Менделеева.

Введение посвящено анализу многогранного творчества ученого, 150-летие со дня рождения которого отмечалось в 1984 г. Сама монография состоит из двух взаимосвязанных частей, которые объединены общим

менделеевским подходом, а различаются изучаемыми объектами. В первой части рассматриваются свойства элементов и их соединения; особое внимание уделено конкретизации периодического закона на основе нового материала. Во второй части прослеживается эволюция учения о растворах, в ходе которой все большее развитие получало выдвинутое Менделеевым положение о том, что растворы — это химические системы. Завершающая глава посвящена одному из актуальных и весьма перспективных направлений — исследованию растворов на молекулярном уровне.

---

 Биология
 

---

Л. В. Бардунов. ДРЕВНЕЙШИЕ НА СУШЕ. Отв. ред. Ф. Э. Реймерс. Новосибирск: Наука, сер. «Человек и окружающая среда», 1984, 158 с., ц. 60 к.

В растительном царстве Земли третье место по числу видов принадлежит мохообразным, или бриофитам. Изучением этой группы растений занимается бриология. Многие бриофиты, еще 10—15 лет назад не интересовали никого, кроме бриологов, сегодня привлекают внимание химиков, геологов, работников различных отраслей промышленности.

Мохообразные вполне заслуживают названия «растительной дроздофилы»; они малы, очень нетребовательны и как лабораторная культура удобны для самых разнообразных экспериментальных исследований, в том числе и генетических. Именно при работе с мохообразными в растительном мире были получены искусственные полиплоиды, открыты половые хромосомы у растений.

Мохообразные — мощнейшие сорбенты (могут погло-

щать количество воды, в 20—35 раз превышающее их собственный сухой вес). Они способны извлекать химические элементы не только из субстрата, на котором растут, но и прямо из воздуха, и это делает их (наряду с лишайниками) идеальным индикатором загрязнения атмосферы.

Замечательны бактерицидные (вообще антибиотические) свойства многих видов мохообразных. Использование сфагновых мхов в качестве перевязочного и ранозаживляющего средства — благодаря их бактерицидности и фантастической гигроскопичности — восходит к глубокой древности.

Об этих и других свойствах бриофитов, их научном значении, все возрастающей и все более разнообразной практической роли, их строении, происхождении, распространении — идет речь в книге.

#### Биология

**В. А. Барабой. РАСТИТЕЛЬНЫЕ ФЕНОЛЫ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА.** Отв. ред. М. Н. Запрометов. М.: Наука, сер. «От молекулы до организма», 1984, 160 с., ц. 60 к.

За последние 30 лет ученые разных стран выделяли из растений, очистили и изучили тысячи химических веществ, принадлежащих к тем или иным классам фенольных соединений. Одни из этих веществ встречаются в растительном мире повсеместно, другие — лишь у растений одного вида, рода или семейства. На долю фенольных соединений приходится до 2—3 % массы органического вещества растений, а в некоторых случаях — даже более 10 %.

Растительные фенолы оказались носителями целого ряда неожиданных, удивительных и полезных свойств. О химическом строении этих соединений, их роли в растениях, поведении в организме животных и человека, об их токсичности и механизме действия, о применении в качестве лечебных средств при самых

разнообразных формах патологии рассказывается на страницах книги, которая рассчитана на врачей, биологов и биохимиков.

#### Археология

**АРХЕОЛОГИЯ СССР.** Палеолит СССР. Под общ. ред. Б. А. Рыбакова. Отв. ред. П. И. Борисковский. М.: Наука, 1984, 382 с., ц. 4 р. 60 к.

Институт археологии АН СССР предпринял фундаментальное двадцатитомное издание «Археология СССР». Настоящий том<sup>1</sup> — первое в отечественной и мировой науке обобщающее исследование по палеолиту СССР, древнейшему периоду истории нашей страны, который характеризуется тысячами разнообразнейших памятников материальной культуры и искусства. Авторы тома — З. А. Абрамова, М. В. Аникович, Н. О. Бадер, П. И. Борисковский, В. П. Любин, Н. Д. Праслов, А. Н. Рогачев.

Начало палеолита связано с появлением на Земле обезьяноподобных людей, изготовляющих примитивные каменные орудия; закончился палеолит на территории нашей страны примерно 10 тыс. лет назад. Вследствие глубочайшей древности многие категории археологических находок (дерево, кожа и т. п.) в палеолитических поселениях, за редчайшими исключениями, отсутствуют. Для датировки и интерпретации памятников широко применяются методы и данные геологии, палеогеографии, антропологии, используются методы абсолютно-го датирования возраста.

