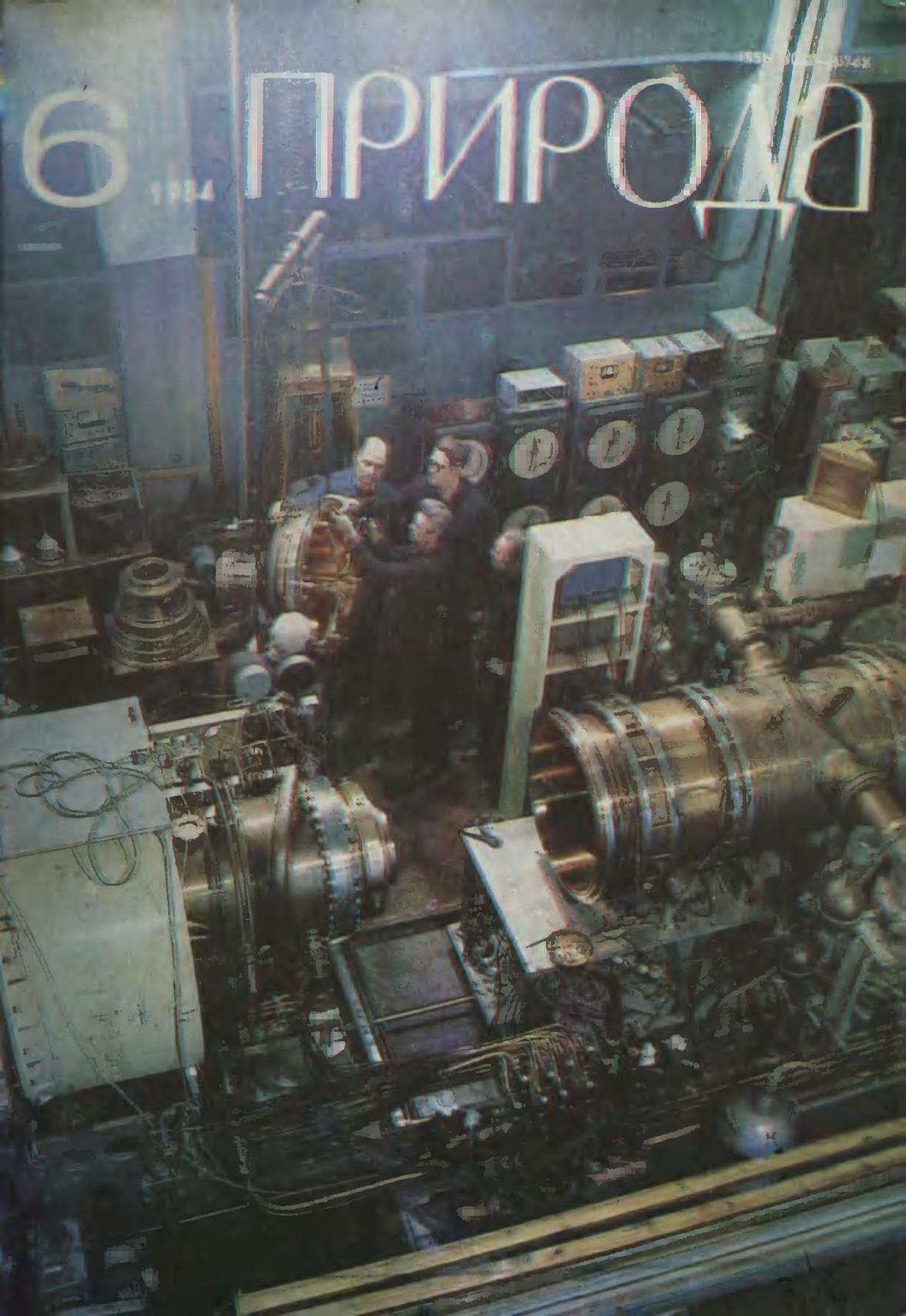


ISSN 0013-788X

6

1954

# ПРИРОДА



# ПРИРОДА

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. КУШЛОВ

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

Академик  
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ

На первой странице обложки. В экспериментальном зале Института физических проблем АН СССР. См. в номере: Жить и не творить он просто не мог. К 90-летию со дня рождения П. Л. Капицы.

Фото В. А. Генде-Роте.

На четвертой странице обложки. Кавказская гадюка (*Vipera kaznakovi*) — один из видов, включенных в «Красную книгу СССР». См. в номере: Божанский А. Т. Кавказская гадюка.

Фото В. Ланки.

**В НОМЕРЕ**

- Белоусов В. В.** О некоторых тенденциях в современных науках о Земле 3  
 Вместе с геофизическими методами, преобладающими в изучении океанического дна, в науки о Земле внедрился своеобразный «сиюминутный подход». Обобщения, сформулированные в популярной ныне «тектонике плит», основаны не на концепциях длительного развития коры, а на анализе современных процессов в ней.
- Урываев Ю. В., Рылов А. Л.** Юный мозг и личность 18  
 Изучение эволюционно самой молодой структуры мозга — лобной коры — позволит ближе подойти к пониманию сложных механизмов организации личности человека.
- ЖИТЬ И НЕ ТВОРИТЬ ОН ПРОСТО НЕ МОГ**  
 К 90-летию со дня рождения П. Л. Капицы
- Харитон Ю. Б.** Петр Леонидович Капица 28
- Рубинин П. Е., Песков В. Д., Митрофанов А. В., Маненков А. Б., Зацепин В. Г.**  
 Мы с ним работали 34
- Животченко В. И.** Хищники, копытные, человек: где гармония, а где трагедия? 45  
 Вмешиваясь в законы природы, человек часто нарушает гармонию в отношениях между хищниками и жертвами; нередко это оборачивается трагедией и для самого человека, и для животных.
- Зархидзе В. А.** «Затерянный мирок» карстового провала в пустыне 52  
 В карстовом провале, обнаруженном среди голой гипсовой пустыни, и поныне находят себе убежище растения — потомки некогда обильной влаголюбивой флоры.
- Божанский А. Т.** Кавказская гадюка 53  
 Новые сведения о биологии кавказской гадюки — одного из видов «Красной книги СССР».
- Мицц Р. И., Кононенко Е. В.** Дефекты биологических жидких кристаллов 56  
 Линейные дефекты в биологических структурах, упорядоченных по типу жидких кристаллов, участвуют во многих биологических процессах.
- Азимов Я. И., Докшицер Ю. Л., Хозе В. А.** Партоны и струи 64  
 Трек в камере Вильсона отождествляется с какой-то элементарной частицей. Для кварка или глюона аналогом трека является адронная струя — сгусток быстрых сильновзаимодействующих частиц.
- Кизильштейн Л. Я., Шпицглюз А. Л.** Под микроскопом — клеточные структуры палеозойских растений 77  
 Метод ионного травления делает видимыми клеточные структуры древнейших растений.
- Членов М. А., Крупник И. И.** В поисках древних культур Чукотки 86  
 Эскимосский ритуальный комплекс, названный «Китовой аллеей», и древнюю культуру Мечигменского залива — масик — можно считать подлинными открытиями палеоэтнографических исследований, проведенных в 1975—1981 гг. на азиатских берегах Берингова пролива.

## **ЗОЛОТЫЕ МЕДАЛИ ИМ. М. В. ЛОМОНОСОВА ЗА 1983 г.**

- Бутенко Р. Г.** Андрей Львович Курсанов и наука о жизни растений **98**  
**Комар А. А.** Симметрии и объединенное описание взаимодействий элементарных частиц **100**

## **НОВОСТИ НАУКИ**

Запуски космических аппаратов в СССР (январь — февраль 1984 г.) (103) \* Третья основная экспедиция на «Салюте-7» (февраль — март 1984 г.) (103) \* Космический зонд уходит к комете (104) \* За пределы Солнечной системы (105) \* Эксперимент «Реликт» (105) \* К какому типу относится наша Галактика? (106) \* Движение газа в центре Галактики (107) \* Доказана гипотеза Морделла (107) \* Все ближе к рентгеновскому диапазону (108) \* Разноименные дефекты рекомбинируют в твердых растворах (109) \* Новое определение метра (110) \* Мозаичная структура генов архебактерий (110) \* Вирус стимулирует рост растений (111) \* Сколько в сигаретах кадмия (111) \* Нервные пути полового возбуждения у рыб (111) \* Пикопланктон (112) \* Кальций и накопление алкалоидов в растениях (113) \* Живые организмы — рекордсмены-концентраторы (113) \* Климатические последствия ядерной войны (114) \* Природный британский ландшафт исчезает (115) \* Реорганизована охрана природы Аляски (115) \* Природа Тасмании взята под охрану (115) \* 91-й рейс «Гломара Челленджера» (116) \* Доставка айсбергов неэкономична (116) \* В Англии найден новый динозавр (117) \* Петроглифы Горного Алтая (118)

**103**

## **РЕЦЕНЗИИ**

- Федоров А. С.** О роли науки в победном завершении войны (на кн.: Б. В. Левшин, Советская наука в годы Великой Отечественной войны) **119**  
**Яблоков А. В.** Мутации в природе и лаборатории (на кн.: П. М. Бородин, Этюды о мутантах) **121**

## **НОВЫЕ КНИГИ**

Радость познания. Популярная энциклопедия в четырех томах (122) \* Никелсен И. Тяготение, черные дыры и Вселенная (122) \* Лилли С. Теория относительности для всех (123) \* Сумаруков Г. В. Кто есть кто в «Слове о полку Игореве» (123) \* Слюсарев А. А. Природа Донбасса (123) \* Гресвальд М. Г. Покровные ледники континентальных шельфов (124) \* Калашников Т. М. Пророчество без чудес (К 90-летию Н. Н. Колосовского) (124)

**122**

## **В КОНЦЕ НОМЕРА**

- Гржимек Б.** Маугли. Правда или миф? **125**  
**Баскин Л. М.** Маленький комментарий к очерку Б. Гржимека **127**

## О некоторых тенденциях в современных науках о Земле

В. В. Белоусов



Появившаяся в последнюю четверть века новая геодинамическая концепция — тектоника литосферных плит — сыграла значительную роль в развитии современной геологии. Однако нельзя не отметить, что многие наши теоретики не удовлетворяются или не полностью удовлетворяются этой концепцией и создают собственные модели тектогенеза на Земле. Среди них чаще появляются модели, учитывающие крупные горизонтальные перемещения масс горных пород в верхних геосферах. Но имеются и модели, базирующиеся на данных о вертикальных движениях в коре и мантии Земли. Именно такие представления развивает В. В. Белоусов, статья которого содержит критику основных положений плитовой тектоники. Существование различных точек зрения по вопросам геодинамики вполне естественно, так как эти вопросы относятся в естествознании, если можно так сказать, к категории высшей сложности. Одна из причин этого — невозпроизводимость процессов, особенно в их сложнейшем сочетании, в эксперименте. Можно не сомневаться, что обсуждение этих сложных проблем с разных точек зрения полезно, так как, в конце концов, оно приближает нас к правильному пониманию вещей.

Член-корреспондент АН СССР Ю. М. Пуцаревский

Уже в древности человек задумывался над тем, почему происходят землетрясения и извергаются вулканы. Долгое время он искал ответа на эти вопросы в мифах о подземных ветрах и о живущих под землей богах. В средние века христианская церковь на многие столетия придавила чугунной крышкой своей догмы всякие попытки проникнуть в историю Земли, приказав думать, что Земля была создана в течение нескольких дней и что со времени «сотворения мира» единственным крупным событием на Земле был «всемирный потоп».

Перелом произошел в XVI—XVII вв., когда дляковки оружия и чеканки монет беспокойные люди того времени стали нуждаться в металле. Чтобы найти и добыть

его, нужны были сведения о строении хотя бы самых верхних слоев земной коры. Тогда и были получены первые представления в области структурной геологии. Главным образом это были представления о геометрии рудных жил, о том, как выходы наклонных жил проецируются на неровной поверхности земли.

Что касается более общих вопросов движений и развития земной коры, то они стали приобретать научный облик только в XVIII в. в работах М. В. Ломоносова и шотландца Дж. Геттона. Первый вопрос, который при этом был поставлен, был вопрос о происхождении горных хребтов. Казалось очевидным, что горные хребты — это нарушение нормального уровня земной поверхности, результат ее выгибания каки-



Владимир Владимирович Белоусов, член-корреспондент АН СССР, заведующий отделом Института физики Земли АН СССР, председатель Междуведомственного геофизического комитета АН СССР, председатель Научного совета по комплексным исследованиям земной коры и верхней мантии АН СССР. Специалист в области тектоники Земли, автор более двухсот научных работ, среди которых монографии: Основные вопросы геотектоники. М., 1962; Земная кора и верхняя мантия материков. М., 1966; Земная кора и верхняя мантия океанов. М., 1968; Эндеогенные режимы материков. М., 1978. В «Природе» опубликовал статью: Программа изучения глубоких недр Советского Союза (1982, № 1).

ми-то внутренними силами. И поскольку среди гор, хотя бы некоторых, расположены вулканы, эти внутренние силы стали видеть во «внутреннем жаре в земной утробе», как выразился Ломоносов в своей знаменитой работе «О слоях земных».

Законы залегания слоев в горных хребтах не были еще известны. Знали только, что слои в горах залегают не горизонтально, как на равнинах, а наклонно, под разными углами. Говорили о «беспорядке» в залегании слоев и приписывали этот беспорядок разламыванию слоев при воздымании гор.

Но вот в начале XIX в. было открыто стратиграфическое значение ископаемых органических остатков и стало возможным определять относительный возраст слоев, хотя бы они были видны в разных обнажениях на любом расстоянии друг от друга. И тут было обнаружено, что слои в горах смяты в складки. Это было открытием огромной важности. Оно заставило усомниться в правильности представления о горных хребтах как о зонах поднятия: смятие слоев в складки легче всего объяснить не давлением на земную кору снизу, а ее сжатием в горизонтальном направлении.

Так возникла гипотеза сжатия земного шара и сморщивания его поверхности. Она получила поддержку в космогонических взглядах того времени, предполагавших, что твердые тела Солнечной системы образовались при остывании сгустков раскаленного газа. Гипотеза сжатия земного шара господствовала в науке в течение большей части XIX в. и вплоть до третьего десятилетия нашего века.

Это был очень плодотворный период в структурной геологии, в изучении морфологии структур континентальной земной коры. Вместе с тем он был плодотворным и в открытии основных закономерностей сочетания структур и истории их развития. Это было время становления

основ континентальной тектоники, да и континентальной геологии вообще.

Однако, по мере того как накапливались новые данные о структурах земной коры и истории их развития, становилось все яснее, что сложность строения и истории земной коры не укладывается в узкие рамки одного только горизонтального сжатия. Начались поиски новых, более сложных обобщающих идей. Поскольку, наряду со структурами сжатия, в земной коре встречались и структуры типа грабенов или рифтов, образование которых следовало приписать не сжатию, а растяжению, было предположено, что в истории Земли чередуются эпохи сжатия и растяжения. Эта гипотеза «пульсаций» Земли была популярна в 30-х годах нашего столетия.

Но успехи геологии снова обгоняли обобщения. Они все больше убеждали в чрезвычайной сложности, большом разнообразии сочетаний структур. Земная кора континентов оказалась разделенной на множество крупных и малых областей, различающихся типом строения и историей. И отсюда возникло новое предположение, что силы, вызывающие развитие структур, подходят к каждой из таких областей непосредственно, минуя соседние участки. А это возможно только в том случае, если силы направлены вертикально, из недр Земли к поверхности. Тогда действие глубинных сил может меняться от одной области к другой.

Наметился важный перелом в континентальной тектонике: главное место заняли вертикальные силы и вертикальные движения, тогда как горизонтальное сжатие или горизонтальное растяжение коры становилось вторичным явлением, подчиненным первичным вертикальным движениям.

На поверхности Земли в результате воздействия на земную кору направленных снизу сил образуются выпуклости и впадины. Создаются уклоны в залеганиях

слоев. Сила тяжести вызывает медленное оползание слоев горных пород по склонам выпуклостей. Встречая сопротивление со стороны лежащих ниже слоев, оползающие слои сминаются в складки. Это и рассматривается как вторичное проявление сжатия в земной коре на фоне ее первичных вертикальных движений.

Такие идеи получили развитие в 40-е и 50-е годы нашего столетия. В какой-то мере произошло возвращение к взглядам Ломоносова, но, конечно, на совершенно новом уровне. Эти обновленные старые идеи позволили лучше, чем гипотезы сжатия и пульсации Земли, понять взаимосвязь разных процессов в земной коре: ее движений, подъема магматических расплавов, метаморфизма горных пород. Подводилась, как будто, общая теоретическая база под совокупность эндогенных, т. е. связанных с внутренними силами Земли, геологических процессов.

Вероятно, этим представлениям о первичности в земной коре вертикальных сил и движений было бы суждено господствовать в науке не менее длительно, чем господствовала гипотеза сжатия, если бы не возникло одно существенное обстоятельство. Дело в том, что до тех пор геология в целом и тектоника в частности были науками чисто континентальными. Земная кора под океанами оставалась совершенно неизученной и никак не учитывалась в обобщениях. Впервые об океанах подумали в начале нашего столетия, когда самые первые геофизические наблюдения показали, что дно океана должно отличаться по составу от континентальной коры. Если последняя преимущественно гранитная, как полагали тогда, то океаническая кора, вероятно, базальтовая. Эта выяснившаяся разнородность земной коры в соединении с некоторыми другими соображениями (среди которых параллелизм противоположных берегов Атлантического океана играл едва ли не главную роль) явилась исходным пунктом для возникновения гипотезы дрейфа материков. Ее автор, А. Вегенер, предположил, что материка до начала мезозоя составляли одно целое, единый материк Пангею, который потом распался на части, и эти части разошлись, как гранитные льдины, плывущие по базальтовому океану. А между ними образовались Атлантический и Индийский океаны. Однако в то время у этой гипотезы было слишком мало фактических обоснований, само перемещение гранитных материков по базальтовому ложу казалось механически невозможным, и по-

этому гипотеза Вегенера в те годы не получила распространения.

Положение изменилось в конце 50-х и в 60-е годы, когда человечество вступило в эпоху научно-технической революции. В области наук о Земле научно-техническая революция выразилась в огромном прогрессе в методах изучения земных недр, прежде всего — в методах геофизических.

Широкое применение последних позволило выяснить многие особенности строения ранее недоступных нижних слоев коры континентов и подстилающей их верхней мантии. Появилась возможность изучать взаимоотношение наблюдаемых на поверхности геологических структур с толщиной коры, характером ее разделения на слои разной плотности, со свойствами верхних слоев мантии. В мантии на глубине 100—200 км под поверхностью во многих областях был обнаружен разуплотненный, вероятно, частично расплавленный слой — астеносфера, играющий, можно думать, важную роль в образовании магм и в тектонических движениях. Таким образом, появились методические возможности для постановки изучения вопросов о глубинных причинах геологических процессов.

Вместе с тем развитие тех же методов сделало доступной для изучения и земную кору под океанами. Здесь они сыграли совершенно особую, решающую роль. Дело в том, что геофизические методы способны добывать информацию о строении океанического дна сквозь толщу воды. И таким образом, огромные океанические пространства, занимающие две трети поверхности Земли, ранее недоступные для изучения, были впервые вовлечены в интенсивные исследования. Развитию океанических исследований не в малой степени способствовало и то, что после второй мировой войны океан приобрел не только экономическое, но и стратегическое значение и стал объектом внимания со стороны многих правительств.

В результате большое число исследовательских судов отправилось в плавание по океанам и морям, собирая геофизические данные о строении их дна. Прогресс техники позволил дополнить геофизические исследования бурением глубоководных скважин. Был развернут международный проект разбуривания океанического дна. В результате скважины, пробуренные со специального бурового судна, во всех океанах в нескольких сотнях точек пересекли осадочные слои на дне океана и подняли их образцы на поверхность. К геофизическим данным были прибавлены и геологические

сведения о составе и возрасте горных пород, залегающих на дне.

Эти исследования очень быстро привели к открытиям принципиального значения. Главным открытием было то, что земная кора под океанами действительно не похожа на кору континентов как по вещественному составу, так и по строению. Эти отличия оказались еще глубже и принципиальней, чем предполагалось раньше.

Континентальная кора имеет среднюю толщину около 40 км; под высокими хребтами она достигает 70 км и нигде не бывает тоньше 20 км. Она характеризуется чрезвычайно разнообразным составом и сложным строением. И в том и в другом запечатлелась длительная история, полная сложных событий: тектонических деформаций, внедрения магматических расплавов, изменения структуры пород под влиянием высоких давлений и температур. Длительность этой истории — почти 4 млрд лет (самые древние известные на континентах породы имеют возраст 3,8 млрд лет). Очень разный по составу покров осадочных пород местами достигает толщины 20 км. Внедрившиеся в кору массивы магматических пород имеют самый различный состав — от ультраосновных, бедных кремнеземом и богатых магнием и железом пород, до ультракислых с высоким содержанием кремнезема. Значительную роль в составе континентальной коры играют различные метаморфические породы — гнейсы, кристаллические сланцы. Широко распространены на континентах складчатые зоны разного возраста, где горные породы подверглись интенсивным деформациям.

Совершенно особый мир открылся перед геофизиками и геологами на дне океана.

Осадочный слой на дне океана очень тонок: в отдалении от материков и островов его толщина не более 200—300 м. Осадки эти сохранились в рыхлом состоянии, они не уплотнены и не метаморфизованы. Они очень молоды: самые древние из них — не древнее средней юры (около 170 млн лет). При этом юрские осадки известны лишь на ограниченных площадях, а на большей части океанов самыми древними осадками являются меловые и еще более молодые. Они становятся все моложе по мере приближения к срединноокеаническим хребтам, которые в виде очень пологих и широких валов протянулись из океана в океан на 60 000 км. Повсеместно под этим тонким осадочным чехлом лежат одни и те же, крайне однообразные базальты, принадлежащие к так называемой толентовой

группе базальтов, относительно бедных щелочами, легкими редкими землями и радиоактивными элементами. Судя по геофизическим данным, толщина этого базальта 1,5—2,5 км. Глубже залегает нигде не достигнутый скважинами, но известный по отдельным обломкам более плотный слой, состоящий из диабазов, габбро, амфиболитов, ультраосновных пород, серпентинитов. Его толщина около 5 км. Таким образом, толщина всей твердой (т. е. без слоя воды) земной коры под океаном всего около 7 км.

Осадочные слои на дне океана лежат очень спокойно. На огромных площадях они абсолютно горизонтальны. Деформации приурочены лишь к срединно-океаническим хребтам и к другим подводным горам и плато, разбросанным на значительных расстояниях друг от друга. Все эти дислокации глыбовые: они связаны с поднятием отдельных глыб дна. Никаких складчатых зон, подобных континентальным, на дне океана нет.

Таким образом, геологически эти две коры совершенно различны. В некоторой мере на дно океана подходят лишь те участки континентов, которые покрыты так называемыми плато-базальтами — обширными базальтовыми излияниями, равномерно покрывающими в некоторых местах многие сотни тысяч квадратных километров. Примеры таких плато-базальтовых покровов мы находим на плато Декан в Индии (где покровы имеют меловой и палеогеновый возраст) или в бассейне р. Тунгуски в Сибири (где базальты изливались в конце палеозоя и начале мезозоя). Но под плато-базальтами все же сохраняется континентальная кора, хотя и более тонкая, чем в других местах.

Естественно, что особый облик строения океанического дна требовал своего объяснения. Существовавшие обобщения, основанные на исследованиях континентальной коры, очевидно, не годились, и несбодима была разработка новой концепции, которая обобщала бы данные о строении и развитии всей земной коры с ее как континентальными, так и океаническими участками.