Книга, рассказывающая о процессе заселения территории СССР — от Днестра до Тихого океана — и об оставленных древними людьми предметах материальной культуры и искусства, богато иллюстрирована.

<sup>1</sup> Ранее опубликованы тома: Энеолит СССР (1982); Античные государства Северного Причерноморья (1984); Восточные славяне в VI—XIII вв. (1982); Степи Евразии в эпоху Средневековья (1981).

Общие вопросы естествознания

**БУДУЩЕЕ НАУКИ.** Международный ежегодник, вып. 17, М.: Знание, 1984, 288 с., ц. 90 к.

Как обычно, на страницах этого сборника выступают видные советские и зарубежные ученые. Открывается он статьей П. Н. Федосеева «Общественные науки и социальное предвидение».

Читателей, интересующихся космическими исследованиями, астрономией и астрофизикой, привлекут статьи о космической антропоэкологии, о проблеме космических цивилизаций, о моделировании на ЭВМ эволюции галактик, о подготовке ученых ко встрече с кометой Галлея.

Заглядывая в будущее энергетика, авторы статьи «Химическое топливо из солнечных лучей» утверждают: «Есть все основания надеяться, что на основе фотокаталитических процессов в конце этого столетия могут быть созданы достаточно эффективные фотохимические преобразователи солнечной энергии в энергию водорода, способные внести существенный вклад в энергетику будущего».

В статье «Квантовые кристаллы» рассказывается о том, что обнаружено по существу новое состояние вещества, принципиально отличное от обычных кристаллов. Новому необычному классу веществ, обладающих во многом парадоксальными свойствами, посвящена статья «Суперионные проводники».

Всех интересуют успехи и перспективы развития медицины. В сборнике четыре статьи на эту тему.

Обсуждаются проблемы археологии, проблемы интеграции наук, рассказывается об истории магнитного поля Земли и современных концепциях в геологии и геофизике, о стратегии исследований Мирового океана, интенсификации растениеводства, микоплазме как новом объекте микробиологии, лазерном анализе газов, новых задачах советского правоведения.

## «Места... зело хорошие и хлебородные»

**С. В. Кириков**

доктор биологических наук  
Москва

Природные ресурсы Сибири, их прошлое и будущее привлекают сейчас очень большое внимание. В связи с этим может показаться любопытным документ, дающий довольно образное представление о природных богатствах Енисейской Сибири конца XVII в. и о том, в какой мере эти богатства использовались.

Просматривая дела Сибирского приказа, хранящиеся в Центральном государственном архиве древних актов (ЦГАДА), я заинтересовался указом Московского правительства, посланным в августе 1687 г. в Енисейскую таможенную избу<sup>1</sup>. Указ был ответом на челобитную торговых людей Енисейского уезда, содержащую жалобу на то, что в Енисейской таможене при расчете пошлины завышаются цены на товары. (Таможни взимали в пользу государства десятую часть стоимости каждого товара.)

Указ предписывал енисейскому таможенному и заставному голове и его помощникам произвести опрос торговых людей и уточнить цены. От торговых людей требовалось, чтобы они говорили «по всей евангельской господни памяти еже ей ей правду» (книга 254, л. 72<sup>а</sup>).

Но главный интерес представлял не этот текст, а приложение к нему список товаров с указанием цен. Этот список выглядит примерно так.

### Цены на продовольственные товары

Пуд муки ржаной	— 5 коп. («1 алтын 4 денги»)
» муки пшеничной	— 10 коп. («гривна»)
» муки ячной	— 9 коп. («3 алтына»)
» муки овсяной	— 6 коп. («2 алтына»)
» толокна	— 10 коп. («гривна»)
» круп ячных	— 12 коп. («4 алтына»)
» круп овсяных	— 12 коп. («4 алтына»)
» круп гречишных	— 20 коп. («2 гривны»)
» гороху	— 10 коп. («гривна»)
» хмелю	— 90 коп. («30 алтын»)
» орехов русских каленых	— 40 коп. («4 гривны»)
» орехов кедровых	— 15 коп. («5 алтын»)
» масла коровьего	— 1 р. 12 коп. («1 рубль 4 алтына»)
» сала говяжьего топленого	— 50 коп. («полтина»)
» осетрины соленой	— 20 коп. («2 гривны»)
» муксунов соленых	— 12 коп. («4 алтына»)
» нельмы соленой	— 21 коп. («7 алтын»)
» икры черной	— 24 коп. («8 алтын»)
» икры красной	— 24 коп. («8 алтын»)
» соли	— 8 коп. («2 алтына 4 денги»)
Фунт сахара	— 15 коп. («5 алтын»)
» перцу	— 15 коп. («5 алтын»)