Движение мысли пошло, однако, несколько иначе. Основную причину этому можно увидеть в относительном различии ролей, которые играли геология и геофизика в изучении континентов и океанов. Хотя геофизические методы широко используются при изучении континентов, все же в этом случае решающее слово принадлежит геологии, которая проверяет на своем материале геофизические построения

ния и накладывает на них определенные ограничения. При изучении океанической коры главенство пока остается за геофизикой. Геология в силу особых условий, с которыми встречается исследователь океанического дна, выступает здесь на вторых ролях. Эти методические различия определили и различие в преимущественном профессиональном составе исследователей. С одной стороны, на континентах — это геологи, создавшие в течение двух веков классическую континентальную геологию, а с другой — геофизики, изучав-

шие в последние десятилетия океаническое дно. Существенно то, что геофизики пришли в науки о Земле не с геологической подготовкой, а главным образом с физическим и математическим образованием. Едва ли следует удивляться тому, что новые люди, получившие в свои руки совершенно новый материал, не связанные грузом традиций континентальной геологии, стали стремиться к созданию своей собственной обобщающей концепции, полностью основывающейся на том, что ими было обнаружено на океаническом дне. Такая концеп-

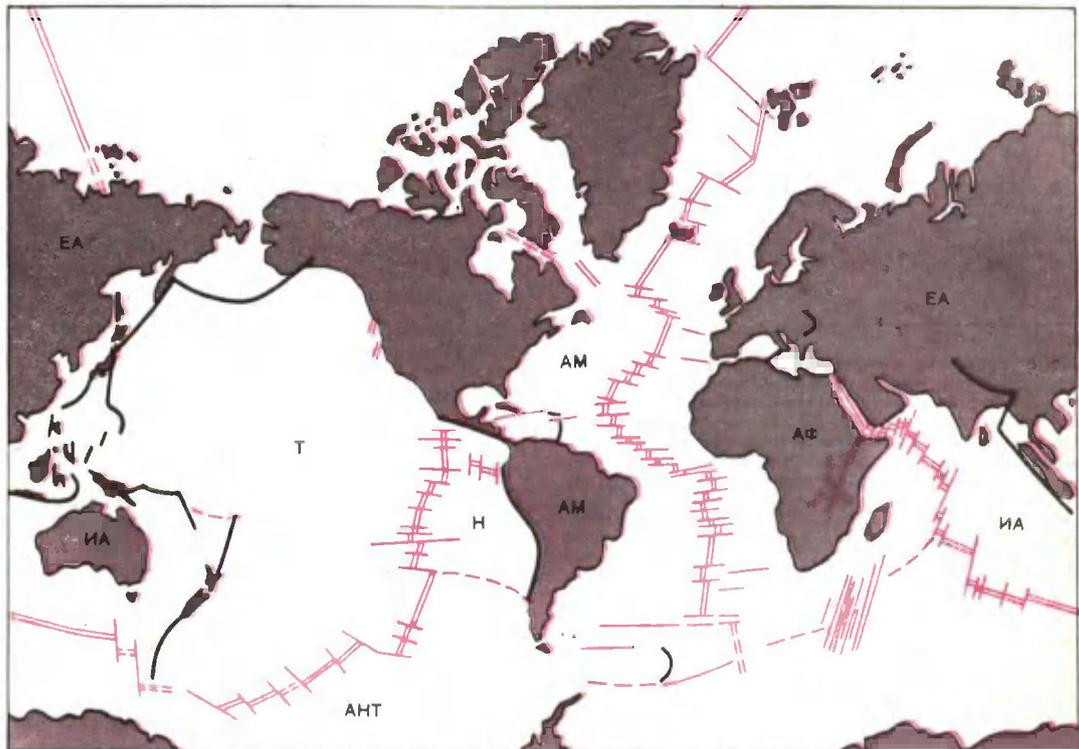


Схема структурных элементов земной коры по «тектонике плит». Основной элемент коры — крупные плиты, отмеченные на рисунке буквами EA — Евразийская, AF — Африканская, IA — Индо-Австралийская, T — Тихоокеанская, H — Наска, AM — Американская. Плиты отделены друг от друга срединно-океаническими хребтами и зонами субдукции.

 Срединно-океанические хребты, разделенные на сегменты «трансформными» разломами

 Зоны субдукции

 Крупные разломы на дне океана

ция возникла и, надо сказать, с удивительной быстротой. Она известна сейчас под названием «тектоника литосферных плит», или «новая глобальная тектоника».

Содержание этой концепции многократно излагалось не только в специальной, но и в научно-популярной литературе, и это позволяет быть здесь предельно кратким.

Как уже указывалось, геофизические данные дают возможность думать, что под твердой земной корой и твердой же частью верхней мантии, образующих совместно то, что называется литосферой, находится размягченный, частично расплавленный,

слой — астеносфера. Он обнаружен как под континентами, так и под океанами, на разной глубине в разных местах (обычно между 100 и 200 км) и разной толщины. «Тектоника плит» исходит из того, что этот слой в силу его низкой вязкости оказывает малое сопротивление возможному горизонтальному перемещению по нему литосферы. Последняя разделена на несколько очень крупных плит. Границами между ними служат полосы, где часто происходят сильные землетрясения, т. е. сейсмические зоны. Главные такие зоны — это

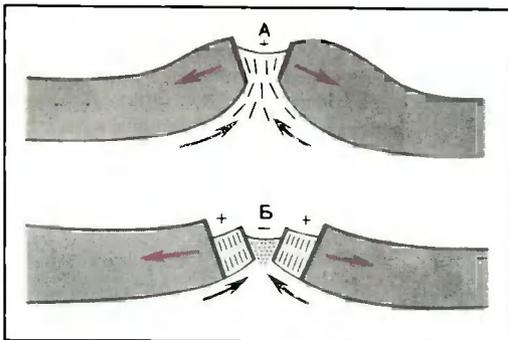


Схема процесса спрединга в срединно-океаническом хребте. Стадия А: в разрыв между раздвинувшимися литосферными плитами проникает расплав из мантии; после застывания он намагничивается в положительном геомагнитном поле. Стадия Б: в новый разрыв между раздвигавшимися плитами проникает следующая порция расплава из мантии; поскольку за это время произошла инверсия магнитного поля, эта порция после застывания намагничивается отрицательно. Так образуются чередующиеся полосы положительно и отрицательно намагниченных пород.

наиболее активная на Земле Тихоокеанская зона, окружающая Тихий океан, Средиземноморско-Гималайская зона, а также та, которая приурочена к срединным океаническим хребтам. Этими сейсмическими зонами окуриваются плиты Американская, Африканская, Индо-Австралийская, Евразийская, Тихоокеанская, Наска, Антарктическая.

Срединные океанические хребты, помимо того, что они сейсмичны, характеризуются еще высоким тепловым потоком, современным базальтовым вулканизмом, а также тем, что, по сейсмическим измерениям, землетрясения здесь связаны с растяжением земной коры. Последнее ведет к тому, что по оси хребта образуются и все больше расширяются трещины. Эти трещины заполняются основной и ультраосновной магмой, поднимающейся из мантии. Засты-

вая в трещине, магма образует новый узкий блок океанической литосферы.

Дальнейшие соображения связаны с тем, что вдоль оси и на крыльях срединных хребтов было обнаружено чередование полос положительных и отрицательных магнитных аномалий, параллельных хребтам. По измерениям так называемого остаточного магнетизма пород разного возраста известно, что в течение геологической истории неоднократно происходила инверсия магнитного поля, когда Северный и Южный магнитные полюса менялись местами. Было предположено, что полосовые аномалии отражают эти инверсии и являются своеобразной магнитной геохронологической шкалой, образующейся в процессе раздвижения литосферных плит от оси срединного хребта в стороны. Когда очередная порция магмы застывает в трещине, открывшейся вдоль оси срединного хребта, она намагничивается в том магнитном поле, которое в то время существует. Плиты раздвигаются, клин застывшего базальта делится на две половины, между которыми открывается новая трещина. В нее снова внедряется магма из мантии. И если к этому времени произошла инверсия магнитного поля, то эта порция магмы намагничивается в обратном направлении. Так это продолжается и дальше: плиты раздвигаются и постепенно наращиваются на гребне хребта новыми полосами, которые намагничиваются то положительно, то отрицательно. В результате наиболее древние участки океанической литосферы оказываются в наибольшем удалении от оси хребта, а по направлению к оси они сменяются все более молодыми. Следовательно, в отличие от того, к чему геологи привыкли на континентах, где возраст пород меняется обычно по вертикали (внизу — более древние, сверху — более молодые), на дне океана смена возрастов происходит по горизонтали. Это заключение находится в соответствии с указанной выше сменой возраста донных осадков, которые становятся все более молодыми по направлению к гребню срединного хребта.

Процесс раздвижения океанического дна называется спредингом.

Существенным отличием «тектоники плит» от старых представлений Вегенера о дрейфе материков является то, что по новой концепции движутся не материки по океаническому дну, а литосферные плиты по астеносфере. Эти плиты имеют толщину около 100 км и вклю-

чают в себя не только материки, но и обширные области океанического дна. Глыбы континентальной коры впаяны в литосферные плиты, составляют их местное утолщение и перемещаются вместе с ними. Так, например, Африка и Южная Америка расходятся вместе с прилегающими участками литосферы Атлантического океана, которая все время при этом наращивается в осевой зоне Срединно-Атлантического хребта. Начальное же размещение материков предполагается то же, что в гипотезе Вегенера: единый мате-

ря все тяжелее и, приблизившись к островной дуге или к краю материка, изгибается вниз и тонет в мантии. Следом от ее погружения являются уходящие наклонно под континенты или островные дуги зоны глубоких сейсмических очагов. Такие зоны, известные под названием «зон Беньофа», опускаются до глубины 650 км. Смещения в очагах землетрясений указывают либо на надвигание континентального крыла на океаническое, либо на пододвигание океанической литосферы под континентальную. Предполагается, что погло-

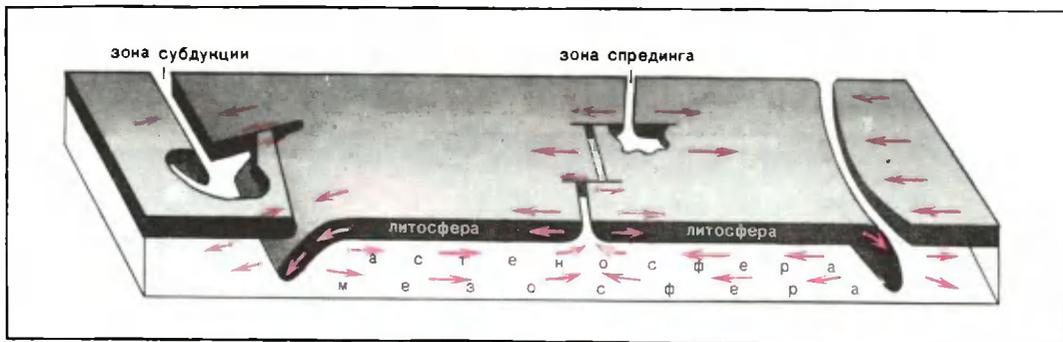


Схема движения литосферных плит. Плиты наращиваются в зонах спрединга (в центре рисунка), раздвигаются в стороны и опускаются в астеносферу в зонах субдукции (справа и слева).

рик Пангея, который начал раскалываться и разделяться на современные континенты в начале мезозоя с образованием между ними океанической литосферы. Только Тихоокеанская плита является чисто океанической.

Наращивание океанической литосферы в срединных хребтах и спрединг должны вести к увеличению поверхности Земли. Но так как нет оснований к предположению о постоянном расширении земного шара, то должен быть какой-то противоположный процесс, который компенсировал бы спрединг. Таким процессом, согласно «тектонике плит», является так называемая субдукция. Она происходит у берегов островных дуг и континентов, там, где имеются глубоководные желоба, т. е. вдоль всех берегов Южной и Центральной Америки, около островных дуг западной окраины Тихого океана (от Аляски до Новой Зеландии), у островов Индонезии, около Антильской и Южно-Антильской островных дуг. Здесь океаническая литосфера, постепенно остывая с удалением от срединного хребта, становит-

ся все тяжелее и, приблизившись к островной дуге или к краю материка, изгибается вниз и тонет в мантии. Следом от ее погружения являются уходящие наклонно под континенты или островные дуги зоны глубоких сейсмических очагов. Такие зоны, известные под названием «зон Беньофа», опускаются до глубины 650 км. Смещения в очагах землетрясений указывают либо на надвигание континентального крыла на океаническое, либо на пододвигание океанической литосферы под континентальную. Предполагается, что погло-

щение старой океанической литосферы в зонах субдукции как раз компенсирует наращивание новой литосферы в срединных хребтах. Следовательно, океаническая литосфера представляет собой как бы конвейер: в срединных хребтах она поднимается из мантии, а в зонах Беньофа погружается обратно в мантию. Этим объясняется отсутствие на дне океана древних пород: дно океана обновляется приблизительно через каждые 200 млн лет. В этих движениях участвуют и континенты. Но благодаря малой плотности континентальной коры по сравнению с океанической, континентальные массивы не участвуют в субдукции. Они расходятся и сталкиваются, но всегда остаются на поверхности.

Таковы самые основные положения «тектоники плит».

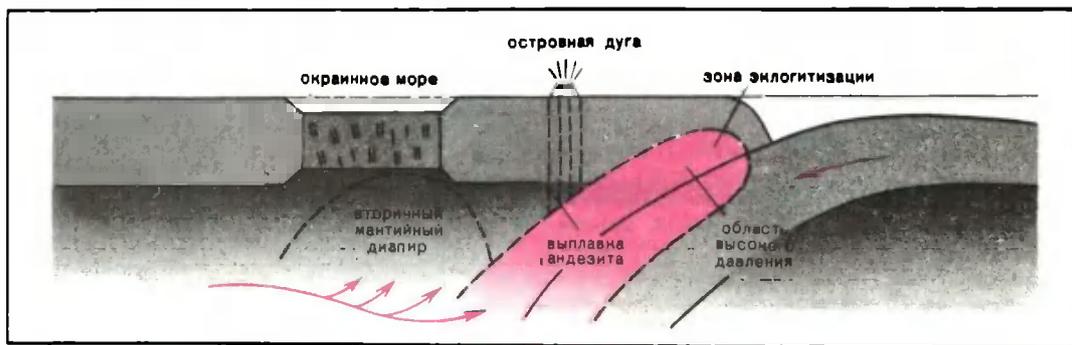
Появление и распространение этой концепции означало не просто видоизменение взглядов на некоторые конкретные явления. С «тектоникой плит» в науки о Земле проникло совершенно новое отношение к предмету изучения; возникла, можно сказать, новая философия научного исследования в этой области знания.

Прежде всего подчеркнем еще раз, что «тектоника плит» представляет собой итог обобщения и определенного истол-

кования данных, полученных при исследованиях в океанах. В первых своих контурах эта концепция вообще не интересовалась континентами. Последние для нее были мертвыми глыбами, которые, составляя части плит, перемещались вместе с ними, но внутри которых ничего существенного не происходило. Вся эндогенная активность была сосредоточена в океанах, точнее, в срединных хребтах, где образуется новая океаническая литосфера.

В дальнейшем некоторые процессы,

глубоководного желоба и сминаются в складки. Этот возможный процесс позволил считать глубоководные желоба современными геосинклиналями, которые постепенно превращаются в складчатые зоны. Далее предполагается, что опустившаяся в мантию океаническая литосфера, попадая в зону высоких температур, частично плавится и продукты плавления, после некоторых геохимических преобразований, становятся источником тех андезитов и гранитов, которые типичны для островных дуг и окраинных континен-



Предполагаемые процессы в зоне субдукции. Опускающаяся в мантию океаническая литосфера, попадая в зону высоких давлений и температур, после некоторых геохимических преобразований становится источником тех андезитов и гранитов, которые типичны для островных дуг и окраинных континентальных хребтов, расположенных над зонами Беньюфа.

-  Щелочно-базальтовый вулканизм
-  Известково-щелочной вулканизм
-  Течения в мантии
-  Направление погружения океанической литосферы

происходящие в континентальной коре, были включены в реквизит этой концепции, но полагают, что и их причины сосредоточены в океанической литосфере. Например, считают, что в зонах Беньюфа, где океаническая литосфера погружается в мантию, океанические осадки, приносимые на поверхности литосферы, гибнут, упираясь в континентальную кору, нагромождаются на внутреннем склоне

континентальных хребтов, расположенных над зонами Беньюфа. Предполагается также, что под континентальной корой могут образовываться структуры типа срединно-океанических хребтов, что приводит к раскалыванию континента и раздвижению его глыб, между которыми путем спрединга наращивается новая океаническая литосфера. Поверх нее накапливаются осадки. И если глыбы потом снова сойдутся, то океаническая литосфера поглощается во вновь образовавшейся зоне Беньюфа, а осадки сминаются в складки. Так формируется межконтинентальная складчатая зона, «заложенная» на океанической коре. Мы видим, что океаническая литосфера в подобных «моделях» играет ведущую роль, тогда как континентальной оставлена роль пассивная. Да и вся континентальная кора образуется из вещества океанической литосферы путем дифференциации, происходящей в мантии в зонах Беньюфа.

Существенное изменение принципов состоит также в отходе от геологического историзма и в повороте к представлениям, основанным на регистрации процессов, наблюдаемых сейчас, в данный момент. Классическая геология является естественно исторической дисциплиной

линой: она изучает историю земной коры. История эта понимается в масштабах геологического времени, измеряемого десятилетиями, сотнями и тысячами миллионов лет. И закономерности развития земной коры, устанавливаемые классической геологией, являются также историческими. Так, историческим является понятие «геосинклиналь», которое соответствует определенному типу развития эндогенных процессов, определенной их последовательности и типичным «геосинклинальным» формам их проявления. Геосинклиналь — это зона особенно активных тектонических, магматических и метаморфических процессов, развивавшихся в определенной последовательности в течение нескольких сотен миллионов лет. Геосинклиналь противопоставляется платформе, для которой характерно столь же длительное эндогенное спокойствие.

Геофизические методы, преобладающие в изучении дна океана, в отличие от геологических, как правило, не приспособлены к выяснению истории земной коры. Они направлены почти исключительно на регистрацию современной структуры, современного распределения в ней масс с разными физическими свойствами, современных процессов, таких, например, как тепловой поток или землетрясения. В отличие от исторической геологии геофизика является по преимуществу наукой «сиюминутной», изучающей современное состояние земных недр.

Неудивительно поэтому, что с этими новыми методами произошло внедрение в науки о Земле своеобразного «сиюминутного» подхода: обобщения, сформулированные «тектоникой плит», основываются не на чертах длительного развития коры, а на особенностях современных процессов в ней. Литосферные плиты оконтурены по зонам современной сейсмичности. Последняя вообще является единственным индикатором современной тектонической активности. Направление движения плит устанавливается, в первую очередь, по смещениям в очагах современных землетрясений. В соответствии с таким подходом совершенно иначе ставится вопрос о закономерностях развития земной коры. В сущности, те закономерности, о которых говорит классическая геология, для «тектоники плит» просто не существуют. Она отрицает реальность понятия «геосинклиналь», поскольку нет критериев для выделения геосинклинальных зон в современной структуре коры. Дей-

ствительно, таких критериев в сиюминутных данных нет, так как геосинклиналь — понятие не сиюминутное, а историческое, и выделять геосинклинальные зоны можно лишь путем изучения длительной истории земной коры. Тут необходима координата времени, которой «тектоника плит» не располагает.

Сиюминутный характер основных исходных данных не способствует раскрытию длительных закономерностей развития земной коры. И это приводит к умонастроению, когда отрицаются какие бы то ни было закономерности. История коры представляется в виде последовательности событий, в которой нет правильности, нет связи последующего с предыдущим.

Предполагая, что литосферные плиты находятся в постоянном движении по астеносферному слою, «тектоника плит» ограничивает глубину, на которой могут находиться причины эндогенных геологических процессов, подошвой литосферы; такое ограничение относится к процессам, которые длительно и устойчиво развиваются на одном и том же месте на поверхности. Эти причины не могут располагаться глубже подошвы литосферы, например в астеносфере, поскольку любой участок литосферы при ее движении должен быстро отрываться от этого глубинного процесса.

Такое ограничение глубины проникновения причин эндогенных геологических процессов входит в противоречие со многими новейшими данными. Сейсмологические наблюдения указывают, например, что заметные различия упругих свойств вещества между континентами и океанами прослеживаются до глубины по крайней мере 400 км, т. е. большей, чем глубина астеносферы. О том же свидетельствуют и гравиметрические данные. Геохимические исследования последних лет, в особенности изотопные, также приводят к выводу о значительной разнородности материала не только коры, но и верхней мантии под континентами и океанами. Все эти проявления глубоких неоднородностей, находящиеся в непосредственной связи с разделением земной коры на континенты и океаны или с зонами различной тектоно-магматической активности, никак не могут быть согласованы с горизонтальными перемещениями литосферных плит. Последние, передвигаясь, должны были бы отрываться от глубоких процессов, и тогда наблюдалось бы полное несоответствие между поверхно-

стными геологическими и глубинными процессами.

Впрочем, проблема причин в «тектонике плит» вообще никак не решена. Обычно упоминается в общей форме о конвекционных потоках в мантии Земли как о причине движения плит. Но никому еще не удалось разработать физически обоснованную схему такой конвекции. Поэтому «тектоника плит» сегодня остается чисто кинематической концепцией, рисующей характер и направление движений в литосфере Земли, но не объясняющей, почему такие движения происходят. Это также отличает «тектонику плит» от предыдущих концепций в науках о Земле, которые всегда стремились раскрывать причины явлений, хотя бы гипотетические.

Как можно оценить все эти новые подходы в науках о Земле?

Океаны действительно покрывают две трети поверхности земного шара, и поэтому может казаться, что исходить в разработке обобщающей концепции из данных об океаническом дне правильно. Однако континентальная кора, хотя и занимает на поверхности Земли меньше места, чем океаническая, но, как мы уже знаем, она гораздо сложнее океанической как по составу, так и строению. В ней оставили свои следы многие такие события, которые в океанической литосфере заведомо не происходили: кислый магматизм, складчатость, метаморфизм пород. Не менее существенно то, что документированная породами и органическими остатками история океанической коры начинается всего лишь 170 млн лет назад, тогда как история континентальной коры прослеживается в глубь геологических эр почти на 4 млрд лет. Поэтому, ставя перед собой задачу выяснения наиболее общих и длительно проявляющихся закономерностей развития земной коры, мы должны обращаться не к океанам, а к континентам. И только на них же мы можем изучить всю гамму процессов и порообразований, и формирования структур.

Естественно поставить вопрос: логично ли пытаться понять сложные и разнообразные процессы, развивавшиеся в течение длительного геологического времени, основываясь на явлениях гораздо более однообразных, простых и кратковременных? Закономерным ответом на этот вопрос являются те затруднения, которые испытывает «тектоника плит» при трактовке событий, происходящих внутри континентов.

Например, то, как рисует нам «тектоника плит» строение и развитие складчатых зон, отбрасывает нас на сто лет назад, к тому времени, когда американский геолог А. Дэна впервые указал на то, что складки образуются горизонтальным сжатием коры в глубоких прогибах, заполненных морскими осадками. С тех пор геология в разработке теории геосинклиналей и формирования складчатых зон шагнула, конечно, очень далеко вперед. Вместо складкообразования говорят о «скупивании» литосферы, подменяя этим обтекаемым термином все представления о разных типах и, соответственно, разных механизмах складкообразования, о закономерностях их размещения, об этажности складчатости, о зависимости складкообразования от более ранних неоднородностей в коре и т. д. и т. п.

Между тем правильное и полное понимание истории развития земной коры континентов и тех закономерностей, которые в этом развитии проявляются, имеет не только теоретическое, но и практическое значение. Весь металлогенический прогноз основывается на таком понимании.

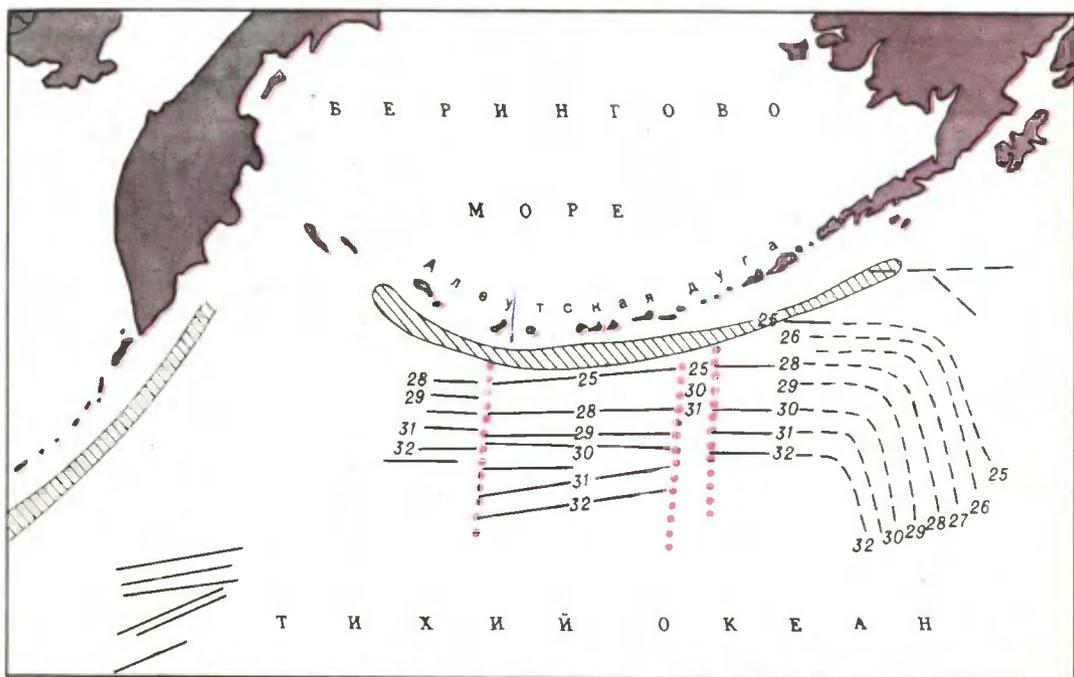
Отрицание закономерностей, а также и отсутствие в данной концепции представления о причинах наблюдаемых и предполагаемых процессов, снимают с исследователя многие обязательства и создают обстановку, благоприятствующую произволу с его стороны. Если нет ограничений со стороны представлений о причинах и об общих закономерностях развития земной коры, то чрезвычайно легко, используя некоторые «правила игры», объяснить с помощью дополнительных гипотез любую геологическую ситуацию. Возможные альтернативы при этом просто не обсуждаются.

Например, хотя в соответствии с идеями «тектоники плит» в общем виде предполагаемые движения больших плит строго согласованы между собой, исследователь, стремясь объяснить ту или иную конкретную геологическую обстановку, считает себя вправе вносить в эту схему движений любые изменения. Он допускает, например, что большие плиты могут дробиться на малые и эти последние могут приобретать свои собственные движения. Так, произвольными движениями и поворотами многих мелких плит «объясняют» сложную геологическую структуру Средиземноморья, зажатою между двумя большими плитами — Африканской и Евразийской. Допускается, что скорость и направления движения плит могут менять-

ся, а оси спрединга могут «перескакивать» с места на место. И все это предполагается для каждого случая отдельно, без какого-либо согласования между ними. Поэтому сплошь и рядом оказывается, что реконструкция для данного района строится без учета того, что происходит на соседних участках. Или же за процессом местного характера упускаются из вида гораздо более общие явления.

Подобная несогласованность относится даже к такому классическому при-

меру, как «открытие» Атлантического океана. Это «открытие» должно было происходить с начала мелового периода до нашего времени. В конце концов амплитуда раздвигания достигла 5 тыс. км. Допуская это, как-то забывают, что для такого раздвижения Евразийской и Американской плит необходимо место, куда они могли переместиться. Между тем по другую сторону земного шара Север-Восток Евразии объединен в один материк с Северной Америкой: Чукотка и Аляска



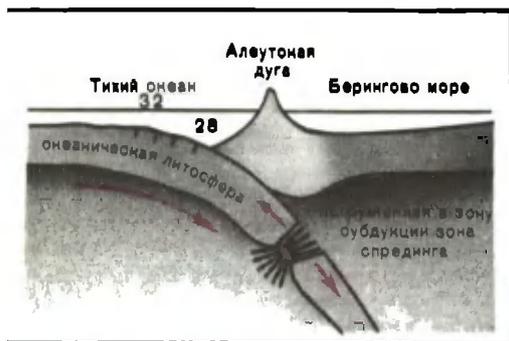
Расположение полосовых магнитных аномалий на дне Тихого океана вблизи Алеутской островной дуги. Более молодые аномалии расположены ближе к глубоководному желобу, чем более древние. Последовательность нумерации аномалий на рисунке от 25 (около 63 млн лет) до 32 (около 76 млн лет). Отсюда возникла идея, что зона спрединга ранее находилась южнее островной дуги, но с течением времени она перемещалась к северу и была поглощена зоной субдукции.

-  Магнитные аномалии
-  Глубоководный желоб
-  Поперечные («трансформные») разломы

разделены мелководным шельфом с континентальной корой, геологически едины, и никак не возможно предположить, что они ранее были разделены океаном шириной в несколько тысяч километров, который «закрылся» в компенсацию «раскрытия» Атлантики. Если там такого закрывшегося шва нет, то его, вероятно, надо искать где-то внутри современных континентов Евразии или Северной Америки. Обязательным условием при этом является то, что шов должен был существовать в виде океана до мелового периода и постепенно закрываться с начала этого периода. Реальная геологическая структура как Евразии, так и Северной Америки позволяет категорически утверждать,

что такого шва ни здесь, ни там не было и нет. Как же в таком случае происходит «раскрытие» Атлантического океана?

Законное недоумение вызывают явления, которые предполагаются в области Алеутской островной дуги. Здесь наблюдается обратная последовательность магнитных аномалий: более молодые аномалии расположены ближе к глубоководному желобу, тогда как нормально должно было быть наоборот. Отсюда возникла идея, что зона спрединга широтного



Предполагается под Алеутской островной дугой погружение в зону субдукции срединного океанического хребта (т. е. зоны спрединга). Большая стрелка — основное направление литосферных плит; меньшие стрелки — движение плит в стороны от зоны спрединга, наложенное на основное движение. Цифры — номера магнитных аномалий.

простираясь ранее находилась южнее островной дуги. Но с течением времени она перемещалась к северу и в конце концов была поглощена зоной субдукции, находящейся около дуги. Будучи теперь погруженной в мантию на глубину нескольких сот километров, эта зона, несмотря на столь коренное изменение окружающей обстановки, все еще остается зоной спрединга и в ней все еще образуется новая литосфера. Такое толкование отдает мистикой.

Или, например, известно, что строение Северо-Американских Кордильер очень сложно. Эта складчатая зона разделена на участки весьма разнородные, и их взаимную связь в ряде случаев трудно понять. Для решения этой проблемы, очевидно, необходимы дополнительные детальные геологические исследования. Но «тектоника плит», пользуясь отсутствием ограничений, «решает» эту проб-

лему крайне легко: предполагается, что в середине Тихого океана существовал ранее континент. Он был растащен глубинными потоками на куски в разные стороны, и некоторые из них добрались до Северо-Американского континента и пристали к нему, оказавшись таким образом чуждыми для других областей Кордильер.

Подобные реконструкции движения плит часто обосновываются палеомагнитными данными. Больше того, можно констатировать, что сейчас единственное независимое обоснование кинематики плит представляется именно палеомагнетизмом. Однако принятая в наши дни интерпретация палеомагнитных измерений является по меньшей мере спорной.

Как известно, явление палеомагнетизма состоит в том, что в некоторых горных породах сохраняются признаки намагниченности, приобретенной в прежние геологические времена, когда происходило либо остывание расплава (если порода магматического происхождения), либо первичное осаждение осадка на дне водоема (если порода осадочная). По ориентации этой прошлой намагниченности можно определить положение данного участка земной коры по отношению к магнитному полюсу. Ориентации палеонамагниченности оказываются различными в породах разного возраста и разного географического положения. Эти различные ориентации, в принципе, можно привести к согласию, если предположить, что континенты или отдельные их участки, где произведены палеомагнитные измерения, перемещались и поворачивались на поверхности Земли. В этом и состоит процедура геологической интерпретации палеомагнитных данных.

Оставляя в стороне то обстоятельство, что результаты палеомагнитных измерений с совершенствованием методики уже многократно пересматривались, обнаружывались и коренным образом изменялись и что этот процесс продолжается до сих пор, откуда видно, что далеко не все в этой молодой области окончательно утвердилось, сошлемся на то, что, как указывает крупнейший советский палеомагнитолог А. Н. Храмов, интерпретация палеомагнитных данных основывается на трех гипотезах:

1. Горные породы при своем образовании намагничиваются по направлению геомагнитного поля времени и места их образования.

2. Приобретенная первичная намагниченность сохраняется хотя бы частично в

породе в геологическом масштабе времени.

3. Геомагнитное поле, осредненное за любые промежутки времени порядка  $10^5$  лет (кроме эпох инверсий), является полем диполя, помещенного в центр Земли и ориентированного по ее оси вращения.

Все эти гипотезы могут вызывать ту или иную степень сомнения, поскольку в отдельных конкретных случаях они оказывались неверными. Особенно ненадежна

нованна, что в целом ряде случаев интерпретация палеомагнитных данных явно и решительно противоречит очевидным геологическим данным. Так, например, геология указывает на то, что непосредственная тектоническая связь между Европой и Африкой через зоны Гибралтара и Рифа, с одной стороны, и Калабрии и Сицилии, с другой, существовала по крайней мере с конца палеозоя. А палеомагнитные реконструкции нарушают эту связь даже для мезозоя и палео-

Одна из палеомагнитных реконструкций расположения континентов в конце палеозоя (по Брайтену Дж. с сокращениями, 1970). Следует обратить внимание на некормальное положение Пиренейского п-ва, огромной ширины океан между Евразией, с одной стороны, и Индией и Австралией, с другой, далекое расхождение Аляски и Чукотки. Вся эта конфигурация противоречит прямым геологическим данным.



третья гипотеза, основывающаяся на принимаемых сейчас представлениях о происхождении магнитного поля Земли, которые сами являются гипотетическими. Достаточно предположить, что в прошлые геологические периоды существовали устойчивые магнитные аномалии такой интенсивности, как, например, современная Восточно-Азиатская аномалия (или несколько более интенсивные), чтобы эта последняя гипотеза стала недостоверной и палеомагнитные данные можно было бы интерпретировать, не прибегая к перемещениям материков. Также можно было бы исключить горизонтальные перемещения материков, если допустить нецентрального положение диполя.

Подобные сомнения тем более обос-

нована. Палеомагнитные реконструкции таким же образом нарушают древнюю геологическую связь Чукотки с Аляской. Они предполагают существование широчайшего океана в мезозое на месте Центральной и Юго-Восточной Азии, что полностью опровергается геологическими данными.

Из всего этого следует, что считать бесспорной и тем более решающей принятой сейчас интерпретацию палеомагнитных данных ни в коем случае нельзя. Этот чрезвычайно интересный метод исследования требует еще дальнейшей разработки и более глубокого осмысливания.

Из предыдущего видно, что в «тектонике плит» много уязвимых мест и что в целом она далека от геолого-геофизической реальности. Впрочем, если рас-

смагивать эту концепцию как очередную гипотезу в ряде других предшествовавших ей гипотез, то, в принципе, степень своей применимости к реальному миру земных недр она не отличается от последних. Ведь и те гипотезы также не сумели справиться со своей задачей и не дали вполне вразумительного ответа относительно того, как живут глубины Земли.

Мы знаем, что научная гипотеза — это необходимый метод исследования. От нее никто не ждет окончательного ответа на все вопросы. От нее ждут советов относительно наиболее обещающих направлений дальнейших исследований. При этом дальнейшие исследования не только видоизменяют, но сплошь и рядом полностью опровергают данную гипотезу. Весь путь науки вымощен трупами былых гипотез. Каждая гипотеза отражает для своего времени состояние науки, сумму накопленного фактического материала, умонастроение исследователей, вопросы, которые именно в данный момент привлекли их максимальное внимание. Но было бы безрасудно видеть в гипотезе конец пути. Эта истина, может быть, особенно применима к обобщениям в науках о Земле, к области, где столько еще неизвестного в вопросах состава, свойств и состояния вещества в недрах Земли, что даже первая скважина, пробуренная в древней континентальной коре на глубину всего 11 км, поставила перед геологами и геофизиками массу недоуменных вопросов. Как раз то, что приближение к истине через последовательность гипотез представляет бесконечный процесс, и является самой привлекательной стороной науки. Современный философ К. Поппер говорит: «Научная игра в принципе не имеет конца. Тот, кто когда-либо решит, что научные высказывания не нуждаются более в проверке и могут рассматриваться как окончательно верифицированные, выбывает из игры»<sup>1</sup>.

Но, если отнестись к «тектонике плит» как к очередной рабочей гипотезе, то мы найдем основания оценить ее роль в развитии наук о Земле в целом положительно. Не потому, что она ввела представления о плитах с их загадочными перемещениями. Ее положительное влияние носит косвенный характер. Сфор-

мулировав некоторые положения наук о Земле языком более привычным для физиков и математиков, чем язык геологический, она привлекла к проблемам строения и развития Земли внимание многих представителей указанных дисциплин. В результате впервые оказался возможным комплексный подход к изучению земных недр, в котором большую роль стали играть количественные методы. Немалую роль в привлечении в науки о Земле новых сил с новыми методами сыграла и та громкая реклама, которая сопровождала с самого начала «тектонику плит».

И хотя наблюдавшееся в последние десятилетия огромное усиление интереса во всем мире к наукам о Земле и соответственное увеличение объема исследований в этой области определялись в основном, конечно, более общими причинами, указанные свойства «тектоники плит» со своей стороны немало способствовали тому же процессу. Здесь мы сталкиваемся с любопытным, но хорошо известным в истории науки парадоксом, когда неверная, по существу, идея играет положительную роль в научном прогрессе.

Еще недавно науки о Земле были предметом занятий немногочисленной группы академических ученых. А сейчас — это целая армия исследователей, в распоряжении которых и совершенная аппаратура, и мощная техника, и специальные корабли, и искусственные спутники Земли. Появились методические и технические возможности поставить большое число совершенно новых вопросов относительно свойств и поведения вещества в недрах Земли. И каждодневная работа этой большой армии исследователей приносит результаты, которые, независимо от исповедуемой тем или иным ученым теоретической концепции, имеют и, несомненно, сохраняют в будущем непреходящую ценность. Они пока еще не систематизированы. Их обобщению в немалой мере препятствует стремление во что бы то ни было подчинить их кинематике «литосферных плит». Но именно они, эти как бы побочные продукты «тектоники плит», в конце концов приведут к той более совершенной системе взглядов, которая придет на смену этой концепции.

Впрочем, поиски альтернатив уже начались. Некоторые исследователи считают, что можно условие связи геологических процессов с большими глубинами, где находятся их причины, объединить с представлением о раздвижении континентов, если предположить, что Земля увеличивается

<sup>1</sup> Поппер К. Логика и рост научного знания. М., 1983, с. 78.

в объеме и, соответственно, разрастается ее поверхность. Так возродилась гипотеза «расширяющейся Земли», которая коротко уже обсуждалась в научной литературе в 40-е и 50-е годы этого столетия.

Другие исследователи предпочитают вернуться к «пульсационной гипотезе» в измененном виде.

Существуют, наконец, возможности, которые автору этих строк кажутся наиболее перспективными: понять процессы развития земной коры как результат неравномерного выделения тепла из внутренних частей земного шара в его внешние оболочки. Наблюдения показывают, что степень современной тектонической и вулканической активности различных зон на поверхности Земли прямо коррелирует с величиной выделяемого из недр потока тепла. С повышенным нагревом верхней мантии и коры связаны и более сильный магматизм, и большая подвижность земной коры, и метаморфизм горных пород. Смятие слоев в складки также может быть объяснено нагреванием коры, когда в последней развивается процесс, подобный конвекции.

Если предположить, что в земном шаре имеется сеть глубинных «каналов» или зон повышенной проницаемости, по которым и происходит всплытие к поверхности несущих с собой тепло глубинных масс, то этим можно объяснить неравномерность проявления тектоно-магматических режимов на поверхности. А неравномерностью подъема горячих масс во времени можно объяснить тектоно-магматические циклы и вообще изменение активности геологических процессов со временем.

В свете этой концепции океаны представляют собой вторичные образования и океаническая кора возникла в результате разрушения покрывавшей ранее всю поверхность Земли континентальной коры особенно большим потоком тепла. Температура в верхней мантии поднимается настолько, что вещество ее плавится на 60—70 % и при этом выплавляется ультраосновная магма, которая проникает в континентальную кору, расчленяет ее на глыбы и изливается поверх нее. И после того как эта тяжелая магма застынет, континентальная кора, глыба за глыбой, тонет в верхней мантии и растворяется в ней. А на месте континентальной коры образуется новая океаническая кора. Из мантии и коры выделяется и вода, постепенно заполняющая прогибающиеся впадины.

Подробнее об этой системе взглядов целесообразно говорить отдельно.

Естественно было бы ожидать от сторонников «тектоники плит» активного стремления к разработке альтернативных представлений. К сожалению, атмосфера, созданная вокруг «тектоники плит», этому ожиданию не отвечает. Вместо того чтобы проверять свои модели и опровергать их, вскрывая их противоречия, авторы моделей определенно предпочитают выискивать среди фактов только одни подтверждения, отбрасывая все то, что этой концепции не соответствует. Если же противоречия слишком вопиющи и их обойти никак нельзя, то создаются дополнительные гипотезы поднялся сейчас с поверхности основной идеи «тектоники плит». Основные принципы «тектоники плит» просто не принято подвергать сомнению. Конечно, такая обстановка не способствует быстрому прогрессу и разработке более совершенных взглядов.

Остается надеяться, что это положение является временным. В восторженном состоянии сторонников «тектоники плит» много от увлечения первооткрывателей геологического мира океанов. Но кое-что в нем, может быть, и от традиционного предубеждения некоторых представителей точных наук против качественных методов, какими оперирует классическая историческая геология...

Можно думать, что, когда пройдет первый романтический период и начнутся деловые будни, потребуется более хладнокровный и осмотрительный взгляд на реальность. Тогда значение концепции «тектоники плит» можно будет оценить более объективно.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

ТЕКТОНОСФЕРА ЗЕМЛИ. Отв. ред. В. В. Белоусов. М.: Наука, 1978.

Шолпо В. Н. ЗЕМЛЯ РАСКРЫВАЕТ СВОИ ТАЙНЫ. М.: Недра, 1979.

НОВАЯ ГЛОБАЛЬНАЯ ТЕКТОНИКА. Сб. под ред. Л. П. Зоненшайна и А. А. Ковалева. М.: Мир, 1974.

Белоусов В. В. ОСНОВЫ ГЕОТЕКТОНИКИ. М.: Недра, 1975.

## Юный мозг и личность

Ю. В. Урываев, А. Л. Рылов



Юрий Викторович Урываев, доктор медицинских наук, профессор кафедры нормальной физиологии 1-го Московского медицинского института им. И. М. Сеченова. Нейрофизиолог, основные научные работы посвящены изучению нейрогуморальной регуляции поведения.



Александр Леонидович Рылов, кандидат медицинских наук, младший научный сотрудник Института нормальной физиологии им. П. К. Анохина АМН СССР. Занимается исследованиями агрессивного поведения животных.

Самым сложным и почти совсем еще неизведанным объектом в нейрофизиологии является материальный субстрат высших человеческих способностей — мышления, сознания, этических представлений, — словом, всего того, что отличает нас от животных и делает каждого человека личностью, неповторимой и пока бесконечно загадочной для любых наук, способной низко пасть, но и подняться до удивительных высот.

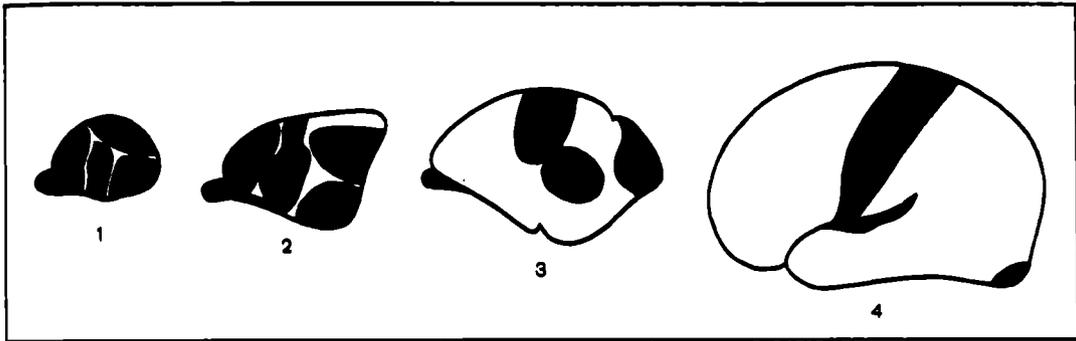
До сих пор мы очень мало знаем о том, что отличает работу человеческого мозга от мозга животных, не говоря уже о центральных механизмах самых сложных человеческих способностей. Когда-то думали, что «человечность» и способ-

ности прямо пропорциональны весу мозга или отношению между весом мозга и тела, либо количеству извилин. Но среди людей с небольшим весом мозга были замечательные мастера науки и искусства. А если верны вторая и третья гипотезы, то попугаи и дельфины должны быть разумнее нас. Затем для животных и человека вычислили отношения между поверхностями древней и новой коры, а особенно между ее самыми юными областями. Оказалось, что в коре высших обезьян, а прежде всего людей, самые молодые области коры занимают и наибольшую площадь. Молодыми эти зоны называют потому, что их морфофункциональная дифференциация и стремительное

увеличение размеров относительно других частей мозга начались довольно поздно по отсчету времени эволюции животного мира. Такие участки коры называют еще ассоциативными, т. е. связанными не непосредственно, а косвенно с управлением движениями или обработкой информации. В отличие от юных, молодых размер более старых, или проекционных корковых зон, в процессе эволюционного усложнения мозга постепенно уменьшался. Каков же вклад юных зон мозга в организацию

той нашего мозга — лишь к 18—19 годам. По мнению многих исследователей, она представляет собой сложный по строению и функциям отдел нервной системы. Чем ниже стоит животное на эволюционной лестнице, тем меньше места в его мозге занимает эта структура. Считают, что лобная кора как самостоятельный отдел мозга появился лишь у хищников.

После разрушения лобной коры животное по-прежнему помнит, чувствует, ест, пьет, спасается от врагов. Расстраи-



Увеличение размеров ассоциативных зон коры мозга в процессе эволюции млекопитающих. Соотношение проекционных, старых (черные области) и ассоциативных, более молодых областей коры в сравнительном ряде млекопитающих. У крысы [1] ассоциативные зоны составляют 3% от общей площади коры, у кроликов [2] — 11%, у обезьян [3] — 64%, у человека [4] — 86%. Увеличение общей площади лобной коры указывает на ее усовершенствование и усложнение в процессе эволюции. [По Ватуеву А. С., 1973.]

«человеческих» особенностей нашего поведения?

Мы расскажем об одной из этих юных областей, о лобной (фронтальной) коре. Почему именно о ней? Во-первых, это самая молодая структура человеческого мозга. Значит, эволюция и до сих пор увлекает ее в свое бесконечное стремление к совершенству. А во-вторых, едва ли можно назвать структуру мозга, которая бы в большей степени, чем эта, была причастна к организации самых сложных форм человеческого поведения.

#### «ДИРИЖЕР МОЗГОВОГО ОРКЕСТРА»

Расположенная на переднем мысу правого и левого полушарий, лобная кора созревает позже всех остальных час-

ваются лишь относительно сложные виды поведения. Например, собаки и обезьяны, лишённые лобной коры, не могут быстро найти приманку, если экспериментатор на глазах у животного спрятал ее под одной из нескольких чашек, на несколько секунд закрыв их ширмой.

Лишь в последние годы появились гипотезы, обобщающие важнейшие дефекты поведения животных, лишённых лобной коры, и помогающие раскрыть назначение этой структуры. Одна из гипотез, созданная П. К. Анохиным, постулировала, что деятельность лобной коры не связана с отдельными функциями мозга: памятью, восприятием, мотивациями, эмоциями, но осуществляет их интеграцию в целенаправленные, пластичные акты поведения. Помимо Анохина и другие исследователи пытались объяснить назначение этой структуры. Например, американский нейропсихолог К. Прибрам считал, что лобная кора сравнивает мотивации — голод, жажду, половую потребность — с внешними стимулами, и из этого сравнения она конструирует намерение или программу действий с учетом желаемых последствий. Польский исследователь Ю. Конорский предполагал, что разные участки фронтальной коры выполняют и разные функции, такие как «пространст-

венная или временная память», следование за живым существом или неодушевленным предметом и т. д.