### Цены на промышленные товары

Пуд олова «аглинского»	— 7 р. («7 рублей»)
» меди красной «деланной»	— 6 р. 50 коп. («6 рублей с полтиной»)
» железа простого	— 90 коп. («30 алтын»)
» белил	— 3 р. 60 коп. («3 рубля 20 алтын»)
» пороху	— 6 р. («6 рублей»)
Фунт медной проволоки	— 18 коп. («6 алтын»)
» железной проволоки	— 7 коп. («2 алтына 2 денги»)
» нефти	— 75 коп. («25 алтын»)
Одна сковорода железная большая	— 20 коп. («2 гривны»)
Пищаль винтовка	— 3 р. 50 коп. («3 рубля с полтиной»)
Пищаль гладкая (без нарезов)	— 2 р. 50 коп. («2 рубля с полтиной»)
Аршин холста тонкого	— 4 коп. («1 алтын 2 денги»)
Книга «Евангелие запрестольное»	— 4 р. («4 рубля»)
» «Триодь цветная»	— 3 р. («3 рубля»)
» «Часослов»	— 50 коп. («полтина»)
Стопа бумаги доброй писчей	— 1 р. 50 коп. («1 рубль с полтиной»)

### Цены на меха

Лиса красная	— 40 коп. («4 гривны»)
Волк	— 40 коп. («4 гривны»)
Песец белый	— 13 коп. («4 алтына 2 денги»)
Песец голубой	— 20 коп. («2 гривны»)
Росомаха	— 50 коп. («полтина»)
Горностай	— 6 коп. («2 алтына»)
Выдра большая	— 1 р. 50 коп. («1 рубль с полтиной»)
Бобр рыжий большой	— 1 р. 50 коп. («1 рубль с полтиной»)
Овчина добрая большая	— 15 коп. («5 алтын»)
Оленина большая	— 27 коп. («9 алтын»)
Половина лосны доброй	— 25 коп. («пол полтины»)

<sup>1</sup> ЦГАДА, ф. Сибирский приказ, кн. 254, л.л. 72—95

Приступая к анализу этого «ценника», необходимо сказать о численности населения Енисейского уезда и о том, из каких групп оно состояло. В конце XVII в. в этом уезде преобладало русское население, а не коренное, платившее натуральную подать — ясак. По данным А. Г. Копылова, среди русских насчитывалось 515 служилых людей, 632 посадских, 928 государевых крестьян и 84 монастырских крестьянина. Общее число русских (включая всех членов семей) определялось приблизительно в 8000 человек. Ясачных людей насчитывалось около 2600 человек.

При анализе цен товаров, поступавших на енисейский рынок, сразу же бросается в глаза чрезвычайная дороговизна промышленных товаров по сравнению с продовольственными. Особенно дорогими были ме-

таллы и изделия из них. Пуд железа стоил, например, столько же, сколько стоили 18 пудов ржаной муки или четыре с половиной пуда осетрины. Одна железная сковорода стоила столько же, сколько пуд осетрины и лишь на четыре копейки дешевле, чем пуд черной или красной икры. Еще дороже ценились медь и олово.

Непомерно высокая цена металлов была обусловлена тем, что в Московском государстве в XVII в. железа и меди добывалось очень мало, притом добыча сырья и его обработка производились главным образом в европейской части. В Сибири, сравнительно недалеко от Енисейска, выплавкой железа и его обработкой занимались шорцы, проживавшие на территории Кузнецкого уезда (в то время они назывались «кузнецкими татарами»). Основной ясак они платили соболями, но иногда взамен соболей отдавали железные изделия и железные крицы (слитки железа, не очи-

щенного от посторонних примесей). По мере того как запасы пушных зверей (соболей, бобров, лисиц) истощались, доля железных изделий в ясаке увеличивалась. В ясачной книге Кузнецкого уезда за 1650/51 г. после перечисления пушнины, взятой с ясачных людей, сказано, что с них взято еще сто четыре железных тагана «за два соболя за двадцать за четыре соболя», «восемь шапок железных за восемнадцать соболей, котел железный за два соболя»<sup>2</sup>.