Как и почти вся кора полушарий высших млекопитающих, лобная состоит из шести слоев нервных клеток и волокон. Здесь нет, как в двигательных зонах коры мозга, особых слоев, занятых гигантскими, похожими на пирамиды клетками Беца, которые через свои отростки длиной в несколько десятков сантиметров управляют сокращением мышц. Нет в лобной коре и специального клеточного пласта, который принимает импульсы, несущие зрительные, слуховые и другие обобщения, подобно некоторым проекционным полям височной, затылочной и теменных долей. Зато, как и в других юных зонах коры, здесь особенно много мелких клеток, так называемых интернейронов. Они выполняют почти исключительно внутрикорковую работу и не участвуют в приеме и передаче импульсов из коры и в кору. Среди интернейронов есть мелкие клетки, отростки которых редко выходят за пределы своего слоя. Их называют гранулярными, потому что они похожи на зерна (гранулы). Только в мозге хищников, обезьян и человека эти клетки в лобной коре составляют хорошо различимый под микроскопом пласт и во множестве расселены по всем этажам лба. По этому признаку фронтальную кору хищников, обезьян и человека легко отличить от всей остальной коры, и этому признаку лобная кора обязана своим особым названием — гранулярная.

Под давлением среды, т. е. при воздействии на организм широкого спектра раздражителей окружающего мира, усиливается новообразование гранулярных нейронов из малодифференцированных нервных клеток, увеличивается количество связей между зрелыми гранулярными нейронами. Это происходит как за счет появления новых отростков нервных клеток, так и за счет проторения уже существующих связей. По существу, лобная кора — совершенно новый тип в эволюции коры.

Эволюция подарила лобную кору животным и человеку для того, чтобы сохранить им жизнь в гуще событий, требующих от поведения особой пластичности и маневренности. Вот когда пригодились не только временно безработные нейроны или еще не замкнутые соединения волокон, но и непроторенные или малоразработанные связи между нейронами. И таких потенциальных цепей нервных клеток, готовых запечатлеть новое или искать вы-

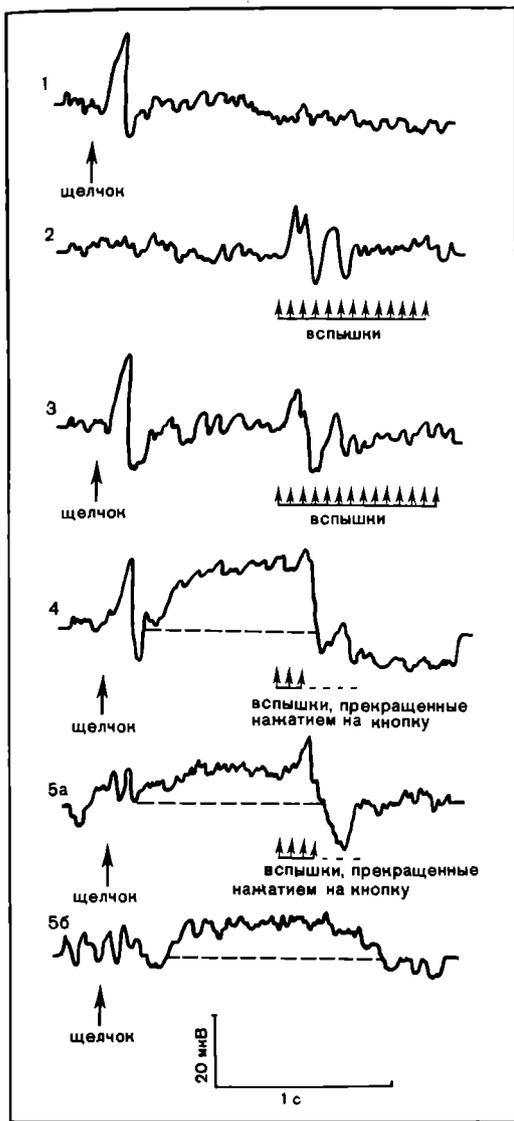
ход из непривычных ситуаций, особенно много в лобной коре.

Благодаря восприимчивости гранулярных нейронов ко всему новому и их способности к образованию ансамблей, пласт этих клеток придает уникальные свойства лобной коре, позволяя ей координировать активность других областей мозга, организующих самые сложные формы приобретенного поведения.

Эту функцию лобной коры как «дирижера мозгового оркестра» косвенно доказывают и электрофизиологические опыты. Вот одна из серий таких опытов. Английский исследователь Г. Уолтер регистрировал электроэнцефалограмму у людей в ответ на два следующих друг за другом стимула: звуковой щелчок и вспышки света<sup>1</sup>. Щелчок был как бы предупредительным сигналом, словно желтый свет светофора, а вспышки — императивным сигналом, как зеленый свет. Испытуемые должны были нажимать кнопку, увидев вспышки, и таким образом пресечь их подачу. Почти сразу же после щелчка с помощью электродов, расположенных вблизи фронтальной коры, была зарегистрирована направленная вверх от нулевой линии волна амплитудой около 30 мкВ. Она длилась до появления вспышек, что обычно совпадало с нажатием на кнопку. Эту волну Уолтер назвал волной ожидания, или Е-волной (от англ. *expectancy*). Позднее этот феномен фронтальной коры был назван волной Уолтера. Ничего подобного не сообщали электроды, установленные на темени, виске и затылке! Е-волну регистрировали, когда надо было выполнить и умственную работу, и у велосипедиста, который по радио получал приказ остановиться, и у игрока в мяч, когда он видел его летящим по воздуху и должен был его отбить или поймать. Но как только мяч оказывался пойманным, Е-волна исчезала.

Е-волна была зарегистрирована также и у животных — собак и обезьян. Волна ожидания поразительно точно отражает значение приказа для испытуемого, приказа ждать дальнейших событий. Величина волны пропорциональна двум свойствам: социальному или мотивационному его значению и вероятности его появления вслед за предупредительным сигналом. У детей до 3—4 лет Е-волну получить невозможно; у детей старшего воз-

<sup>1</sup> Уолтер Г. Живой мозг. М., 1966.



Волна ожидания (Е-волна), регистрируемая с лобных долей человека. Кривые 1 и 2 — ЭЭГ-реакции лобной коры на изолированное воздействие звука [щелчка] и вспышки света. Кривая 3 — реакция на комбинированное действие этих раздражителей, следующих один за другим. Кривая 4 демонстрирует возникновение Е-волны в случае, когда испытуемый должен на второй сигнал нажать кнопку, что пресекает подачу вспышки света. Кривые 5а и 5б показывают, как уменьшается Е-волна с уменьшением вероятности появления зрительного [императивного] сигнала. [По Walter W. G., 1963.]

раста — можно только тогда, когда приказывает взрослый человек, пользующийся их доверием. У некоторых взрослых волна Уолтера возникла только в ситуации эмоционального напряжения: например, при соревновании. Если императивный сигнал лишь в 20—30 % случаев следовал вслед за предупредительным, т. е. был ложным, некоторые испытуемые теряли доверие к экспериментаторам. Одновременно и амплитуда Е-волны при последующих приказах снижалась пропорционально уменьшению вероятности подкрепления. С другой стороны, у психических больных с повышенной тревожностью и мнительностью Е-волна исчезала даже при очень хороших, но не абсолютных шансах на успех. Но если больных одобряли и успокаивали, волна ожидания появлялась вновь.

Таким образом, намерение человека или животного совершить те или иные действия в связи с определенным пусковым стимулом имеет четкое отражение в электрической активности лобной коры. Однако чем же занимается фронтальная кора человека во время появления волны Уолтера, когда линия энцефалограммы поднимается на несколько сантиметров вверх и на 5—10 секунд остается в таком положении?

До сих пор нет устоявшегося ответа на этот вопрос. Е-волна имеет преимущественно корковую природу<sup>2</sup>. В формировании волны Уолтера безусловно участвуют поверхностные слои фронтальной коры, где особенно много гранулярных нейронов. Возможно, именно их активность отвечает за этот электрофизиологический феномен. И разве Е-волна не похожа на электрические отголоски интегративных функций лобной коры, которая перед началом целенаправленных действий координирует активность структур мозга, ответственных за память, мотивацию, анализ пусковых и обстановочных сигналов (например, вспышек и щелчков), и конструирует на основе этих процессов ответные реакции? Эту проблему еще предстоит решить в будущих экспериментах.

Сегодня же мы еще очень далеки от понимания работы лобной коры человека на электрофизиологическом, биохимическом и тонком гистологическом уровне. Ведь все опыты на здоровых людях или больных с разрушенной лоб-

<sup>2</sup> Гусельников В. И. Электрофизиология головного мозга. М., 1976.

ной корой должны быть безопасны для их здоровья. Это ограничивает арсенал экспериментатора. А доступная изучению лобная кора даже самых высокоорганизованных животных — далеко не одно и то же, что человеческая. Из-за этого в нашем рассказе о деятельности лобной коры людей мы будем оперировать терминами не электрофизиологии и биохимии, а психологии и даже этики и морали.

Так зачем же эта структура мозга человека? Почти все сведения, которые позволили бы ответить на этот вопрос, были получены при наблюдениях над больными с опухолями мозга, нагноениями, травмами, т. е. над больными с частично или полностью выключенной лобной корой. Много ценной информации дало изучение поведения больных, перенесших операцию лейкотомии, т. е. рассечения основных связей лобной коры с остальным мозгом. Знакомство с особенностями поведения таких пациентов мы начнем с эмоциональной сферы.

## ПАЦИЕНТЫ РАССКАЗЫВАЮТ

Наиболее типичные нарушения эмоций у больных с пораженной лобной корой — это те, из-за которых один американский хирург назвал пациентов его клиники, перенесших операцию лейкотомии, «самыми милыми людьми».

Вот сорокалетняя больная, о которой рассказывает сотрудник кафедры психологии МГУ Д. В. Ольшанский: «По профессии врач. Три года назад перенесла операцию по поводу злокачественной опухоли левого предплечья. Поступила в нейрохирургический институт с диагнозом: метастаз опухоли в правом полушарии в лобной доле».

На вопрос о здоровье больная сообщает: «Что вы, разве я больная? Вот только последний месяц прихворнула; тошнит немного, да голова побаливает, а так все у меня ничего. Вот пообследуюсь здесь немного, отдохну чуть-чуть, и все будет хорошо. Не думаю, что у меня что-нибудь обнаружат — ведь не больная же я в самом деле».

— Память? Нет, неплохая память. Лучше, чем у многих. Конечно, иногда забываю, куда что кладу, искать долго приходится, но память очень хорошая!

— Счастье? Ну, я, конечно, счастливый человек.

— Эмоциональность? Я достаточно

эмоциональный человек. (За время пребывания в институте лечащего врача ни о чем не спрашивала, задания выполняла пассивно, не интересуюсь результатами.)

— Ум? Ну, конечно, я не гений, но никогда не приходилось сомневаться в своих умственных способностях. Конечно, выше среднего. (На географической карте с трудом показывает части света, не находит всем известное города.)

— Характер? В целом он у меня неплохой, грех жаловаться. И не я одна так считаю — так все окружающие говорят.

— Прошрое? Оно достаточно благополучно.

— Будущее? Должно быть не хуже прошлого».

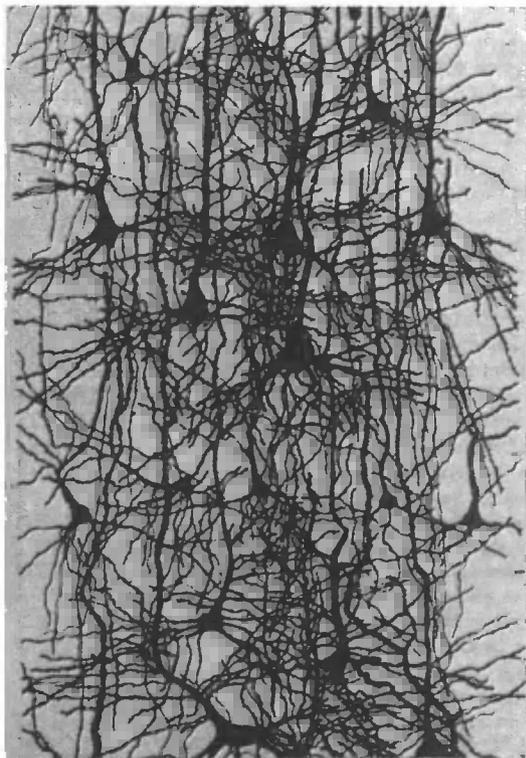
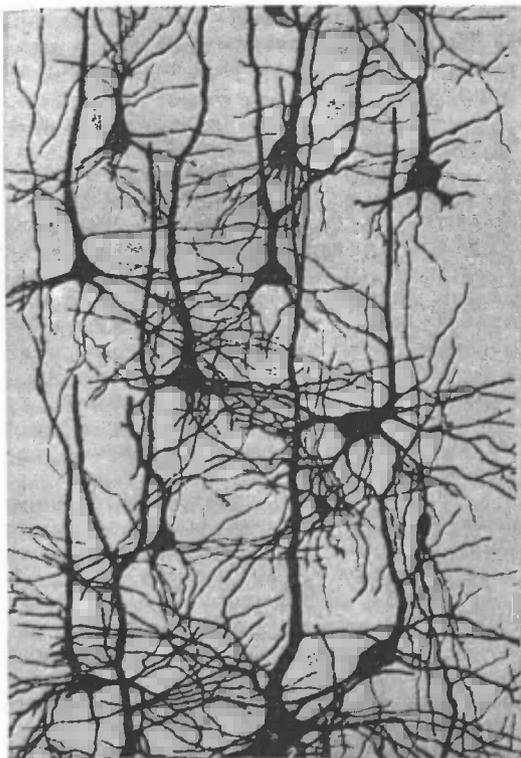
Перед нами милая, покладистая, хотя и несколько самоуверенная женщина. Никакими внушениями, никакими фармакологическими препаратами не удалось бы сделать с ней то, что сделала опухоль лобной коры: улыбаться, шутить, преувеличивать свои способности, ждать выздоровления и верить в будущее, которого у нее нет.

Когда больную просили оценить переживания людей, изображенных на снимке, она в большинстве случаев (часто неверно) говорила, что они испытывают удовольствие, потому что сама она переживала то же самое. Такое состояние называют эйфорией. Эйфория — настроение ненормально повышенной, слепой радости, неспособность критически относиться к своему здоровью, как тела, так и рассудка, хорошо знакомый исследователям признак поражения лобной коры. Не случайно одним из показателей лейкотомии были неукротимые боли в последние месяцы жизни больных с опухолями мозга.

Эмоциональная жизнь таких пациентов становится более простой и более приспособляемой, требования к жизни проще, интересы уже. По монотонности своих эмоций, по недостаточной активности, по спокойному отношению к жизни, по абсолютному отсутствию стремления к самоусовершенствованию, по своим несколько простым, но добродушным эмоциям они напоминают одну из обезьян с удаленными лобными долями, описанную Л. Бьянчи и предпочитавшую блаженное «ничегонеделание»<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Ольшанский Д. В. — Ж. невропатол. и психиатрии, 1978, т. XXVIII, № 12, с. 1818.

<sup>4</sup> Bianchi L. Les mécanismes du cerveau et les fonctions du lobe frontal. P., 1921.



Срезы лобной коры мозга ребенка: с л е в а — в возрасте 1 год 3 месяца, с п р а в а — 2 года. Видно, что с возрастом увеличивается количество отростков, соединяющих нейроны. [По Conel, J. Le Roy, 1955, 1959.]

Безоблачное, безмятежное небо сияет над большинством таких больных. Тревога, стыдливость, недовольство собой, неуверенность — все исчезает. А сами они не замечают, что их психика ущербна, переживания монотонны, убоги.

#### НАПРАВЛЯЮЩАЯ СИЛА УМА

Лишь массивные разрушения лобной коры, затрагивающие и остальную мозг, приводят к полному слабоумию. Но частичные поражения этой части мозга и лейкоцитомия редко изменяют ориентировку человека в пространстве и времени, речь, умение писать и другие умственные операции, относительно простые по сравнению со всем остальным, на что способен его мозг.

Попробуем провести границу между нарушенными и сохраненными операциями

ума у больных с патологией в лобной коре. Больным и здоровым испытуемым предлагают запомнить ряд из 10 слов, который читают 10 раз и каждый раз спрашивают, сколько слов запомнил испытуемый.

И здоровые, и больные после первого-второго прочтения слов запоминают приблизительно одно и то же их количество — от 4 до 5. Но после следующих повторений здоровые удерживают в памяти все остальные слова, а больные не только не могут, но и не пытаются переступить порог из 4—5 слов<sup>5</sup>.

Психофизиологам известно, что 4—5 слов человек запоминает произвольно, без всяких усилий. И если ему это удается, то считается, что сама по себе память сохранена. Но запоминание 10—12 слов — это активный процесс. Испытуемые должны нацелить внимание на пропущенные слова, отыскивать ошибки, сравнивать заданный ряд с тем, который им удалось воспроизвести, выработать стратегию запоминания.

<sup>5</sup> Лурия А. Р. Высшие корковые функции человека. М., 1973.

Что значит стратегия запоминания? Например, здоровые люди, усвоив с первого раза 4—5 слов, не берутся при следующем повторении запомнить сразу все. Сначала они стараются закрепить на определенном рубеже и уж потом двигаться дальше. Ничего этого больные с пораженной лобной корой не делают. Значит, у них нарушена не сама память, а управление ею.

Вот в чем различие ненарушенных и нарушенных умственных операций у пациентов с дефектом фронтальной коры. Все у них идет благополучно там, где не нужно программировать умственную деятельность, пользоваться определенной стратегией. Но эти люди бессильны, когда умственные операции, особенно многоэтапные, требуют напряжения внимания, удержания цели и программы действий.

Разберем еще два дефекта памяти у таких больных. Мы увидим здесь признаки двух других важнейших нарушений их интеллектуальной деятельности.

Как поведет себя больной, который должен удерживать в памяти серию слов «ДОМ — ЛЕС — КОТ»? Он ее запомнит и правильно повторит. Через некоторое время его просят запомнить «НОЧЬ — ПУТЬ — СТОЛ». Опять воспроизведено без ошибок.

— А теперь, пожалуйста, повторите первую серию! — просит врач. Ответ больного: «ДОМ — НОЧЬ — КОТ».

Как видим, слова первой и второй серии перемешались в сознании больного.

Еще один дефект. Навстречу больному идет лечащий врач. Больной его узнает не всегда. Достаточно одного какого-либо общего признака (очки, цвет волос), чтобы больной принял врача за того человека, у которого есть тот же признак.

— В каком городе вы живете? — спрашивают человека с опухолью лобной коры.

— В Воронеже! — сразу отвечает тот. На самом деле он живет в другом городе. Просто он когда-то был в Воронеже в командировке.

Подлинную работу ума здесь замечают импульсивные догадки или первый пришедший на ум стереотип. И остальные виды умственной деятельности больных, у которых поражена лобная кора, нарушаются по тем же причинам, что и память.

Вот пример, как ненормальная импульсивность мешает больному решать арифметические задачи.

— Пешеход делает путь до станции за 30 минут, а велосипедист в три раза быстрее. Сколько времени он потратит на дорогу?

— 30 умножить на 3 — получаем 90 минут! — немедленный ответ.

Больной быстро и неверно выполняет задание, а сам вполне доволен результатом. А. Р. Лурия считает, что патологическая импульсивность таких больных происходит от того, что они разучились делить умственную работу на два этапа: ориентировку в условиях задачи и само ее решение<sup>6</sup>. Кажется, будто на каждом шагу в сознании этих людей нарушается поговорка: «Семь раз отмерь — один раз отрежь». Ни разу не отмерив, они сразу же хватаются за ножницы, режут и, конечно, неправильно.

Все это, так сказать, внутренние помехи. Но и внешние помехи мешают таким больным. Как говорил врач и исследователь мозга Ю. Б. Розинский, внешний мир как бы диффундирует во внутренний, опустошенный мир больного. Его разум оказывается беззащитным перед лицом неконтролируемых ассоциаций. На каждом шагу мысль соскальзывает с выбранного пути.

Выдающийся русский психиатр С. С. Корсаков назвал лобную кору не самим умом, а его «направляющей силой». Разум больных, у которых поражена лобная кора, лишен такой направляющей, точнее интегрирующей, силы. Однако из-за этого теряется способность не только к умственной работе, но и к целенаправленной деятельности вообще.

## ФУНДАМЕНТ ЛИЧНОСТИ

Представим человека, который едет в метро. Он должен осуществить десятки «квантов» поведения, которые он совершает машинально, думая в это время о других своих делах. Эти сами по себе мало-значительные действия, которыми он добивается текущих, так сказать, тактических целей, составляют большую часть его жизни. Но разве только такие текущие цели ставит перед собой человек?

Разделение человеческих целей на текущие и стратегические, указывающие, как устроен фундамент личности, каковы ее идеалы и какова ее ценностная ориентация, конечно, упрощает целенаправленную

<sup>6</sup> Лурия А. Р. Основы нейропсихологии. М., 1973.

деятельность каждого из нас. Воспользуемся все же таким делением, чтобы понять, какой ущерб наносят тактической и стратегической целенаправленности целенаправленного поражения лобной коры. Начнем с текущей целенаправленной деятельности.

Больному с поражением лобной коры надо было ехать до работы на пригородном поезде. С некоторого времени он стал приходить на платформу и садиться в первую же останавливающуюся электричку. Другой пример: больного попросили нарисовать три квадрата. Он верно выполняет задание, но затем обводит всю оставшуюся часть листа, рисуя большой дополнительный квадрат. Врач тихо, но так что больной слышит, говорит своему сотруднику: «Вы читали сегодня в газетах, что заключен пакт? Больной немедленно пишет внутри большого квадрата: «Акт номер...» Экспериментатор шепотом, но больной опять слышит, говорит своим сотрудникам: «Смотрите, это прямо как у животных с экстирпацией (удалением) лобных долей». Больной пишет слово «животноводство».

Больной превратился в раба ситуации. Проблемы выбора для него не существует. К самостоятельным действиям он не способен. Все для него предрешено случайным стечением обстоятельств: какой поезд первым подошел к платформе, какое слово произнес врач.

Может, больные забывают, что надо рисовать квадраты или сесть в нужный поезд? Или не понимают, как это сделать? Но когда Лурия спрашивал своего больного (рисующего квадрат), что он должен сделать, тот все объяснял правильно, и замечал, когда его задание ошибочно выполнял кто-либо другой. Сам же он оставался беспомощен. Так что дело не в памяти и не в понимании.

Обычно целенаправленное действие человека опирается на фундамент слова. Если человек не может облечь в слова предполагаемое содержание своего действия, оно наверняка будет выполнено неправильно. Однако больной с разрушенной лобной корой способен и сформулировать словесный приказ, и удерживать его в памяти. Но этого мало, чтобы деятельность была целенаправленной и результативной. Искалеченный разум таких больных не в состоянии в нужный момент подчинить действие словесному приказу. Вот первая причина их беспомощности.

Врач обращается к больному: «Стучите рукой по столу три раза и диктуйте себе «один, два, три..., один, два, три...»

Больной: «Один, два, три, один, два, три...», но не стучит по столу.

Врач: «Не забывайте стучать».

Больной: «Один, два, три... стучу: один, два, три».

Но его правая рука ударяет по столу не в такт речи.

Вывод очевиден: у больного с пораженной лобной корой слово расходится с действием.

Вторая же причина беспомощности таких больных в том, что им не удается сконцентрировать внимание на достижении главной цели и отвлечься от второстепенной.

И все же через некоторое время после поражения фронтальной коры нарушения текущей целенаправленной деятельности сглаживались. Происходило это не только вследствие удивительной пластичности мозга. В клиниках с больными ведется кропотливая, научнообоснованная реабилитационная работа. И она бывает плодотворна, особенно если речь идет о поражении одного полушария.

Однако изменения личности, которые касались фундаментальных устремлений человека, компенсировались значительно хуже.

Фундаментальные устремления человека собирают и скрепляют наши переживания, опыт, надежды и превращают, интегрируют все это отдельное в целое, в личность. Человек без каких бы то ни было фундаментальных устремлений — это не личность! Фундаментальные потребности выполняющую главную интегрирующую роль в системах человеческого поведения, где конечный результат — то, что принято называть целью или смыслом человеческой жизни.

Что же происходит с фундаментальными потребностями больных, у которых поражена лобная кора?

Ю. Б. Розинский рассказывает: «Больной Б., 16 лет, учащийся. По характеру был веселым, общительным, учился хорошо, среди товарищей и в семье был любимцем.

На уроке физкультуры один из учеников метнул гранату, которая со всей силы ударила больного в голову.

В больнице удален костный обломок, разможженная мозговая ткань правой лобной доли. Выписан в удовлетворительном состоянии. Через год украл деньги у своего товарища на производстве. Когда его уличили в краже, сумел доказать свою невиновность и вину другого человека, на самом деле не имевшего к этому

никакого отношения. Появилась, как говорил сам больной, «наглость», «уверенность». Мог, глядя человеку в глаза, убедить его в том, чего на самом деле не было. Стал многоречив, речь изобилвала прибаутками. Перестал успевать, брался за несколько предметов, ни один как следует не готовил. Значительно снизился интерес к учебе, ничего по-настоящему его не интересовало. Появилась склонность к выдумыванию различных историй, в которых выставлял себя героем, которому прищущи всякого рода аморальные поступки.

В школе продолжал изводить преподавателей. Рассказывая о растительности Севера, говорил, что там исключительная по богатству фауна и прекрасный климат. Наканец из школы был исключен. Начал работать на производстве. Отмечал нарастание раздражительности, появилась потребность воровать деньги, которые он пропивал. Глубоких интересов не было. Работал нехотя, на производстве часто были конфликты. Отношения с товарищами носили чисто формальный характер. Однако заниматься, по его словам, мог без особого труда, так как считает, что изменение восприятий, памяти, осмысления не произошло<sup>7</sup>.

Итак, словно по воле злого волшебника, предстает перед нами в оболочке прежнего после травмы совершенно другой человек, другая личность, «сниженная», как говорят психологи. «Бездельник», как называют такого в быту, «пропащий человек». Его не интересует будущее, друзья, работа, родные. Выпивка, пустопорожние разговоры — вот все, что осталось у него вместо того, что мы называем фундаментальными устремлениями.

Если высшие потребности у больных с пораженной лобной корой исчезают, то низшие не только сохраняются, но и усиливаются. Не случайно один из дефектов поведения таких больных врачи называют «синдромом растормаживания». Один пациент, у которого удалили оба полюса лобных долей, постоянно жаловался на нечеловеческий голод, выпрашивал пищу у больных, порою крал ее. По его словам, когда он, пообедав, смотрел, как едят другие, готов был убить их, чтобы отнять пищу. Растормаживается и сексуальная потребность.

«Сам больной,— говорит швейцарский нейрохирург Э. Гох,— не может нам сказать, что именно он потерял в результате лейкотомии. Если его жизнь действительно обедняется, то он это не осознает... В результате операции ценность жизни для больного несколько не уменьшается, а скорее даже увеличивается... Прежние мучительные идеи и заботы их более не тревожат... они обрели внутренний покой... Субъективно создается впечатление, что что-то теряется. Однако, когда представляешь себе, что большая часть человечества ведет чисто растительную жизнь, ни в коей мере не используя тех высших, подлинно человеческих интеллектуальных возможностей, материальным субстратом которых являются, по-видимому, лобные доли... то искусственное сведение личности до упрощенного уровня не представляется чем-то особенным»<sup>8</sup>.

Итак, «искусственное сведение личности до упрощенного уровня». Основной результат и смысл операции лейкотомии Гох передал совершенно верно. (Те же последствия в большинстве случаев оставляли травмы, опухоли и другие разрушительные процессы лобной коры.) Это было главным, против чего выступали врачи и общественные деятели, требующие запрещения лейкотомии, потому что такое «сведение» большинству людей представляется бесчеловечным.

После лейкотомии и других поражений лобной коры люди безвозвратно теряют свое будущее в высоком понимании этого слова. Когда это происходит вследствие психической болезни, опухоли, травмы, против недугов борются врачи. Но отнять у человека будущее — такое не может быть позволено скальпелю хирурга. Вот почему так много противников было у лейкотомии, хотя несколько десятилетий назад казалось, что эта операция — наконец-то найденное победное оружие против шизофрении, тяжелых неврозов и других психических расстройств, тех случаев, когда человек теряет власть над своим поведением, мыслью, эмоциями. В ряде стран эту операцию не применяли, несмотря на достаточную квалификацию нейрохирургов. В 1951 г. в СССР лейкотомия была запрещена. Ее осудила, кстати, римско-католическая церковь.

Итак, после разрушения лобных долей животные потребности подчиняют

<sup>7</sup> Розинский Ю. Б. Изменение психики при поражении лобных долей. М., 1948, с. 47.

<sup>8</sup> Hoch E. R.— Arch. Neurol. Psychiatr., 1950, v. 63, p. 113.

себе поведение человека, страдает целеустремленность, воля, решительность, деликатность, самокритичность и многие другие человеческие качества.

Как видно, есть нечто общее в нарушениях работы мозга лишенных лобной коры животных и людей. В мозге животных с разрушенной лобной корой структуры, участвующие в формировании эмоций, мотиваций, памяти, восприятия, управления движениями, сами по себе работают нормально, зато нарушено их взаимодействие. Из-за этого память, мотивация и прочие способности мозга никак не могут соединиться в некий «сплав», из которого лобная кора сформирует гармоничный и целенаправленный акт поведения.

У человека, перенесшего лейкомию или патологический процесс, затрагивающий лобную кору, как и у животных, сохраняется и память, и восприятие, и управление движениями. Пусть примитивные и уплощенные, но в таком мозге возникают эмоции и мотивации. Однако все эти способности человеческого мозга, лишенного лобной коры, не соединяются в новый «сплав», и дефекты межструктурной интеграции ведут уже не просто к нарушениям целенаправленного поведения. Когда не скоординирована деятельность различных структур человеческого мозга, за что и отвечает фронтальная кора, разрушается личность.

В основе этих нарушений лежат повреждения электрофизиологических и биохимических процессов всего человеческого мозга, тех же нейронов, синапсов, обмена нейромедиаторов, превращений нейронной РНК и ДНК. Какое же значение имеют все эти эксперименты для лечения больных, которые в результате травмы, опухоли или другого патологического процесса потеряли удивительную по сложности строения и функций структуру — лобную кору? Как помочь таким больным нормализовать их поведение, чтобы они могли жить среди здоровых людей, а не в психиатрических больницах и, по возможности, трудиться? Конечно, вернуть им лобную кору нельзя, как невозможно заменить ее пусть даже самым сложным протезом, составленным из всех компьютеров мира. Но наблюдения над «лобными» больными показывают, что деятельность, и в том числе интегративная, фронтальной коры человека имеет определенное сходство с функциями этой структуры у животных. Поэтому в опытах на животных можно моделировать коррекцию нарушений поведения после разрушения лоб-

ной коры. Один из способов подобной коррекции в 1978 г. предложил один из авторов этой статьи (Ю. В. Урываев).

Как мы уже говорили, в поведении больных с нарушениями в лобной коре часто проявляются симптомы растормаживания: ненормально повышенный голод, половое влечение, патологическая импульсивность при выполнении различных заданий и др. У собак, которые для получения пищи из правой кормушки должны были нажать на одну педаль и на другую — для получения воды слева, также наблюдалось своеобразное растормаживание. Они суетливо бегали от одной педали к другой, не нажимая на них, или же были настолько возбуждены, что нажимали на педаль и мчались к кормушке, а затем вдруг поворачивали назад и снова ставили лапу на педаль. Предполагалось, что их лобная кора подавляла эти ненормальные движения через какую-то из медиаторных систем мозга, т. е. используя то или иное химическое вещество, посредством которого возбуждение передается с одной нервной клетки на другую. Перебрав ряд фармакологических веществ, активирующих или подавляющих несколько медиаторных систем мозга, удалось найти две — адренергическую и норадренергическую (где медиаторы — адреналин и норадреналин), которые, по-видимому, и повышали свою активность после удаления лобной коры. Иначе говоря, мишенью сдерживающих влияний лобной коры на мозг, возможно, являются те нервные образования, где возбуждение распространяется с помощью медиаторов адреналина и норадреналина. Введение собакам, лишенным лобной коры, препарата, угнетающего выделение этих медиаторов, нормализовало их поведение!

Конечно, до клинического испытания этого метода еще далеко. Исследователям еще предстоит ответить на многие вопросы об особенностях работы нейронов лобной коры. Но уже установлен важный факт — некоторые нарушения поведения больных с пораженной лобной корой можно моделировать на животных и успешно восстанавливать их.

## ЖИТЬ И НЕ ТВОРИТЬ ОН ПРОСТО НЕ МОГ

К 90-летию со дня рождения П. Л. Капицы

### Петр Леонидович Капица

Академик Ю. Б. Харитон,  
трижды Герой Социалистического Труда

В феврале этого года сотрудники Института физических проблем обратились ко мне с просьбой написать о Петре Леонидовиче Капице небольшую статью, которая предвзяла бы несколько заметок о работе с Петром Леонидовичем его сотрудников, написанных для журнала «Природа» к дню его 90-летия.

Сейчас, когда Петра Леонидовича нет с нами, я, конечно, написал бы статью иначе. Но мне кажется, что лучше оставить ее такой, какой она была написана при жизни Петра Леонидовича — слишком свежи воспоминания о нем, еще невозможно свыкнуться с мыслью об этой безмерной утрате.

Имя и характер деятельности Петра Леонидовича настолько широко известны у нас и за рубежом всем, кто имеет какое-либо отношение к физике и инженерному делу, что отпадает необходимость употребления каких-либо эпитетов. Петру Леонидовичу в июле этого года исполнилось бы 90 лет. Всю свою жизнь он большую часть рабочего дня проводил в лаборатории. Этот образ жизни продолжался до последних дней.

Много лет тому назад — без малого шестьдесят — я провел два года в Кембридже, работая в Кавендишской лаборатории. В течение этих двух лет я довольно много общался с Петром Леонидовичем. Это было очень интересное и очень поучительное добавление к тому, что я воспринимал собственно в Кавендишской лаборатории. Он был очень необычным человеком, широко интересовавшимся и физикой и техникой в целом, да и всем окружающим, особенно людьми. И это, конечно, еще повышало интерес общения с ним.

В частности, это был самый самоуверенный человек из всех, с кем я встречался. Он всегда был уверен, что, взявшись за какую-либо задачу, решит ее лучше всех. К такой жизненной позиции было не-

мало оснований — широкое и глубокое понимание физики, прекрасное владение математикой, удивительная инженерная изобретательность. А главное, реальный ход работы неизменно подтверждал эту позицию.

Мне кажется целесообразным поделиться некоторыми воспоминаниями и почерпнутыми из разных источников сведениями об этом периоде. Пусть они будут как бы введением к тем живым зарисовкам стиля работы Петра Леонидовича, которые сделаны его сотрудниками, работавшими с ним последние десятилетия. И будет видно, что в самом важном все осталось как прежде.

Для порядка надо все же напомнить основные направления работы Петра Леонидовича, хотя их можно найти в юбилейных статьях в «Успехах физических наук»<sup>1</sup>, а также (без последних 20 лет) в полном собрании оригинальных работ П. Л. Капицы по 1963 г., прекрасно изданном в Англии в 1964 г.<sup>2</sup> Не могу не выразить сожаления, что нет такого сборника на русском языке. Это, по сути дела, великолепный учебник экспериментального мастерства в самом высоком смысле этих слов, глубокого физического анализа различных явлений и высочайшего инженерного искусства.

Перечислим теперь основные направления работ Петра Леонидовича:

1. Ядерная физика (в понимании, соответствующем двадцатым годам).
2. Создание сильных магнитных полей и исследование их влияния на проводимость металлов, а также исследование магнитострикции.
3. Сжижение газов: разработка более

<sup>1</sup> Алексеевский Н. Е.— Усп. физ. наук, 1964, т. 83, № 4, с. 761; Боровик-Романов А. С.— Там же, 1974, т. 113, № 3, с. 549.

<sup>2</sup> Collected Papers of P. L. Kapitza. Oxford, v. 1—3, 1964—1967



**ПЕТР ЛЕОНИДОВИЧ КАПИЦА**  
26.VI (8.VII)1894 — 8.IV 1984  
Декабрь 1983 г.

эффективных методов сжижения гелия и разработка промышленного метода сжижения воздуха с использованием турбокомпрессора и турбодетандера низкого давления.

4. Исследование свойства жидкого гелия. Открытие сверхтекучести.

5. Мощные источники сверхвысокочастотных электромагнитных колебаний.

6. Термоядерный синтез.

Есть еще около двадцати статей, охватывающих широкий круг вопросов. Например, одна работа была выполнена совместно с Дираком. Три статьи общим объемом в полсотни страниц посвящены волновому течению тонких слоев вязкой жидкости, одна статья посвящена природе шаровой молнии. Теория подшипников качения также находит себе место в одной из статей и т. д. Есть даже такая статья: «Вычисление суммы отрицательных четных степеней корней Бесселевых функций».

А первые две статьи вышли в 1916 г.— практически 70 лет неустанного труда. Вторая из этих статей называется «Приготовление волластоновых нитей». В ней описывается усовершенствованный способ освобождения одно- или двухмикронных платиновых нитей от сравнительно толстого серебряного защитного слоя посредством электролиза. Все сотрудники Ленинградского физико-технического института, применявшие волластоновые нити, например, в электрометрах, и я в том числе, пользовались этим способом, поминая Капицу добром, так как способ действительно был безотказным.

Среди статей Петра Леонидовича есть два ответа авторам, пытавшимся в одном случае критиковать методику измерения сопротивления металлов в сильных магнитных полях, в другом — подвергать сомнению целесообразность предложенного им метода сжижения воздуха с использованием турбокомпрессора и турбодетандера низкого давления<sup>3</sup>. В обоих случаях Петр Леонидович дает вежливый, но сокрушительный ответ, из которого видно, насколько детальнее и глубже, чем его оппоненты, он разбирался в соответствующих вопросах.

Перейдем теперь к кембриджскому периоду работы Петра Леонидовича.

Как известно, Петр Леонидович начал свою экспериментальную работу в Кавендишской лаборатории в 1921 г. По предложению Резерфорда он произвел измере-

ние потерь энергии пучка  $\alpha$ -частиц при прохождении через вещество. Это было, на первый взгляд, довольно коварное предложение, так как в нескольких работах, выполненных между 1906 и 1913 гг., не удавалось из-за экспериментальных трудностей измерять энергию пучка менее 0,16 от начальной. Работа имела смысл лишь в том случае, если новый метод будет в несколько раз более чувствительным, чем использованные в предыдущих работах. Но, по-видимому, у Резерфорда уже создалось впечатление, что этот несколько необычный русский в силах выполнить такую трудную работу. И он действительно это сделал (не будем входить в технические детали) и за счет очень напряженной работы по 14 часов в сутки в очень короткий срок. Любой экспериментатор с восхищением прочтет статью с изложением этой работы<sup>4</sup>. Уж очень хорошо все продумано, прочитано и ювелирно изготовлено — в основном собственными руками. А чувствительность получилась не 16 % от начальной энергии, как было в предшествующих работах, а 0,3 %, т. е. в 50 раз выше.

В начале января Резерфорд увидел, что Капица сильно переутомился, и заставил его взять короткий отпуск. Отпуск едва не кончился плохо. Капица много разъезжал по окрестностям Кембриджа на мотоцикле. Однажды он поехал вместе с Чедвиком, и Чедвику захотелось посидеть за рулем. В результате мотоцикл опрокинулся на большой скорости, и оба физика слетели с него. К счастью, обошлось благополучно.

Закончив первую работу, Петр Леонидович немедленно принялся за получение сильно изогнутых треков  $\alpha$ -частиц в вильсоновой камере, помещенной в сильное магнитное поле. Такое поле получалось при кратковременном замыкании специально сконструированного им аккумулятора с малым внутренним сопротивлением на катушку с внутренним диаметром 4,3 сантиметра, окружавшую камеру Вильсона. В такой катушке получались магнитные поля до 45 000 гаусс. Для получения тонких треков  $\alpha$ -частиц требовалось синхронизировать их пуск в камеру и момент завершения расширения с точностью до 0,001 секунды. Опять было выполнено много ювелирной собственноручной работы. (В катушке с внутренним диаметром 1 миллиметр получалось поле до 500 000 эрстед.)

Сильно изогнутые траектории  $\alpha$ -ча-

<sup>3</sup> Zs. für Phys., 1931, B. 69, S. 421; Вестн. машиностр., 1944, № 7-8.

<sup>4</sup> Proc. Roy. Soc., 1922, v. A102, p. 48.

стиц произвели сенсацию. А Петр Леонидович после года с небольшим работы в Кембридже окончательно приобрел репутацию экспериментатора-рекордсмена.

В результате уже в 1922 г. Резерфорд высказал Капице пожелание предоставить ему большую самостоятельность и возможность работать с рядом сотрудников.

Когда я приехал в Кембридж поработать в Кавендишской лаборатории в 1926 г. с использованием рекомендации Петра Леонидовича, у него уже была небольшая отдельная расположенная (но в том же комплексе зданий) лаборатория. В ней находилось уникальное оборудование для получения сильных магнитных полей — всем известный генератор мощностью в 2000 киловатт и ротором весом 2,5 тонны, который раскручивался мотором, а затем на одну сотую секунды замыкался на катушку, в которой создавалось магнитное поле.

Я использовал любую возможность побывать в лаборатории Петра Леонидовича. Это была идеальная наглядная школа физического эксперимента.

В течение некоторого времени, входя в лабораторию, я систематически обнаруживал Петра Леонидовича у токарного станка, который использовался для намотки катушек. Непросто было отработать катушки, которые могли выдержать в течение сотой секунды «давление» создававшегося магнитного поля.

Примерно двадцать лет спустя, зайдя к Петру Леонидовичу в Институт физических проблем, я увидел его за чертежной доской. Он разрабатывал газовую задвижку для создаваемой им новой системы сжижения воздуха с использованием турбодетандера. Я спросил у него, зачем он делает чертеж задвижки, ведь это может сделать любой грамотный инженер. «Сделать-то он сделает, — ответил Петр Леонидович, — но я сделаю лучше».

А еще, примерно тридцать лет спустя, в ответ на мой вопрос о том, насколько интенсивно внедряется в жизнь турбодетандерная методика сжижения, Петр Леонидович достал из ящика письменного стола ответ соответствующего ведомства на его запрос о масштабе экономики, получаемой за счет применения турбодетандерных установок. В ответе фигурировали сотни миллионов рублей.

Однако вернемся опять в Кембридж. Вскоре пусковые трудности — а их было немало — были преодолены, и началась экспериментальная работа — исследование

зависимости сопротивления металлов от магнитного поля. Была открыта знаменитая линейная зависимость сопротивления от поля вместо ранее известной квадратичной зависимости при слабых (в новом масштабе) полях.

Установка стала очень модной. Крупнейшие физики из разных стран приезжали взглянуть на нее. Называли по-всякому, вплоть до восьмого чуда света. До сих пор крупные, дорогие научные установки — телескопы — делались только для астрономов. Для неба делалось исключение. А теперь был сделан скачок в масштабе в экспериментальной физике. Я даже не знаю, что было важнее — полученные новые экспериментальные данные или осознание многими физиками того, что если перед физиками стоит серьезная задача, то возможно и создание большой дорогой установки. Всегда очень важен первый шаг. И он был сделан Петром Леонидовичем Капицей. А Резерфорд, вероятно, интуитивно чувствуя это, энергично помогал ему, добывая необходимые средства.

Однажды Петр Леонидович сказал мне: «Приходите завтра в четыре часа ко мне в лабораторию. Приехал Вуд. Хотят его поразить моей машиной. Я придумал специальный эксперимент».

На следующий день у магнитной катушки в экспериментальном зале собралась вся «верхушка» Кавендишской лаборатории — Резерфорд, Блекетт, Вильсон, Астон... Всем хотелось посмотреть реакцию легендарного Вуда.

Катушка стоит вертикально. В ее отверстие опущен тоненький, несколько миллиметров диаметром, дьюаровский сосуд. При выходе из катушки дьюаровский цилиндр расширяется в нечто вроде чашечки, опирающейся на катушку. Так что в целом дьюарчик похож на рюмку без нижнего плоского кружка. В цилиндрическую часть вставлена стеклянная палочка. В дьюар нелит жидкий кислород, окружающий палочку по всей ее длине. Кислород парамагнитен. Стекло диамагнитно. В момент появления магнитного поля в кислороде, растягивающемся в поле, возникает давление, которое выбросит стеклянную палочку вверх и она разобьется о потолок, осыпав собравшихся осколками.

Включаются красные лампочки, возвещающие предстоящий пуск генератора. Автоматически запирается дверь, ведущая в зал. Капица включает мотор, раскручивающий генератор. Увеличивает скорость, передвигая рукоятку реостата. Нужная скорость достигнута. Нажимает кнопку. Гром-

кий стук выключателя, замыкающего цепь на 0,01 секунды, чихание сжатого воздуха, гасящего дугу. Палочка разбивается о потолок. Все смотрят на Вуда. Он стоит как каменный, не выражая никаких эмоций. Выдержав паузу в несколько секунд, протягивает длинную руку, берет дьюаровскую рюмочку, говорит Капице «Ваше здоровье» и выпивает жидкий кислород. Все ledenеют от ужаса. Проходит две-три секунды, и Вуд выплевывает кислород, находившийся во рту в сфероидальном состоянии.

Все облегченно вздыхают. В глазах сожаление. Великий американский мастер эксперимента и шутки сумел уйти от необходимости похвалить англо-русскую технику эксперимента.

Общение с Петром Леонидовичем нередко приводило к неожиданностям для тех, кто имел с ним дело. Я бы хотел привести несколько примеров. Однажды при встрече Петр Леонидович сказал мне: «вчера я обедал в колледже рядом с Эдингтоном, и он пожаловался, что никак не может справиться с одним уравнением. Я ему сказал, что берусь решить». Я спросил, что было дальше. «Пошли после обеда в гостиную, и я за час все сделал».

В только что вышедшей книге о Резерфорде упоминается такой случай за тем же обеденным столом Тринити-колледжа. Несколько человек обсуждали книгу Ломброзо «Гений и безумство». Капица сказал соседу по столу, что каждый по-настоящему крупный ученый должен быть в какой-то степени сумасшедшим. Сидевший неподалеку Резерфорд услышал эту фразу и своим громовым голосом заявил Капице: «Так, по Вашему мнению, я тоже сумасшедший?» Капица немедленно взялся доказать, что это действительно так. Он напомнил, что несколько дней тому назад Резерфорд сказал, что получил письмо от одной крупной американской фирмы, кажется «Дженерал электрик». Фирма предлагала построить для него в Америке огромную лабораторию и назначить сказочную оплату. «А Вы только посмеялись и отказались рассмотреть это предложение обстоятельно. Я думаю, Вы согласитесь со мной, что, с точки зрения обычного человека, Вы действовали, как сумасшедший».

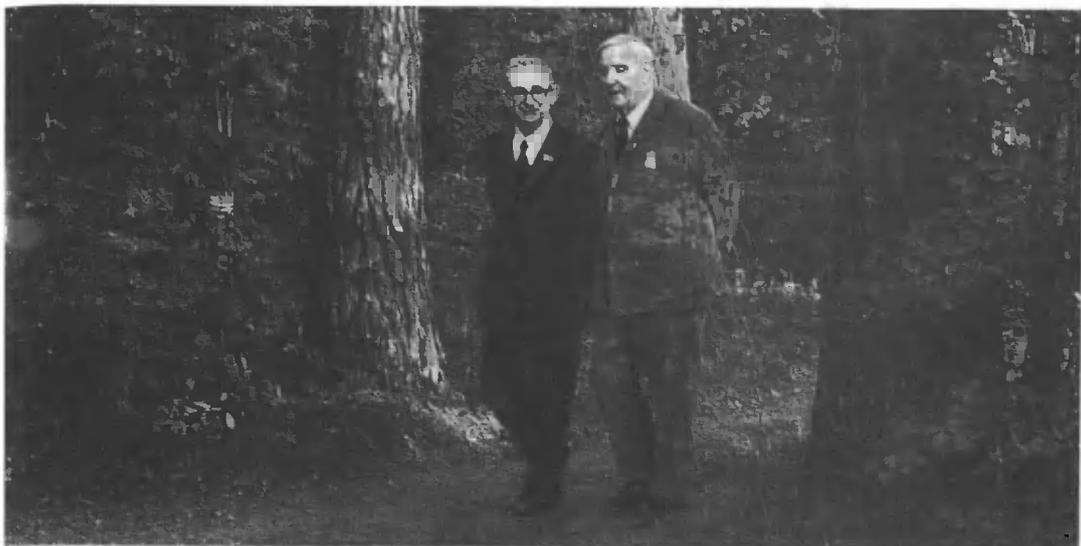
Мало кто решался обратиться к Резерфорду в таком стиле. Но Капице он многое позволял, постоянно ощущая с его стороны глубокое восхищение и любовь.