В 1698/99 г., когда пушные звери в некоторых волостях Кузнецкого уезда уже извелись, с 20 ясачных людей, живших в волости «вверх по Кондоме реке», было взято 50 соболей, 1 бобр-первогодок, 1 лисица и 265 железных криц (за 6 соболей). Аналогичные сведения имеются и по другим волостям.

К очень дорогим промышленным товарам Енисей-

<sup>2</sup> Там же, л. 21.

#### Промысел оленей «на плави».



Копылов

ской Сибири принадлежало охотничье оружие «огненного боя» и порох. Пицаль-винтовка (ружье с винтажными нарезками в стволе) стоила столько же, сколько 70 пудов ржаной муки или 17 пудов самой дорогой рыбы — сибирской белорыбицы (нельмы).

Не вполне понятно, почему среди промышленных товаров показана нефть и почему цена ее была очень высокой: один фунт ее оценивался в 75 коп.; за эти деньги можно было купить 15 пудов ржаной муки. Откуда ее привозили и зачем? Предположительно можно ответить лишь на второй вопрос. По-видимому, нефть употребляли как лекарство. В одном из лечебников XVII в. о ней сказано: «Нефть пособляе на дыхавицу и кашель старой уйма».

Очень дорого по сравнению с продовольственными товарами ценились книги на церковно-славянском языке и писчая бумага.

Основная причина дешевизны хлебных продуктов (муки, крупы, толокна) заключалась в том, что земледелие в этой области Сибири развивалось очень успешно. Еще в 40-х годах XVII в. было замечено, что на енисейском рынке привозной хлеб стал вытесняться более дешевым местным. Двумя десятилетиями позже (в 1664 г.) крестьяне, а также посадские и служилые люди Енисейского уезда продавали много хлеба и по дешевой цене<sup>4</sup>. Успешное развитие земледелия не укрылось от внимательных глаз Николая Милеску Спафария, воз-

главлявшего московское посольство в Пекин. В 1675 г., проезжая по западной части Енисейского уезда, он отметил, что на пути от д. Елан до г. Енисейска было «множество деревень, и жилья есть, и места еланские, zelo хорошие и хлебородные»<sup>5</sup>.

Видный историк А. А. Новосельский, характеризуя сельское хозяйство Енисейской Сибири в XVII в., пришел к выводу, что «енисейская пашня долгое время была основой снабжения всего северо-востока Сибири»<sup>5</sup>.

Другая отрасль сельского хозяйства — скотоводство — в XVII в. развивалась, по-видимому, менее успешно, чем хлебопашество. Еще в 60-х годах этого столетия рогатый скот на енисейском рынке был привозным.

В ценнике не указана цена на мясо. Видимо, и двумя десятилетиями позже его почти не продавали. Хотя известно, что в пищу шла и говядина, и мясо, добываемое охотой на «дикий скот». В более северных районах Сибири множество оленей добывалось во время их осенних миграций, «на плавах ЦГАДА был обнаружен воспроизводимый здесь рисунок с изображением такой охоты».

Чрезвычайно дешевой была рыба ценных видов — осетр, нельма и муксун, а также —

черная и красная икра. Эту рыбу добывали и государственные крестьяне, и посадские люди, и некоторые из служилых, а также — «промышленные» люди.

При анализе ценника пушных товаров обращает на себя внимание то, что в нем не упоминается соболь. И не случайно. Этот зверек добывался в Енисейской Сибири так усердно и в таком большом количестве, что к концу XVII в. его запасы сошли на нет, и в свободной рыночной продаже его на Енисейском рынке уже не было. А вот как уменьшилось число соболей, сданных ясачными людьми Енисейского уезда: в 1639/40 г. было взято по ясаку 3276 соболей, в 1649/50 г. — 3603 соболя, а в 1700 г. — лишь 130 соболей. Сходные сведения имеются и по Мангазейскому уезду. К 80-м годам XVII в. соболей осталось так мало, что в Енисейский уезд была послана грамота с указом, запрещавшим отпускать промышленников в ясачные угодья для соболиного промысла.

Ненасытное стяжательство привело к тому, что соболье богатство Енисейской Сибири было расхищено в течение одного XVII столетия. В XVIII, XIX и в начале XX в. соболь в этой сибирской области или добывался в очень небольшом числе, или же добыча его запрещалась совсем.

Понадобился многолетний запрет промысла на соболя, а затем и расселение его людьми, чтобы восстановить былое обилие этого ценного зверька. Об этом нельзя забывать. Ибо, как справедливо говорил Н. К. Рерих, «не знаящий прошлого не может думать о будущем».