В 1966 г., делая в Лондонском королевском обществе доклад «Мои воспоминания о Резерфорде», П. Л. Капица рассказал о следующих эпизодах. В первый

день своей работы в Кавендишской лаборатории он был потрясен и обижен тем, что Резерфорд заявил ему, что он не потерпит коммунистической пропаганды в своей лаборатории. По мнению Капицы, это высказывание было связано с общей атмосферой в Европе того времени. Через год он преподнес Резерфорду оттиск своей первой работы (которой Резерфорд был очень доволен). В дарственной надписи было сказано, что эта работа является свидетельством того, что он (Капица) приехал в эту лабораторию, чтобы заниматься научной работой, а не коммунистической пропагандой. Резерфорд страшно рассердился и вернул оттиск. Капица, предвидев такой ход событий, немедленно вручил ему второй с весьма уважительной надписью. Резерфорд оценил его дальновидность, и инцидент был исчерпан. По словам Петра Леонидовича, Резерфорд был очень вспыльчив, но и оставал очень быстрой.

Осенью 1922 г. Петр Леонидович совершил некое действие, которое, хотя и не было коммунистической пропагандой, но несомненно было переносом советских традиций на британскую почву. Он организовал семинар, к которому привык, находясь в контакте с А. Ф. Иоффе в Петрограде. Ни в Кавендишской лаборатории, ни в одном из 17 колледжей Кембриджского университета никаких семинаров не было. Семинар начал работу в холостяцкой квартире Петра Леонидовича в прекрасном старинном здании Тринити-колледжа. Строну это дело с места было нелегко. Из первых четырнадцати докладов семь были сделаны Капицей. Но дальше все пошло как следует. Систематически, примерно по 30 заседаний в год. На протяжении многих лет велся журнал заседаний семинара. Участниками семинара были в основном старшие научные сотрудники Кавендишской лаборатории — Блекетт, Вустер, Даймонд, Скиннер, Хартри, Джонс, позже Кокрофт, Стонер, Вебстер, всех не перечислить. С 1925 г. систематически появляются доклады Дирака. В 1923 г. были доклады Эренфеста и Росселанда, в журнал семинара вклеены их фотографии, так же как несколько позже фотографии Гейзенберга, Дж. Франка. Постоянным участником семинара становится Сноу, сменивший затем, как мы знаем, физику на литературу.

Видны следы имевшей, по-видимому, место бурной дискуссии по докладу Скиннера о комптоновской теории рассеяния рентгеновских лучей, прочитанного 3 августа 1923 г. Жирная запись «Комптон ошибся» и подписи нескольких участников се-



П. Л. Капица и Ю. Б. Харитон на прогулке.

минара. А на заседании 29 января 1924 г. мнения уже разделились; запись в двух строках

Compton right we hope — и две подписи;

we hope wrong — и несколько подписей.

А 23 февраля 1932 г. на 302-м заседании семинара доклад Чедвика и запись «Нейтрон»? На этом заседании Фэзер демонстрирует треки ядер в вильсоновской камере, подтверждающие существование нейтронов.

В заключении еще пара характерных штрихов. Однажды я ехал с Петром Леонидовичем на его машине в Лондон. Несколько удивившись скорости, с которой он ехал, я спросил, всегда ли он ездит так быстро. «Да,— сказал он,— я люблю быструю езду, а если вижу, что кто-нибудь из едущих со мной побаивается, то говорю, что у меня на спидометре не мили, а километры в час».

Подъезжая к Лондону, Петр Леонидович неожиданно сказал: «У нас есть в запасе время, давайте заедем в шахматное кафе». Я сказал, что ничего не смыслю в шахматах, но он предложил, чтобы я просто посмотрел, как это здесь организовано. Подъехали, спустились в полуподвальное помещение кафе. Там сидело несколько человек лет 25—35. При нашем появлении они оживились и пригласили сыграть по партии. Ставка — шиллинг или два шиллинга — точно не помню. Я из-

винился, а Петр Леонидович сел играть. Через некоторое время его противник стал задумываться, но вскоре должен был признать себя побежденным и предложил вернуться к игре с 17-го хода, где он допустил ошибку. Повторение кончилось тем же. Игрок с грустью полез за кошельком, но тут Капица успокоил его, сказав, что получил удовольствие от игры и деньги не возьмет. На средних английских любителях эти спортсмены могли подрабатывать, но Петр Леонидович играл в шахматы хорошо.

Простое решение физических вопросов я видел и в семье Петра Леонидовича. В 1927 г. он женился на Анне Алексеевне Крыловой и переехал из колледжа в отдельный дом. Летом 1928 г. в одно из воскресений я был у Капиц на обеде. После обеда вышли посидеть в саду. В самом дальнем углу сада у ограды стояла детская коляска, в которой находился будущий автор широко известных телепередач «Очевидное — невероятное». Я спросил у Анны Алексеевны, почему коляска стоит так далеко, и услышал в ответ: «А чтобы крика не было слышно». Скажем прямо, Сергей Петрович Капица полностью скомпенсировал это пренебрежительное отношение к его голосу. Теперь его часто слышит в телевизорах весь Советский Союз.

Все поколения советских физиков ждали от Петра Леонидовича новых неожиданных свершений, потому что знали, что жить и не творить он просто не может. И он работал до самого последнего дня...

## Мы с ним работали

### В своем директорском кабинете

**П. Е. Рубинин**

Референт директора Института физических проблем АН СССР с 1955 г.

Он приходил в свой директорский кабинет часов в двенадцать. Приходил из лаборатории вместе с кем-нибудь из своих помощников по исследовательской работе, чаще всего с Сергеем Ивановичем Филимоновым, с которым он вместе проработал чуть ли не полвека. В последние годы Сергей Иванович был главным помощником Петра Леонидовича Капицы в плазменных исследованиях... Им нужно в чем-то разобраться, о чем-то спокойно поговорить в тиши директорского кабинета.

Потом Петр Леонидович вызывает меня, просит показать «бумажки», как он говорит, т. е. почту, поступившую на его имя, и бумаги, которые ему нужно подписать.

Письма со всех концов света. Оттиски научных работ и монографии с почтительными дарственными надписями. Отклики на книгу «Эксперимент. Теория. Практика». Три издания этого сборника статей и выступления Капицы вышли в СССР общим тиражом почти 200 тыс. экземпляров, а за рубежом он опубликован на английском, болгарском, венгерском, итальянском, румынском, сербохорватском и чешском языках. Сугубо деловые письма, адресованные директору Института физических проблем АН СССР и наивно-настырные просьбы прислать автограф, адресованные лауреату Нобелевской премии. Почему-то больше всего любителей собирать автографы в ГДР и ФРГ. Потом идут США и Италия. Один из этих чудаков вложил в конверт нашу советскую десятку. «Для покрытия расхо-

дов на отсылку автографа», — пишет он, хотя рядом с десяткой лежит чистый конверт с негашенными советскими марками. Десятка благополучно пересекла все границы. Петр Леонидович неумолим — он не дает автографы никому и никогда. Даже если просьба и сопровождается червонцем. Письмо от журналиста с огромным списком вопросов, которые он хотел бы задать Петру Леонидовичу при встрече. «Скажи, что не могу, — говорит Петр Леонидович. — Придумай что-нибудь... Скажи, что стар. Должна же быть какая-то польза от старости?».

Письма, которые он сам должен подписывать. Приказы по институту. Заказы в механическую мастерскую от научных сотрудников: «Изготовить два вентиля тонкой регулировки». «Зачем эти вентили? — спрашивает Петр Леонидович. — Пусть придут и объяснят». «Две детали для прибора»... Петр Леонидович утверждает этот очень нетрудоемкий заказ и ставит свой драгоценный автограф на чертеж — чтобы хитрецы не подсунили в механическую мастерскую другой чертеж: какой-нибудь сложной установки. Такое, говорят, случилось.

С «бумажками» покончено. «Я кому-нибудь нужен?» — спрашивает Капица. «Да», — говорю я и называю несколько фамилий. Петр Леонидович говорит, кого позвать последним — для длительного разговора. «Остальных зови в любом порядке» — говорит он.

Он принимает всех научных сотрудников института, у кого есть к нему дело.

Когда я начал работать у П. Л. Капицы, меня, честно говоря, несколько раздражали те молодые люди — студенты, аспиранты, стажеры-исследователи, которые «нахально», как мне казалось, рвали к академику со своими идеями и предложениями. Придет такой парнишка в секретариат и говорит: «Мне нужно к П. Л.» «По какому вопросу?» — спрашиваю. «По



В кабинете директора.

работе», — отвечает. «Петр Леонидович, — говорю, — к вам какой-то студент просится». «Пусть заходит», — говорит Капица.

Когда Петр Леонидович уходит домой, я спрашиваю: «Вы еще придете сегодня в институт?». «Приду, — отвечает он обычно. — Может быть, даже два раза приду — в четыре и в восемь. Но сюда не поднимусь, — добавляет он. — Я буду в лаборатории. Если что-нибудь срочное — позвони, я приду...»

Я стараюсь этого не делать, по возможности. Иной раз я спускаюсь в лабораторию — что-то нужно сообщить срочное, письмо какое-нибудь подписать, которое не может ждать до завтрашнего дня. Это бывает очень редко — раз в два месяца, наверное. Не чаще...

Я не физик, к сожалению. (Это обстоятельство, правда, спасает меня от изнурительных бесед с опровергателями теории относительности и изобретателями вечного двигателя, которые упорно рвутся к П. Л. Капице, полагая, что только он способен их понять и дать дорогу их от-

крытиям. Я им говорю: «Я не физик — я ничего не понимаю...» И они растерянно замолкают.)

Я не физик, к сожалению. И не инженер. Я сугубый гуманитарий. Если бы я был физиком или инженером, я бы лучше мог понять Петра Леонидовича и оценить ту роль, которую играют в его жизни физика, наука, эксперимент в лаборатории.

Нужно сообщить что-то срочное Петру Леонидовичу. Спускаюсь в лабораторию. Огромный зал, громадные установки, мигающие и подмигивающие приборы, провода, трубы... В этом несколько жутковатом для гуманитария интерьере за маленьким столиком сидит П. Л. Капица и рассматривает какие-то чертежи. Вокруг него стоят С. И. Филимонов, А. Б. Маненков, В. И. Чекин, В. Г. Зацепин. Сергей Иванович Филимонов что-то говорит. Петр Леонидович слушает, думает...

Я жду, пока не прекратится разговор — не хочу мешать работе. Стою в сторонке, с опаской поглядываю на установку, рядом с которой я оказался. Кто-то заметил меня. Петру Леонидовичу сообщают, что я тут, он оборачивается, подзывает меня...

Чем ближе к лету, тем напряженнее, интенсивнее работа в лаборатории Капицы. Работают в две смены. Петр Леонидович

спешит. Он хотел бы завершить серию экспериментов до летних отпусков. Забывает о своем возрасте (а может быть, все время помнит о нем?), переутомляется, и врачи срочно отправляют его в санаторий.

Проходит неделя или полторы, и вот Петр Леонидович просит меня приехать к нему в санаторий вместе с Филимоновым и Маненковым. Ежедневных телефонных докладов Сергея Ивановича о том, как идут эксперименты в лаборатории, ему уже недостаточно...

В последние годы Петр Леонидович отдыхал в Подмоскowie. Сорок минут на машине от нашего института. А в прежние годы он отдыхал в Крыму или на Кавказе. Приедет на место и сразу телеграмму пришлет, и в телеграмме обязательно номер телефона. И если даже нет слова «позвони», все равно звонить нужно. Приглашаю к телефону Сергея Ивановича и звоню в Кисловодск или в Нижнюю Ореанду. А однажды пришлось звонить в Атлантический океан. Петр Леонидович с Анной Алексеевной отправились на теплоходе «Александр Пушкин» в Монреаль. Он должен был прочитать в Университете Мак-Гилла мемориальную Резерфордскую лекцию. Перед отъездом Петр Леонидович сказал: «Попробуй связаться со мной, когда мы будем плыть через океан». Мне это удалось — с помощью Министерства морского флота. И Петр Леонидович поговорил тогда о делах со мной и с Филимоновым. Он не мог, физически был не способен надолго отрываться от своего института, от своей лаборатории, от своей работы...

Едем в Барвиху. Филимонов и Маненков сидят на заднем сиденье машины и вполголоса уточняют вопросы, которые нужно будет задать Петру Леонидовичу, — чтобы он подумал у себя в санатории, а они ему потом позвонят. У них чертежи, графики, схемы. А у меня накопившиеся за неделю «бумажки»...

Просторная комната, окно во всю стену, за окном — небо и сосны. Физики склонились над чертежами установки, слышатся непонятные слова, особенно часто они произносят: «паразитные колебания». Здорово они им, по-видимому, досаждают, эти «паразитные колебания». Мы с Анной Алексеевной сидим в сторонке на диване и тихо говорим о книгах, о выставках, о последних телевизионных передачах. Анна Алексеевна тоже гуманитарий, что не мешало ей пятьдесят шесть лет печатать на машинке первые варианты научных статей П. Л. Капицы. Только она одна

и умеет разбирать его стремительный почерк. Мне это не удавалось. Как не удавалось это, впрочем, иногда и самому Петру Леонидовичу...

Подходит к концу лето. П. Л. Капица часто поглядывает на график отпусков сотрудников своей лаборатории. Этот график, выполненный на желтой миллиметровке, лежит под стеклом на его письменном столе.

И вот уже он снова засиживался по вечерам в лаборатории, и снова днем к нему шли молодые его коллеги с новыми идеями, с чертежами, с рукописями своих статей...

## С непривычки работать с ним было тяжело

**В. Д. Песков**

доктор физико-математических наук

В лаборатории П. Л. Капицы работает с 1969 г.

Чтобы подработать немного денег, я и еще несколько студентов МФТИ в 1969 г. устроились на лето лаборантами в Институт физических проблем. Нам предложили интереснейшую тему — заняться проверкой гипотезы о природе шаровой молнии, которую в 1955 г. выдвинул П. Л. Капица. Для этого во время грозы мы должны были с помощью аппаратуры, расположенной на крыше здания института, измерять интенсивность СВЧ излучения от линейных молний.

Короткого знакомства с институтом было достаточно, чтобы навсегда влюбиться в него. Созрело твердое желание остаться здесь работать.

Однажды во время грозы в комнате, где я работал, зазвонил телефон. «Нет ли у вас студента Пескова?» «Это я». «Вас просит к себе Капица». Не чувствуя под собой ног, я понесся в секретариат. Референт Петра Леонидовича открыл мне дверь, и я очутился в огромном кабинете. В глубине кабинета за письменным столом с грозным видом сидел Капица. Мне стало жутко. Сейчас будет ругать за то, что испортил пленки во время прошлой грозы,

промелькнуло в голове. П. Л. встал, подал мне руку, и страх мгновенно рассеялся.

«Я слышал, вы хотите у меня работать?» «Да». «Вы будете заниматься ультрафиолетовым излучением из плазмы. Слышали вы о вакуумном ультрафиолете?» «Да, но я учусь в группе, которая прикреплена к другому базовому институту». «Мы напишем ректору письмо».

После этого я встречался с П. Л. уже в его лаборатории. Первое время, завидев Капицу, я прятался за приборы. Однако уже через месяц П. Л. потребовал, чтобы я стал участвовать в обсуждении работ. Я не был выдающимся студентом — таков стиль работы Капицы. Любый студент мог на равных поспорить с ним, а Капица любил спорить и делал это с большим жаром. Однажды наши дискуссии зашли так далеко, что П. Л., не в шутку разгневавшись, выпалил: «Если вы такой умный, решите задачу: как, имея спектрограф с плохой разрешающей силой, узнать, из чего состоит спектр — из континуума или из неразрешенных линий?» Каким-то собачьим чутьем я почувствовал ответ: «Надо измерить зависимость интенсивности от ширины щелей». Гнев П. Л. сразу пропал. Минут пять он сидел молча, а затем ушел, как всегда не попрощавшись...

С непривычки работать с ним было тяжело. Обычно он заходил в лабораторию в 9.30, а иногда и раньше, делился своими идеями, планами, давал задание. В 13.00 заходил опять и проверял, что сделано. В 16.00 заходил вновь и сидел до 19.00. Уходя, давал новые задания, которые необходимо было выполнить к утру. Приходилось работать до 23.00, а то и позже.

Настоящая беда, если какая-нибудь машина или прибор ломались.

«Когда вы это почините? К обеду будет готово?» — сердито спрашивает П. Л. «Что вы, Петр Леонидович, не раньше чем через неделю!» «Почему так долго? Постарайтесь сделать к утру! Я зайду к вам после обеда».

Еще хуже бывало, когда не получался эксперимент. Прежде всего, П. Л. обрушивается на экспериментатора. Затем достается его приборам, которые объявляются «ненадежными», «неработающими» и «неверно спроектированными». Затем П. Л. садится за эксперимент сам и выискивает единственно правильную, на его взгляд, причину неудачи. Переубедить его в обратном почти невозможно.

П. Л. придавал исключительное значение своей интуиции. И действительно, в девяти из десяти случаев она не подводила

его. Но и в роковом одном случае он приписывал несовпадение результатов его ожиданиям ошибке опыта или неумению экспериментатора. «Физик подобен детективу,— любил повторять П. Л.— Плохому детективу нужна фотография преступника, а хорошему достаточно запаха или других мелочей. Я — хороший детектив».

П. Л. любил сам придумывать какой-нибудь остроумный выход из затруднительной ситуации. Однажды нашим измерениям мешало рассеянное ультрафиолетовое излучение. Я сконструировал сложную систему из диафрагм и оптических ловушек, но она оказалась неэффективной. П. Л. пришел в ярость. «Мы потеряли столько времени, а ваш прибор не работает. Почему?» «Наверное, в прибор попадают фотоны, которые рассеиваются на диафрагмах», — стал оправдываться я. «Так сделайте их острыми». «Петр Леонидович, мы и так сделали их очень острыми». П. Л. на минуту задумался. «Самое острое, что только есть — это бритвы. Надо наломать бритвенных лезвий и сделать из них диафрагмы».

Прибор стал работать...

После удачного завершения любой тяжелой работы П. Л. неизменно говорил: «Мы мучились целый год. А в статье это будет только одна строка: после таких-то переделок прибор заработал».

П. Л. очень любил что-нибудь сделать своими руками. Как-то надо было измерить небольшое содержание трития в дейтерии. Принесли сверхчувствительный японский электрометр. Но П. Л. подумал немного и решил использовать обычный электроскоп. «Этого никто не сможет сделать — только я». И он сам изготовил электроскоп! В то время ему было почти восемьдесят лет...

Когда дела в лаборатории шли хорошо, П. Л. любил поговорить, рассказать какой-нибудь интересный случай из своей жизни. Однако и в период удачного течения дел напряженно размышлял о работе. Когда он долго ломал голову над каким-нибудь вопросом, то понимал сотрудника, работающего над этой же темой с полуслова. Разговор между ними при этом напоминал беседу двух милиционеров в фильме «Бриллиантовая рука»:

— А что, если?...

— Нет, не стоит...

— Тогда?...

— Это тоже плохо...

— Может быть?..

— Попробуйте!



Рабочее место П. Л. Капицы в лаборатории.

Если П. Л. и «выжимал все соки» из своих сотрудников, то он же и следил за тем, чтобы они отдыхали. Еще будучи студентом, захотел я в августе, когда все сотрудники П. Л. уходят в отпуск, поработать в институте. Встречаю как-то П. Л. «Вы почему не отдыхаете?» «Петр Леонидович, я хочу доделать измерения». «Берите отпуск!» «Сегодня страшная жара, тридцать с лишним градусов», — пытаюсь я перевести разговор. «Мне не бывает жарко», — обрывает П. Л. — Я приказываю вам как директор — идите в отпуск!» «Но, Петр Леонидович, сейчас невозможно достать билеты на поезд или самолет». «Обратитесь к моему секретарю, он поможет»...

П. Л. любил молодежь. Он много помогал нам, когда мы были студентами. Но когда мы окончили институт и стали, наконец, сотрудниками лаборатории, его помощь постепенно прекратилась, а отношение стало более официальным и строгим. П. Л. помогал «опериться», встать на ноги, но, когда молодой физик становился самостоятельным, требования к нему резко возрастали.

Защитить диссертацию в лаборатории П. Л. было очень сложно. Мало того, что на-

до сделать хорошую работу. Много времени уходило на всестороннюю проверку результатов. П. Л. проверял лично сам или поручал другим сотрудникам. И горе тому, кто хоть немного ошибется. Однажды при мне один сотрудник пытался свалить свою ошибку в расчетах на опечатку в книге: «Там запятую в численном коэффициенте не туда поставили». «А если я вам запятую в зарплате не туда поставлю?» — рассвирепел П. Л.

После того как диссертация проходит всестороннюю проверку, начинается второй этап. П. Л. говорит: «Пусть работа немного полежит. Может быть, найдете у себя ошибку». Моя диссертация, будучи уже переплетенной, лежала больше года. А у одного моего коллеги — три года! Таков был стиль работы П. Л. Только наиболее надежные, тщательно проверенные результаты получали его признание.

Зато на защите П. Л. говорил: «Работа сделана давно, но диссертант что-то тянул с защитой. За это время он сделал вторую диссертацию и мог бы ее защищать сегодня».

Но если вам посчастливилось защитить диссертацию, жизнь ваша не становится легче. П. Л. любил, чтобы любой новый

результат, полученный в его лаборатории, был оформлен в виде отчета. Прочитав такой отчет, он обычно ворчал: «Неубедительно написано. Надо все перемерить». Так продолжается несколько раз. Наконец, если работа этого заслуживает, говорит: «Попробуйте написать короткую статью». Когда статья написана, он придирчиво ее изучает и произносит стандартную фразу: «Я прочитал, но ничего на понял. А ведь я неплохой физик. Значит, вас никто не поймет». Статья переделывается еще и еще раз... Потом П. Л. говорит: «Пусть она полегит, может станет лучше...»

И может случится, что статья так никогда и не выйдет в свет. У меня сохранилось много таких статей...

## Автограф П. Л. Капицы

### А. В. Митрофанов,

кандидат физико-математических наук

Научный сотрудник Физического института им. П. Л. Лебедева АН СССР. Окончил аспирантуру в лаборатории П. Л. Капицы. Продолжает сотрудничать с этой лабораторией.

В 1969 г. мне довелось (правильнее было бы сказать, посчастливилось) участвовать в одном из экспериментов, которые проводил у себя в Физической лаборатории Петр Леонидович Капица. Уже сравнительно много лет прошло с тех пор, но все события тех дней свежи в памяти, как будто были вчера...

В конце 60-х годов в Физической лаборатории исследовались СВЧ-разряды в водороде и дейтерии (и некоторых других газах) при высоких давлениях (от одной до нескольких атмосфер) и уровнях мощности порядка 10 кВт и более. В то время такие разряды были изучены сравнительно мало, экспериментальные данные не вписывались ни в какие известные теории и даже не всегда была возможной однозначная интерпретация результатов. Как я понял позднее, это нормальная ситуация в исследовательской работе, когда ученый-экспериментатор или целый научный коллектив

находятся на переднем крае науки и заняты решением совсем новой и, вместе с тем, очень трудной проблемы, еще, так сказать, не «засиженной» теоретиками и, может быть, никому еще не ясной.

В Физической лаборатории у Петра Леонидовича параллельно с другими работами по диагностике СВЧ-разрядов проводились оптические исследования. Уже тогда были подробно изучены спектры СВЧ-разрядов в видимой и ближней ультрафиолетовой областях спектра. Спектральные методы, как известно, очень информативны и объективны, но их ценность возрастает во много раз, если при исследовании одного и того же объекта применяются различные методики, дополняющие друг друга. (Например, проводятся измерения в разных спектральных интервалах — от микроволн вплоть до рентгеновского диапазона.) Особенно важно соблюдать этот принцип при изучении сильно неоднородных разрядов, когда есть области с разной температурой, и следовательно, с разными радиационными и другими физическими свойствами. Вот почему летом 1969 г. П. Л. Капица поставил перед своими сотрудниками задачу перейти от измерений в видимом диапазоне к регистрации спектров в области вакуумного ультрафиолета, т. е. в области спектра с длинами волн короче 2000 Å.

В шутливой терминологии Капицы предлагалось устроить плазменный «стриптиз», т. е. наблюдать не только холодную «шубу» — наружную оболочку разряда, но и горячую сердцевину, излучающую в более коротковолновой области спектра, чем «шуба». Вот об этом свансе «стриптиза», о том, как организовал его Петр Леонидович, и пойдет речь.

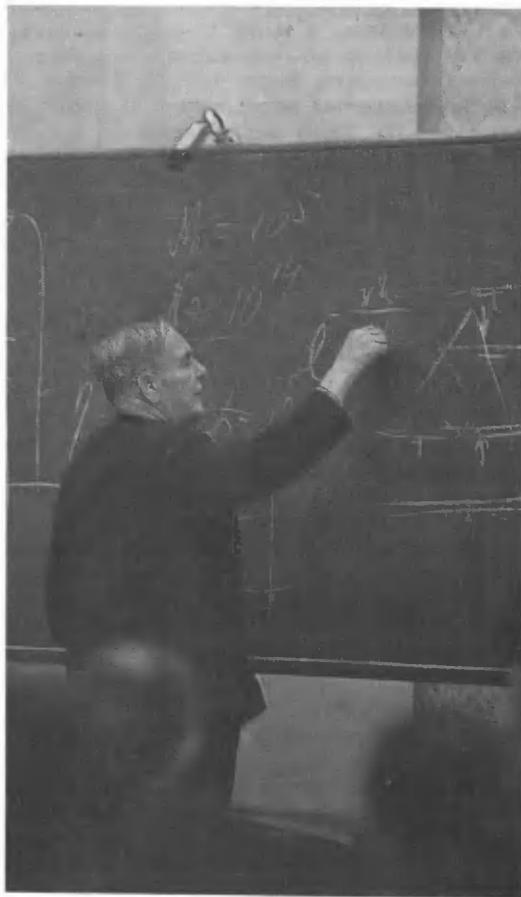
По воле случая меня сразу «подключили» к этой задаче. Объяснялось все просто. В Физической лаборатории я только что защитил диплом, а тема дипломной работы имела самое прямое отношение к вакуумному ультрафиолету. Обычно большинство задач П. Л. Капица решал со своими сотрудниками, которые самостоятельно разрабатывали необходимую для диагностики плазмы аппаратуру, даже очень сложную. На этот раз традиция была нарушена. В то время у нас промышленность еще не выпускала серийно спектральные приборы для регистрации спектров с высоким разрешением в области вакуумного ультрафиолета. Можно было пересчитать по пальцам работающие в нашей стране такие приборы. (Как изменилась жизнь за 15 лет!) По договоренности с Анатолием Петровичем Александровым, директором Института

атомной энергии имени И. В. Курчатова, нам во временное пользование был передан вакуумный спектрограф фирмы «Хильгер» — старенький, однако добротный и надежный прибор с хорошей дифракционной решеткой, позволяющей при нормальном падении фотографировать спектры до длин волн около 250 А. Этот прибор принадлежал Аркадию Романовичу Стриганову, воспитавшему не одно поколение спектроскопистов в нашей стране, автору известных «Таблиц спектральных линий атомов и ионов». А. Р. Стриганов со своим сотрудником Ю. П. Донцовым и другими оказали нам большую помощь при подготовке эксперимента и решении поставленной П. Л. Капицей задачи.

Работа двигалась удивительно быстро. Неделю я стажировался в Институте атомной энергии у А. Р. Стриганова. Потом прибор вместе со вспомогательным оборудованием был доставлен на Ленинские горы в экспериментальный зал Физической лаборатории. Сфотографировав спектры эталонного импульсного источника, мы отъюстировали спектрограф и подготовили его к опытам. За считанные часы после этого конструкторы, механики, сварщики, электрики, столяры вместе с лаборантами Физической лаборатории выполнили работы по стыковке спектрографа с плазменной установкой. Были сделаны переходные вакуумные фланцы с сильфонами, различные подставки под приборы, блок сменных фильтров для анализа рассеянного решеткой света, система циркуляции и новая магистраль очистки газа, проведено электропитание к вакуумным насосам спектрографа, установлено контрольно-измерительное оборудование и т. д. и т. д.

Сейчас, когда прошло уже столько лет, я могу точно сказать, что в других лабораториях и институтах, даже хороших, подобные работы растягиваются обычно на недели, а то и месяцы. Но у Капицы работали быстро, увлеченно, исключительно слаженно, без суеты. Даже как-то весело. И, главное, каждый отлично знал свое дело. (А в обеденный перерыв многие умудрялись поиграть в футбол на широкой лужайке рядом с плазменным корпусом.) Сам Петр Леонидович, когда шла подготовка к эксперименту, почти не появлялся в зале. Со стороны казалось, что он и не торопится начать измерения.

Но это только казалось. Темп работы нарастал. После тренировки генератора СВЧ (ниготрона) операторы «выдали» устойчивый режим: плазменный шнур завис в центре резонатора, в котором вентилято-



Капица умел заразить понском всех, кто участвует в обсуждении.

ры вращали горячий газ — дейтерий. В зале почти никого не оставалось, кроме дежурной смены операторов. Медь огромного резонатора и... полированное дерево (интерьер почти в стиле Жюль Верна), гул приборов, красный фонарь и писк «кляузна» — дозиметра СВЧ — разве такое забудешь? Работавшая установка, опутанная проводами, термopарами, шлангами, разными датчиками была похожа на некое фантастическое существо, глаза-иллюминаторы которого излучали какой-то странный, красноватый свет.

И вот наступил момент, когда этот свет упал на входную щель вакуумного спектрографа и началось первое фотогра-

фирование спектра в коротковолновой области. Это было 4 июля 1969 г. Мы с нетерпением ждали, когда закончится последняя экспозиция и можно будет проявлять фотопленку. Но больше всех волновался и ждал окончания опыта сам Капица. Нужно хорошо владеть пером, чтобы хотя бы приблизительно передать то волнение и нескрываемое любопытство (и даже какую-то одержимость), которые проявлял Петр Леонидович. Он проник в фотокомнату, когда я только извлек пленку из бачка и даже не успел как следует ее зафиксировать и промыть. Капица сразу же принялся внимательно изучать свежий негатив и, наверное, от волнения он немного не рассчитал, когда перебирал руками мокрую пленку, рассматривая ее на свет, и в одном месте случайно оставил на слое эмульсии отпечаток большого пальца. (Позже я ловко избежал разгона от него за неаккуратную работу. Когда он собрался уже это сделать, я попросту приложил свой палец рядом с красивым и крупным отпечатком на фотопленке. Разница была видна невооруженным глазом.)

Первые опыты с фоторегистрацией спектров в вакуумной ультрафиолетовой области дали много нового. Не берусь здесь описывать результаты и детали. Это не моя задача. Отмечу лишь, что на месте резонансной линии атомного дейтерия на темном фоне негатива видна четкая светлая полоска, т. е. линия была обращенной, что особенно, как я сейчас помню, заинтересовало П. Л. Капицу. Линии примесей ионов с высокой кратностью ионизации на снимках не были заметны. (В дальнейшем, чтобы улучшить контраст сигнала от горячих областей разряда, В. Д. Песковым были начаты опыты в ультрамягкой рентгеновской области спектра вблизи границы прозрачности газа, заполняющего резонатор.) Тогда, с 4 по 11 июля 1969 г. мы отсняли спектры разрядов в разных чистых газах и смесях при различных режимах горения разрядов. Практически за неделю была выполнена полная программа исследований, предложенная Петром Леонидовичем. И неизменно, каждый день он приходил из экспериментального зала или же из дома в фотокомнату, чтобы как можно скорее увидеть, что же получилось на фотопленке, даже если эксперимент закончился поздно вечером.

Не так много на свете людей, так бережно относящихся к эксперименту, как П. Л. Капица.

Я до сих пор храню у себя негатив с его случайным автографом.

## В очень высоком темпе

**А. Б. Маненков,**

кандидат физико-математических наук

Работает в лаборатории П. Л. Капицы с 1964 г.

Сначала несколько впечатлений об аспирантских экзаменах Капицы.

На последнем экзамене я был впервые в роли руководителя будущего аспиранта (в то время стажера-исследователя). Обычно все руководители приглашаются на экзамен; перед заключительной частью экзамена они говорят собравшимся несколько слов об экзаменуемом, стараются «протолкнуть» своего ученика.

Как известно, Петр Леонидович давал задачи заранее и разрешал экзаменуемому пользоваться консультацией любых сотрудников института. Это обстоятельство имеет самые неожиданные последствия. Часто будущий аспирант идет за помощью к своему руководителю, поэтому ему (особенно «начинающему руководителю») приходится быть в форме и «сдавать еще раз экзамен» так, чтобы не ударить в грязь лицом перед своим будущим аспирантом. Кроме того, таким образом, как мне кажется, П. Л. Капица испытывал на коммуникабельность будущих руководителей и учеников: они лучше узнают друг друга «в тяжелую минуту».

А теперь мне хотелось бы рассказать о том, как работал Петр Леонидович.

Это, конечно, в основном «внешнее» впечатление. Его «внутреннюю» работу я описать вряд ли смогу.

На первый взгляд все протекает довольно стандартно. При объяснении какого-нибудь явления Петр Леонидович обычно выдвигает рабочую гипотезу, а затем начинается сбор фактов, которые ее подтверждают либо опровергают. Несколько раз я наблюдал, что П. Л. Капица, увлекаясь, сначала «не принимает» отрицательные результаты, и лишь после субботы и воскресенья, когда он спокойно работает на даче, неработающая гипотеза отвергается и заменяется новой; цикл повторяется до тех пор, пока задача не решается. Нестандартными и нетривиальными, конечно, являлись те идеи, которые П. Л. Капица выдвигал. Но, кроме того, сама атмосфера обсуждения этих идей бывала очень интересной. Петр Леонидович умел заразить поиском всех, кто участвовал в обсуждении. Он часто выдвигает вначале довольно фантастические идеи, и, втяги-

ваясь в их критику, все невольно увлекаются, каждый старается предложить что-то новое. Иногда П. Л. Капица заключал шутивное пари на лучшее решение задачи (я очень горжусь тем, что один раз в жизни выиграл у Петра Леонидовича в таком пари бутылку шампанского).

Как я уже говорил, часто понедельники у П. Л. Капицы бывали днями «выдвижения идей». Он приезжает в этот день с дачи с чертежом, на котором обычно приведен и расчет. П. Л. Капица обсуждает свои предложения в достаточно узком кругу, приглашая 3—4 человека. Хотя со многими из нас он работал по многу лет и мы все понимали друг друга с полуслова, критическое обсуждение проекта затягивалось на несколько часов. Часто в этот день Петр Леонидович оставался недовольным всеми идеями и уходил обедать в довольно мрачном настроении. Поиски лучшего и простого решения иногда продолжались несколько дней. Обсуждения проходили весьма бурно: Петр Леонидович высказывался об идеях в весьма резких выражениях (не щадя и себя в том числе). Ссылки на авторитеты обычно не помогали: авторитетам доставалось заочно «на общих основаниях».

О том, как много порой П. Л. Капица проверял различных гипотез, можно проследить на примере создания ниготрона — мощного генератора сверхвысокочастотных колебаний, идея которого возникла у Петра Леонидовича на даче — на Николиной горе (отсюда и произошло название прибора). Всего было сконструировано и испытано более десятка моделей этого генератора, причем в каждой модели производилось много изменений. Очень многие из тех генераторов получили свои меткие имена, например, «паразитрон» — прибор, работающий на паразитных (нежелательных) колебаниях. П. Л. Капицу удовлетворяла конструкция только последнего (тринадцатого) ниготрона. По этому поводу Петр Леонидович неоднократно говорил, что цифра 13 для него не раз была счастливой, имея в виду и эту тринадцатую модель любимого им «детища».

Надо еще отметить, что все эксперименты проводились П. Л. Капицей в очень высоком темпе. Еще в феврале нынешнего года, за месяц до болезни, Петр Леонидович часто работал в лаборатории 8—9 часов; в эти дни обслуживающий персонал Физической лаборатории работал в две смены, а П. Л. Капица работал за двоих. Я обычно к концу первой смены уже не мог без машинки сложить два

числа, а Петр Леонидович непрерывно выдвигал новые идеи.

Я с большим интересом много раз наблюдал, как П. Л. Капица проводит свои расчеты. Они на первый взгляд кажутся весьма оценочными. Петр Леонидович использовал для их получения лишь несколько арифметических действий. Но благодаря его интуиции эти результаты почти всегда близки к истине. Мы не раз проверяли расчеты П. Л. Капицы с помощью более точного и строгого анализа, и результаты между ними отличались фантастически мало.

Меня еще очень поражала в Петре Леонидовиче его многосторонность. Наблюдая его работу, я не переставал удивляться, как быстро он мог переходить от обсуждений в одной области физики к другой. Он мог начать с расчетов полей в сверхвысокочастотных устройствах, потом, позвав другого специалиста, начинал обсуждать тепловой режим плазменной установки, затем вопросы диагностики плазмы и ее свойства и многое другое.

Еще более впечатляет это качество П. Л. Капицы на заседании ученого совета. Петр Леонидович задавал вопросы всем выступающим, которые работают в совершенно различных областях современной физики...

## А завтра снова опыты...

**В. Г. Зацепин,**

кандидат физико-математических наук

Работает в лаборатории П. Л. Капицы с 1969 г.

Во всех работах о П. Л. Капице подчеркивается его универсальность как экспериментатора, инженера, теоретика, мыслителя, организатора науки. Но в первую очередь Капица — экспериментатор, и основную часть времени он отдавал работе с приборами. «Только когда работаешь в лаборатории сам, своими руками проводишь эксперименты, пускай даже в самой рутинной их части, только при этом условии можно добиться настоящих результатов в науке. Чужими руками хорошей работы не сделаешь», — говорил он в докладе на Президиуме АН СССР еще в 1943 г.

Этого принципа П. Л. свято придерживался до последних дней. С утра и, быва-

ло, до поздней ночи висят в раздевалке рядом с экспериментальным залом его папах, дубленка и посох, приводя в содрогание слабонервных и символизируя, что рабочий день уже начался, утренний обход совершен и П. Л. уже осведомился, кто и насколько сильно поумнел. Если нет никаких авралов, заседания ученого совета или совещаний, то самые спокойные часы — это утро, когда директор, скорректировав и утвердив план работы на день, занимается в кабинете административной текучкой. В это время в зале идет подготовка к эксперименту, запускаются установки, прогреваются и проверяются приборы, все ангельски предупредительно и доброжелательно друг к другу.

Полдень. Спокойно сижу, ковыряюсь в любимом, вечно барахлящем усилителе. Звонят: «На выход!». Спускаюсь в зал. «Снова туда, где море огней», — напевает позади неунывающий дипломник. Открываем дверь под табло с красной надписью «Не входить!». Пахнуло жаром и чем-то специфическим — не то серный дух, не то горелый трансформатор. Скрежет, гул, грохот, надписи «Осторожно», красные огни; в резонаторе полыхает плазма, отбрасывая фосфорические блики на высокий потолок. Безлюдно. В центре стол, загроможденный лихорадочно мигающими цифровиками, зеленеет экран дисплея, у стола кресло-вертушка, в кресле — сердитый академик, руки в карманы.

— Где пропадаете?

— Все готово, Петр Леонидович. Можно измеряться, Петр Леонидович.

— Что у вас там вчера получилось?

Рапортую скороговоркой о вчерашних данных; дальше, знаю, последует вопрос: «А почему так мало?» (Или «много», смотря что измеряли — плотность, температуру, магнитный момент или там еще что-нибудь.) Оправдываюсь за себя, за методику, за приборы и за плазму, что ведет себя так неприлично. Академик, с мрачным подтекстом «Ну, мы ей сейчас зададим!», велит повышать мощность разряда. Рабочий день набирает темп, нервное напряжение азвнчивается, приборы не выдерживают и начинают ломаться.

Обуздать взбесившуюся технику не проблема, для того нас здесь и держат. Вот, наконец, и пошли первые данные. В идеале каждый полученный результат (если опыт продуман и проведен на достойном уровне) должен быть опубликован, доведен до коллег. Реально, КПД получается смехотворно низким — либо данные тривиальны, либо настолько сомнительны,

что требуют перекрестной проверки в дополнительных опытах, которые, в свою очередь, дают либо тривиальные, либо сомнительные результаты и т. д. до бесконечности. Этот порочный круг может разорвать лишь решающий эксперимент, до которого не так-то просто додуматься; именно над этим большую часть времени ломал голову Петр Леонидович и мы в меру своих способностей.

Вообще, работа физика-экспериментатора — это сизифов труд, добровольная каторга, посильная лишь фанатикам; недаром наиболее «деловая» молодежь в физических вузах так рвется в теоретики. Благодаря заботе и влиянию директора мы почти не имели хлопот с наиболее тягостными процедурами доставания дефицитных точных приборов и подготовки необходимых механических деталей; остаются лишь чисто профессиональные задачи вечной борьбы с шумами, наводками, паразитными эффектами, в которые он, естественно, не вникал, требуя лишь ясных и достоверных результатов измерений.

Наиболее интересную и творческую часть работы — интерпретацию результатов — Капица оставлял за собой, соблюдая видимость демократического обсуждения, но в то же время ревностно оберегая феодальное право решающего слова от посягательств ретивых коллег. В экспериментальном зале он собственноручно «правил бал», и горе тому, кто дерзнет самовольничать с плазмой. Изошренная дипломатическая тонкость требовалась для проталкивания какой-нибудь затеи, поскольку за долгие годы у П. Л. сформировался надежный иммунитет к чужим «великим идеям».

Никаких авторитетов, кроме своих друзей-классиков, Капица не признавал; ссылаться в дискуссии на кого-то там или тем паче на «всех» опаснее, чем дразнить тигра. Фактически вся дополнительная информация, необходимая для работы — формулы, математические методы, экспериментальные приемы — вырабатывалась по ходу дела на основании собственного опыта, интуиции и общих соображений. Вот так, нетрадиционно, без просиживания библиотечных стульев он работал всегда и добивался практически всего, чего хотел. Капица очень любил лозунг: «Спасение утопающих — дело рук самих утопающих», непременно приводя его в трудных ситуациях...

Вечереет. Опыты в полном разгаре, скоро появится Капица. Вообще-то, он не любит, когда сотрудники задерживаются на вечер, за исключением случаев, когда

сам работает в две смены. А вот и знакомый клич: «Володя, какой у вас диаметр?». Приношу черновой график. «Так. Хорошо, очень хорошо!» Чувствую, что академик поглощен своими далекими мыслями. Робко замечаю: «Петр Леонидович, его бы перевернуть...» «Ну вот, теперь гораздо лучше. К стати, что у вас по осям? Проставьте-ка сюда предыдущие точки».

Подрисовываю прошлогодние данные, торжественно подношу разноцветную картинку. Академик задумался, нахмурился, начинает сосредоточенно складывать ее вдвое, еще раз вдвое, еще движение — и бумажка скрывается в кармане. Все ясно — результаты заинтересовали, но мгновенной реакции не будет; возможно, графику предстоит отлеживаться в известном черном чемоданчике, который он возит с собой на дачу, а через некоторое время после домашнего анализа шеф озадачит новой идеей.

Зачастую, чтобы исключить предвзятость, Капица не говорит, чего он ждет от эксперимента, но по его мрачному виду сразу понятно, что требуется получить. Опыты он ведет со страстью и агрессивным азартом. Бывает, поглядит грозно на плазму через синий светофильтр и спрашивает нетерпеливо: «Ну, а теперь что получилось?». За показаниями приборов он следит настроенно и ожидающе, терзая безответные создания напряженным гипнотизирующим взглядом. Больше всех достается дисплею, на который ЭВМ выводит данные нейтронных счетчиков; тот ежедневно ломается под испепеляющим взором Капицы.

Работал П. Л. очень быстро и решительно. «У меня нет времени ждать. Всякую работу можно выполнить за отведенное время», — вот решающие аргументы при обсуждении планов и сроков предполагаемых экспериментов. В коллективе лаборатории настойчиво поддерживалось понимание высокой значимости планируемых работ. Это позволяло проводить их в ударном темпе, несмотря на вежливый скептицизм оппонентов, который исторически являлся непререкаемым спутником и катализатором всех начинаний Капицы.

В лаборатории П. Л. обычно не утруждал детальным разъяснением своих идей, мысли опережали слова и требовали квалифицированной расшифровки. При известных навыках окружающим удавалось понимать его с полуслова. Лишь когда требовалось высказать отношение к тем или иным недостаточно продуманным поступкам, Капица добивался полной ясности,

изобретательно пользуясь богатыми возможностями нашего могучего языка.

Рассуждая о предпосылках научных открытий, Капица часто приводил слова английского физика Дж. Дж. Томсона: «Открытия обязаны остроте и силе наблюдательности, интуиции, непоколебимому энтузиазму до окончательного разрешения всех противоречий, сопутствующих пионерской работе». Сам П. Л. считал, что жизнь слишком коротка, чтобы заниматься второстепенными деталями, поэтому он стремился к пониманию лишь фундаментальных эффектов. Если они не противоречат известным моделям, то становится просто неинтересно — подтверждение теории для Капицы не открытие, а «закрытие». Если в процессе работы не возникает «противоречий», то П. Л. зачастую искусственно стимулировал их появление, непредсказуемо ломая план эксперимента «иррациональными» ходами, нередко дающими весьма озадачивающие результаты.

Единственная ситуация, в которой Капица не спешил и даже иногда колебался, возникала, когда выдвигаемые модели и гипотезы созревали для публикации. Тут он въедливо и настойчиво перепроверял всю методику измерений, заставлял пересчитывать все формулы и таблицы, объявлял премию за нахождение ошибки, собственноручно в присутствии авторов редактировал их работу. К сожалению, а может быть к счастью, эти полезные воспитательные мероприятия в большинстве случаев завершались откладыванием публикации до лучших времен. И начиналась новая серия тщательных и мучительных проверок, сомнений и разочарований...

Уж полночь близится... Тушат огни в зале, бал окончен. Рассказов напоследок несколько бородатых анекдотов якобы из личной жизни и озадачив последними идеями, шеф по-английски, не посправившись, уходит в свой коттедж. Обремененные завтрашними заботами, разбредаемся и мы, пугая редких прохожих «лица необщим выраженьем». А завтра снова опыты, покой нам только снится, и есть в этом что-то невыразимо притягательное, особенно когда делом управляет человек, несущий в себе неисчерпаемый и вдохновляющий заряд бодрости и энтузиазма, мужественно и упорно сражающийся с труднейшей проблемой века...

Все мы, кто работал с Петром Леонидовичем, от всей души желали ему удачи в этой борьбе и старались сделать все возможное и невозможное для приближения к цели.



## Хищники, копытные, человек: где гармония, а где трагедия!

В. И. Животченко



Виктор Иванович Животченко, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института охраны природы и заповедного дела Министерства сельского хозяйства СССР. Область научных интересов — крупные хищные млекопитающие, отношение «хищник — жертва», охрана хищников в заповедниках. Неоднократно публиковался в «Природе».

Хищники и жертвы есть в любом зоологическом сообществе — от беспозвоночных до крупных млекопитающих. Их отношения формировались на протяжении всего развития животного мира, и выработанная эволюцией пластичность обеспечила хищникам и жертвам совместное существование и гармонию в живой природе. Однако человек, вмешиваясь в законы дикой природы, часто нарушает это равновесие, создавая тем самым конфликтные ситуации, из которых не всегда легко найти выход, в особенности, если дело касается крупных хищников.

А нужны ли крупные хищники вообще? Может быть, сейчас, когда хозяйственной деятельностью человека изменены целые биоценозы, снизилось видовое разнообразие растительноядных животных, неизмеримо уменьшилась численность многих их видов, хищники перестали быть необходимыми? Конечно, нет. Хищники — такие же уникальные произведения природы, как все остальные организмы, и сохранить их генофонд — задача столь же актуальная, как и в отношении других животных. Кроме того, биологическая роль крупных хищников не изменилась: охотясь на диких копытных, они по-прежнему не наносят ущерба популяциям своих жертв, а хищничают селективно, «отбирая» животных по многим признакам, в том числе

по дефектности поведения, а не только ослабленным болезнями. И тем поддерживают существование здоровых, жизнеспособных популяций копытных.

Сколь гармоничны отношения между хищником и жертвой и как легко эта гармония нарушается, показывает пример с амурским тигром и пятнистым оленем в Приморском крае.