<sup>4</sup> Копылов А. Н. Русские на Енисее в XVII в. Новосибирск, 1965.

<sup>4</sup> Спафарий М. Сибирь и Китай. Кишинев, 1960, с. 69.

<sup>5</sup> Новосельский А. А. Сельское хозяйство. — В кн.: Очерки истории России XVII в. М., 1955, с. 34.

В номере использованы фотографии АЛЕКСЕЕВА Н. Н., ГОЛОВАНОВОЙ Э. Н., ЛЮБИНСКОГО Е. Г., ОРЛОВА Н. Л., СТЕПАНОВА А. М., ШУМАНОВА Ю. А., ШАТКОВА Б. Т., ШТЕЙНБАХА М. В., АП, ЮПИ.



— 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.

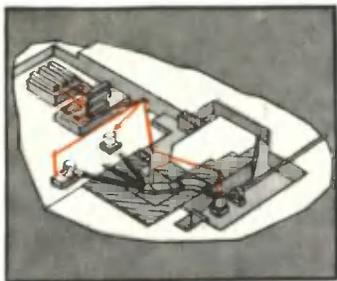
Художник П. Г. АБЕЛИН  
Художественные редакторы  
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Корректоры:  
Э. А. ГЕОРГАДЗЕ, Т. Д. МИРЛИС

Адрес редакции:  
117049, Москва ГСП-1,  
Мароковский пер., 26.  
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 29.10.84  
Подписано к печати 5.12.84  
Т—22615  
Формат 70×100 1/16  
Офсет  
Усл.-печ. л. 10,32  
Усл. кр.-отт. 1413,7 тыс.  
Уч.-изд. л. 15,5  
Бум. л. 4  
Тираж 52 855 экз. Зак. 3041

Ордена Трудового Красного Знамени Чеховский полиграфический комбинат ВО «Союзполиграфпром» Государственного комитета СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.  
г. Чехов Московской области



## В следующем номере

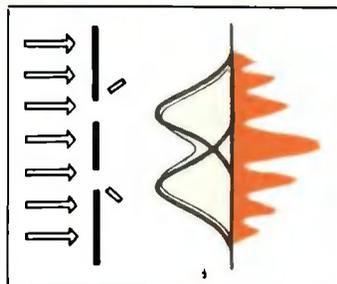
Ступенчатая ионизация атомов или молекул с помощью нескольких лазерных фотонов, энергия которых точно совпадает с энергией возбужденных состояний частицы, позволяет детектировать очень малые количества вещества, в пределе — отдельный атом или молекулу, и определить их характеристики.

**Летохов В. С.** Лазерная спектроскопия одиночных атомов и молекул.



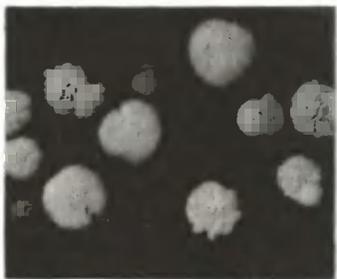
Процесс горения известен с древнейших времен, но в научных лабораториях он обнаруживает все новые и новые свойства. Их изучение позволило дать горению еще одну «профессию»: с его помощью сейчас синтезируются соединения, обладающие уникальными свойствами.

**Зельдович Я. Б., Либрович В. Б., Мержанов А. Г.** Горение: современный взгляд на древнейший процесс.



Имеет ли сходство в описании психических и квантовомеханических явлений фундаментальную основу? Займет ли принцип дополнительности свое место в психологии? Если да, то можно будет считать, что физика вернула свой долг: ведь именно размышления о психических явлениях натолкнули Нильса Бора на идею дополнительности в квантовой механике.

**Фейгенберг И. М.** Принцип дополнительности в описании психических явлений.



До сих пор остается спорным вопрос о прогрессивной эволюции генетического аппарата клетки. Результаты радиобиологических экспериментов позволяют предположить, что большую роль в такой эволюции играет надежность генома, т. е. его устойчивость к действию разных факторов, вызывающих нежелательные наследственные изменения.

**Корогоди В. И.** Кариотаксоны, надежность генома и биологическая эволюция.



Упомянутый в средневековой арабо-персидской литературе народ буртасов оказывается одним из аланских племен. На основании сравнительного изучения источников предполагается, что в VIII—X вв. этот народ жил в лесостепной зоне Донецко-Донского междуречья.

**Афанасьев Г. Е.** Исчезнувшие народы. Буртасы.

Цена 80 коп.  
Индекс 70707