К концу XIX в. пятнистый олень в результате неконтролируемой охоты исчез на большей части своего ареала. Самая многочисленная группа животных сохранилась на территории Лазовского заповедника и в его окрестностях, и в конце 30-х годов нынешнего столетия здесь было около 800 оленей.

До начала интенсивного заселения и хозяйственного освоения Приморского края тигр тоже был обычен на территории, ставшей в 1935 г. заповедной (по материалам «Летописи природы» Лазовского заповедника и восстановлена история взаимоотношений «хищник — жертва» в Лазовском районе). Водился в этих местах и серый волк, но, будучи более слабым конкурентом за пищу, уступал тигру пальму первенства в охоте за оленями. Зверем, «контролирующим» жизнь оленей, испокон веков здесь был тигр.

По мере изменения степени и характера использования территории меня-



лись размещение и численность тигра и волка. Из-за чрезмерного отстрела численность тигра резко снизилась, и основным хищником в 40-х годах стал волк. Но пятнистый олень и волк не были приспособлены к сосуществованию многими веками совместного обитания; охотящиеся волки не столько убивали, сколько разгоняли оленей, заставляя их покидать кормные и, что еще существенней, малоснежные, удобные для зимовки участки. Естественно, численность оленей стала сокращаться, и к началу 60-х годов сохранилось только около 300 животных.

Благодаря своевременно принятым с 1947 г. мерам по охране тигра он не исчез совсем; более того, его численность постепенно возросла, и волк отступил; произошел распад крупных волчьих стай, но все же пришлый хищник сохранился на большей части территории; однако, избегая встреч с тигром, он предпочитал держаться вблизи населенных пунктов. Основным хищником, регулирующим численность пятнистого оленя, снова стал тигр. Поголовье пятнистого оленя постепенно увеличилось, и к началу 80-х годов в заповеднике и его окрестностях насчитывалось уже более 500 оленей.

Еще одна иллюстрация к отношениям «хищник — жертва» — работа Л. Мича и Д. Аллена по наблюдениям за волком и лосем в американском национальном парке Айл-Ройал<sup>1</sup>. Волк и лось — не аборигенные виды фауны острова Айл-Ройал (лоси сменили некогда многочисленных северных оленей — карibu, а лесной волк вытеснил койота), они заселили остров сравнительно недавно, их взаимоотношения, очевидно, находятся на стадии формирования. Тем не менее полученные материалы свидетельствуют, что при избыточной плотности населения лосей и отсутствии регулирования их численности человеком волк просто необходим; селективность его воздействия на популяцию лося явно выражена и способствует установлению и поддержанию между хищником и жертвой естественного равновесия.

Однако как только нарушается равновесие в биоценозах, происходят изменения на той или иной ступени слож-

<sup>1</sup> Mech L. D. The wolves of the Isle Royale.— In: Fauna of National Parks of the United States. Fauna series. Washington, 1966.

Тигр, медведь и волк — крупные хищники Дальнего Востока.



ной пищевой цепи, исчезает и гармония в отношениях «хищник — жертва». В природе нет не связанных между собой событий: изменения в одном звене меняют и другие.

Природные ландшафты изменяются сейчас по всему земному шару, разные его регионы лишь неодинаково интенсивно осваиваются. И там, где изменения велики, где не затронутых хозяйственной деятельностью территорий почти не осталось, хищники вынуждены приспосабливаться к новым для них условиям. Свойственная им от природы экологическая пластичность проявляется в изменении поведения. Так обстоят дела, например, с тигром и волком.

Во времена дальневосточных землепроходцев тигров в тайге было много, человека они не боялись и нередко нападали на скот и даже на людей. С появлением русских поселений, жители которых были хорошо вооружены и не питали суеверного страха перед тигром, властелину тайги была объявлена беспощадная война. С той поры тигры не только стали избегать людей, но и сторонились окрестностей населенных пунктов и даже избышек в глухой тайге.

В результате неконтролируемого отстрела, отлова взрослых животных и тигрят и хозяйственного освоения территорий, на которых обитал тигр, численность его упала до критической, и хищника стали охранять. После почти 20-летнего периода охраны в начале 60-х годов поведение зверей вновь изменилось: тигры снова стали терять страх перед человеком и опять начали появляться возле поселков. И хотя численность тигров и сейчас еще не достигла былого уровня, столкновения их с человеком стали неизбежными.

Надо сказать, что поведение тигра в разных частях ареала менялось не одновременно. Если на юге Приморского края, в Лазовском районе, такое поведение стало нормой к началу 70-х годов, то в среднем Сихотэ-Алине (Тернейский район) новые черты появляются сейчас, в начале 80-х годов. Объясняется это не столько ростом численности тигров (их в Тернейском районе по-прежнему примерно в 3 раза меньше, чем в Лазовском), сколько нарастающим изменением мест обитания под воздействием антропогенных факторов. Вне специально выделенной, достаточной по площади территории зверь уже не может избежать контактов с человеком. Более того, находясь под охраной, тигр успешно адаптируется к изменениям.

Приходится приспосабливаться к антропогенной среде и волку. Этому коренному обитателю густонаселенной Европы, чтобы выжить здесь, пришлось менять свои повадки: хищник, обычно живущий в стае, в Швеции и Португалии, например, стал одиночкой, даже звери семейной пары не загоняют лося сообща<sup>2</sup>. Оказалось, что в современном антропогенном ландшафте волк-одиночка как жизненная форма лучше приспособлен к существованию, чем звери в стае.

Если бы изменившееся поведение крупных хищников не касалось человека, не стало угрозой их нападений на домашний скот и даже на людей, никаких сомнений в необходимости существования хищников и не возникло бы. Однако в некоторых местах угроза нападений стала действительностью. Вот несколько примеров «разбой» амурского тигра в Сихотэ-Алине.

В течение двух месяцев (в феврале — марте 1981 г.) этот зверь охотился в пос. Терней, где его привлекали сначала собаки. Взяв собаку с цепи, тигр уносил ее на 300—500 м от поселка и там съедал. Если жители обнаруживали хищника и пускались преследовать его, тигр, случалось, подпускал людей на 30—40 м и, не проявляя к ним агрессивности, скрывался, оставив даже свою добычу. Иногда тигра пытались отпугнуть выстрелами, и зверь действительно исчезал, но лишь на несколько дней. В конце своего «охотничьего сезона» в поселке хищник настолько осмелел, что забрался в курятник и задавил там с десяток кур. Через день после куриной охоты его застигли, когда он лакомился совхозным поросенком.

Понятно, что, нападая на домашних животных, тигры наносят материальный ущерб; еще хуже, что встречи их с человеком далеко не всегда для него безопасны.

Зимой 1981/82 г. молодой тигр напал на безоружного охотника, проверявшего капканы. Человек чудом остался жив, а получивший легкое ножевое ранение тигр был застрелен несколько дней спустя и оказался совершенно здоровым животным, без какой-либо патологии. Известен также случай, когда тигрица погналась за собакой лесника, а в это время два подросших тигренка, совершенно не пугаясь ружейных выстрелов, стали подкрадываться к человеку.

<sup>2</sup> Haafte J. L. van et al. A wolf study in Portugal.— In: Abstr. of papers XVth Intern. congress of Game biologists. Koshiče, 1983, p. 71.

Неспровоцированное нападение тигра на человека, к счастью, случается редко, но встретить грозного хищника сейчас можно в самых неожиданных местах. Обходя свои охотничьи владения, тигры теперь довольно часто пользуются авто-трассами, а иногда устраивают и логовища неподалеку от оживленных автомобильных дорог. На том же Сихотэ-Алине возле трассы Терней — Пластун долгое время жила самка с двумя тигрятами; семейство нисколько не пугалось проходящего автотранспорта; мало того, тигрица даже бросалась преследовать машины и мотоциклы.

Особенно часто можно встретить если не самого зверя, то следы его жизнедеятельности возле таежного жилья, куда тигра привлекают собаки. Пристрастие полосатых хищников к собакам удивительно; охотясь на них, тигры совершенно теряют свою природную осторожность и не только преследуют охотничьих собак в тайге, но залезают в собачью конуру или достают затаившегося в страхе пса из-под крыльца или сеней.

Все приведенные здесь случаи произошли в Сихотэ-Алинском заповеднике и на пограничных с ним территориях за последние три года. А ведь эта могучая кошка — зверь редкий, внесенный в списки Красных книг СССР и МСОП! Может быть, причина перечисленных нападений и грабежей в какой-то патологии поведения лишь некоторых тигров? Скорее всего — нет; в современных условиях такое поведение вполне можно считать закономерным. Сейчас все меньше остается территорий, в той или иной степени не освоенных человеком. Изменяются фитоценозы, состав и численность сообществ диких копытных, и хищникам приходится выбирать новые жертвы.

В последние годы на отдельных участках в местах обитания тигра, где пасется домашний скот, а плотность популяций диких копытных невелика, домашние животные становятся постоянным и весьма существенным компонентом в рационе тигра.

Не новость, что молодые тигры, покидающие участок родителей и начинающие самостоятельную жизнь, не сразу находят удобные для охоты места на незнакомой территории, да и результативность охоты у них ниже, чем у опытных зверей. Поэтому некоторое время «подростки» могут охотиться вблизи населенных пунктов, нападая на домашних животных. Число нападений на скот с 1961 г.

растет ежегодно: если с 1941 по 1960 гг. в Приморском крае их было зарегистрировано 126, то только за 5 лет второй половины 60-х годов — 386. И причина не только в увеличении численности тигров (хотя первоначально именно это имело решающее значение), а в том, что хищники приспособились к изменившимся условиям жизни.

Осваивая все новые и новые природные территории, человек лишает хищников их естественных кормов, и звери начинают использовать новые пищевые ресурсы, связанные с его деятельностью. Этот процесс становится закономерным и для тигра — могучего зверя, не имеющего в природе ни врагов, ни конкурентов, и для другого хищника — бурого медведя.

В 1982 г. на Сахалине были нередки случаи появления бурых медведей в окрестностях населенных пунктов, где их привлекали свалки со звероферм. Связано это, по-видимому, с отсутствием в течение двух лет нормального хода лососевых рыб в реках из-за разрушений, произведенных тайфуном. Однако не одни стихийные бедствия вынуждают медведя хищничать по соседству с человеческим жильем. Маньчжурский подвид бурого медведя отличается от других подвидов более крупными размерами, а главное — повышенной злобностью и агрессивностью к человеку. Особенно опасным становится этот таежный гигант в голодные годы. Когда не хватает растительных кормов, за счет которых медведь нагуливает жир на зиму, он, кочуя в поисках пищи, приближается к поселкам, нападает на домашний скот и становится опасным для человека.

В голодные для медведя годы он совершает до 40—60 нападений на людей, многие из них оканчиваются трагически. Голодные хищники подкарауливают охотников, бросаются на автомашины, группы людей, а животноводческие фермы атакуют даже среди бела дня.

Неспровоцированное нападение медведей на людей чаще случается в местах, где снижается поголовье кабана — основного и сравнительно доступного источника их питания. Но удивительны нападения медведя в обычные кормные годы; случайные встречи с ним на покосе, во время сбора ягод, орехов, рыбной ловли нередко заканчиваются для людей увечьями и даже смертью.

Безусловно, хищничество крупных диких животных во владениях человека наносит материальный ущерб, а главное —



Группа пятнистых оленей в тайге.

держит человека в страхе. И неудивительно, что в местах, где водятся крупные хищники, человек отнюдь не ратует за их существование, а склоняется к необходимости поголовного истребления. Однако как бы ни складывались частные ситуации с хищниками, идея их полного уничтожения пагубна уже в своей основе. Ведь хищники являются необходимой составной частью биоценозов; занимая вершину пищевой пирамиды, они поддерживают эволюционно сложившуюся структуру сообществ. Изъятие же любого вида приводит к нарушению состава сообщества, а уничтожение хищников влияет не только на структуру популяций растительноядных животных, но и на судьбу фитоценозов.

Однако нельзя признать правильной и прямо противоположную поголовному истреблению хищников меру — их повсеместную и абсолютную охрану. Вероятно, в отношении к хищникам, как и во многом другом, важно найти золотую середину. Ведь нет хищников «плохих» или «хороших»: они хороши как неповторимые создания природы, необходимое звено в биологической цепи, а плохими становятся по преимуществу не сами по себе, а с помощью человека. В преобразованных антропогенным воздействием ландшафтах снижается численность диких копытных — основной пищи хищников, растет поголовье домашних животных. В этих условиях они-

то и становятся жертвой хищников, все чаще приходится сталкиваться с дикими зверями и человеку.

Отношение к крупным хищникам изменчиво, достаточно вспомнить волка: был период, когда этого зверя усилленно истребляли, затем развернулась кампания в защиту волка, а сейчас он снова признан вредным. Почему же столь непостоянно наше отношение к хищным животным?

Связано это с тем, что вопрос о вреде или пользе хищника решается абстрактно, без учета местных условий на участках обитания зверей. А таким образом вряд ли можно принять объективное решение. Выбирая ту или иную позицию в отношении к хищникам на конкретной территории, необходимо помнить, что их поведение обусловлено многими факторами. Это и численность диких копытных, и степень хозяйственного освоения участков, на которых живут хищники, и, конечно, пищевая специализация, причем не столько вида в целом, сколько отдельных особей: ведь индивидуальные «вкусы» зверей различны. Так, в прибрежной части Лазовского заповедника горалов, живущих на участках обитания двух тигриц, добывает только одна из них, хотя по протяженности и доступности для охоты эти места примерно одинаковы. Точно так же одни тигры нападают на пасущийся скот регулярно, а другие изредка и преимущественно в период бескормицы. Конечно, эту особенность необходимо учитывать, когда возникает вопрос о регулировании численности тигра, и изымать только тех зверей, которые систематически нападают на домашних животных.

Отношение человека к крупным хищникам в настоящее время вылилось в целую проблему, и это объясняется, в первую очередь, снижением запасов естественных кормов для хищников и появлением новых стабильных пищевых ресурсов, связанных с деятельностью человека. Кроме того, недостаточны знания допустимых размеров популяций хищника для его гармоничного существования в новых, измененных человеком условиях. В некоторых местах количество крупных хищников хотя и исчисляется в лучшем случае сотнями, а то и десятками и даже единицами, часто бывает максимально допустимым.

Там, где ареал хищника настолько вовлечен в хозяйственную сферу, что контакты зверя с человеком неизбежны, возникает насущная необходимость регулировать численность даже тех зверей, количество которых еще не достигло былого уровня. Так обстоят дела с рысью в Югославии и с бурым медведем в Чехословакии<sup>3</sup>. Под регулированием численности нельзя понимать только отстрел; зверей можно переселить в места, где необходимые для них жизненные условия еще сохранились. Но обычных на данной территории хищников целесообразно периодически отстреливать, поддерживая их численность на том уровне, который обеспечивал бы существование вида и не наносил ущерба человеку. При этом нужно твердо помнить, что на место уничтоженного хищника приходит другой — экологические ниши не пустуют. Так, появившийся вследствие антропогенного изменения природной среды Приморского края волк заменил аборигенного исчезающего там тигра и стал многочисленным. И хотя борьба с ним велась непрестанно (только сотрудники Лазовского заповедника ежегодно отстреливали 20—30 волков), избавиться от него не удалось.

Но это не следует расценивать как призыв к повсеместному и полному истреблению волка. В местах, где он является коренным видом, но истреблен, появились одичавшие собаки и волко-собачьи гибриды, наносящие большой урон популяциям диких копытных<sup>4</sup>. А уничтожить этих конкурентов за освободившуюся нишу куда труднее, чем волка. Минимально допусти-

мая численность волка если и чревата ущербом, то гораздо меньшим, чем от одичавших собак. К тому же само существование волка избавляет от «нахлебников», порожденных антропогенным изменением среды обитания.

Итак, крупные хищники не могут быть отнесены ни к «хорошим», ни к «плохим». В современных условиях их «качество» целиком зависит от степени характера антропогенного воздействия на места обитания. Совершенно очевидно, что каждый зверь хорош на своем месте, там, где он является частью сложившегося в процессе эволюции экологического механизма, причем при численности, соответствующей прессу антропогенного воздействия в ареале хищника. Конечно, крупному хищнику не место в населенных пунктах и их ближайших окрестностях, но в глухих таежных районах природная гармония без него невысказима. Окрестности населенных пунктов и глухая тайга — только два противоположных полюса, между которыми существует множество переходов, определяемых прежде всего степенью антропогенного воздействия. В зависимости от этого и нужно дифференцировать отношение к хищникам. Их популяции на любой территории должны находиться под постоянным контролем, а особи, систематически наносящие ущерб или проявляющие агрессивность, своевременно изыматься.

Гармония есть там, где отношения «хищник — жертва» складывались и отшлифовывались эволюцией, где хищник и жертва — аборигенные виды, веками живущие бок о бок. Основывается такая гармония на избирательности воздействия хищников на популяции своих жертв, но сама избирательность не абсолютна, она зависит от многих факторов. К сожалению, гармоничные отношения легко нарушаются, и тогда трагедия животных может обернуться трагедией и для человека.

Человек продолжает осваивать новые территории, прямо или косвенно он вторгается в жизнь диких зверей. И как ни печально, но вряд ли удастся сохранить крупных хищников во всех местах, где они еще встречаются. Благо, на которое они могут рассчитывать, — заповедные территории, охватывающие участки обитания хищных зверей. В таких эталонных уголках природы, по-видимому, только и можно будет сохранить их бесценный генофонд.

<sup>3</sup> Соп J. 10 Years after repopulation of Lynxes in Slovenia (Yugoslavia).— Ibid, p. 39; Сладек Й. Стратегия и тактика управления изолированной популяцией медведя в Чехословакии.— Там же, с. 169.

<sup>4</sup> Рябов Л. С., Бибииков Д. И. Пустует ли экологическая ниша волка? — Природа, 1982, № 3, с. 26.



## «Затерянный мирок» карстового провала в пустыне

**В. А. Зархидзе,**  
кандидат биологических наук  
Ленинград

Во время облета плато Устюрт в октябре 1978 г. мы увидели в районе урочища Кастюркель, расположенного в 30 км восточнее залива Кара-Богаз-Гол, необычно глубокий для этих мест карстовый провал, а через несколько дней смогли его осмотреть. Горловина карста не превышала 8 м в диаметре, глубина была больше 12 м; с четырехметрового уровня провал конусообразно расширялся, достигая на дне ширины, в два с лишним раза большей, чем снаружи. Картина, которую мы увидели на дне провала, не могла бы поразить воображение любого натуралиста. Дно было покрыто яркой «оранжерейной» зеленью папоротников, тогда как вокруг простиралась чахлая гипсовая пустыня, по сравнению с которой даже Каракумы выглядят оазисом.

Это оказался пузырник ломкий (*Cystopteris fragilis*), встречающийся очагами от Арктики до субантарктических зон Южной Америки, Новой Зеландии и Тасмании. В ботанических сводках указывается, что этот вид произрастает в условиях прохладного или умеренно теплого климата с достаточной влажностью. Заросли этого растения бывают обычно приурочены к выходам коренных пород: к известнякам, мергелям и т. п. В Туркмении ближайшие находки этого вида расположены более чем в полутысяче километров: небольшая колония в расщелинах скал на хребте

Большой Балхан на высоте 1500 м и отдельные заросли в Копетдаге, в тенистых и увлажненных местах, на высотах до 2 тыс. м над ур. м. От места нашей находки их отделяют знойные ущелья и пустыни, безжизненные воды и солончаки залива Кара-Богаз-Гол.

Ширина зарослей папоротника была чуть большей, чем диаметр горловины провала. По периферии папоротниковую заросль окружал бордюр нежнозеленых мягкостебельных подмаренников (*Galium* sp.) высотой 5—20 см. По строению стебля и листьев они похожи на подмаренник джунгарский, встречающийся в горах, но из-за отсутствия цветов или плодов у здешних подмаренников мы не смогли точно установить их видовую принадлежность. Пробы папоротника мы взяли в ноябре, когда температура воздуха в урочище падала до  $-9^{\circ}\text{C}$ , и в мае 1979 г. во время дневной жары, доходящей до  $38^{\circ}\text{C}$ . Оба раза растения имели свежий зеленый вид, а в мае были обильно усыпаны спорами; поднятые наружу быстро увядали.

Сейчас этот удивительный кастюркельский карст служит надежным убежищем нескольким видам птиц и беспозвоночным. В нем постоянно обитает колония каменных воробьев, в мае мы встретили здесь каменик-плюсунью и парочку горихвосток-лысушек, проводивших значительную часть времени в провале. В нишах между каменными плитами сохранились гнезда, которые в разное время занимали канюки-курганники, пустельга обыкновенная и пустынные вороны, в гнездах они оставили перья и яичную скорлупу, по которым мы и узнали о птицах в карстовом провале. Тесно связана с этим убежищем пара огромных казахских филинов.

Дно провала, а также многочисленные пещерки и ниши по

его стенам были усеяны тысячами остатков животных: грызунов, насекомых, зайцев, птиц, пресмыкающихся и др. В стороне от зарослей на фоне белого дна карста виднелись десятки шкур ушастых и черноглых ежей, считающихся редким видом. Среди них лежал скелет молодого сайгака. В грунте дна мы нашли уже заметно фоссилизированные кости песчанок и других грызунов. Благодаря подвижности животной части населения, замкнутый мирок карстового провала вовлечен в биологический круговорот смежных биогеоценозов: полученным из внешней среды органическим веществом обогащается почва карста и тем обеспечивается развитие растений.

Мы посадили куртинку папоротника вместе с грунтом в ящик-камеру, который приходилось постоянно опрыскивать водой. Не только в пустыне, но и на застекленной веранде в Красноводске трудно было поддерживать жизнь хрупкого растения. Ажурные 15—25-сантиметровые листья быстро усыхали, но корневище давало новые тонкие листочки 3—5 см длины. В моей ленинградской квартире пузырник стал заметно оживать, а когда ящик, добавив в него земли, поставили под тень яблони в саду на Карельском перешейке, папоротник пышно разросся. Перед отъездом в очередную экспедицию в Туркмению мы передали папоротник в оранжерею Ботанического института АН СССР им. В. Л. Комарова.

Жизнь обитателей «затерянного мирка» течет спокойно, как и тысячи лет назад. Люди мало посещают отдаленную суровую местность. Но следует знать о существовании этого реликтового убежища и принять меры, если потребуются, для его сохранения на будущие времена как замечательного памятника природы.



КРАСНАЯ КНИГА

## Кавказская гадюка

А. Т. Божанский

Москва

На долю кавказской гадюки (*Vipera kaznakovi*) выпадало мало внимания исследователей. В 1908 г. она была случайно найдена ботаником под Сухуми в окрестностях пос. Цебельда, а через два года по нескольким музейным экземплярам ее описал Н. М. Нигольский. И с той поры ею никто не занимался, поскольку вид не имел хозяйственного значения, а его биологию считали сходной с биологией обыкновенной гадюки, которая была уже изучена.

Кавказская гадюка — узкоареальный вид, распространенный в западной части Кавказа и Закавказья. По хребтам Большого Кавказа она проникает на восток до среднего течения Куры и на юг до Аджарии и прилегающих районов Турции. Кроме нашей страны, эта гадюка сейчас, по-видимому, нигде не водится и, как эндемичный вид с сокращающейся численностью, внесена в «Красные книги» СССР и МСОП.

Только после того как кавказская гадюка попала в списки «Красных книг», ею заинтересовались герпетологи.

Свои наблюдения за кавказской гадюкой автор проводил в течение трех полевых сезонов 1979—1981 гг., обосновавшись на зарастающей осыпи по границе альпийского луга с лесом (2000 м над ур. м.). Чтобы легче было вести наблюдения на небольшом участке, мы пометили 28 змей.

Хотя обитает гадюка преимущественно в горах (до высо-

ты 2500 м над ур. м.), еще и теперь ее удается встретить, правда очень редко, почти на самом побережье Черного моря в чайных плантациях и зарослях лесного ореха. В предгорных и горных лесах кавказская гадюка заселяет поляны, редколесья, зарастающие осыпи и долины рек; в субальпийском поясе она предпочитает участки с невысокой травой на границе с осыпями или выходами скал.

Кавказская гадюка небольшая — длина взрослой рептилии не больше 60 см. Ее веретеновидное тело оканчивается коротким хвостом, а широкая голова резко отграничена от туловища. Окрашена она очень ярко, разнообразие же цветовой гаммы просто поразительно: есть змеи совершенно черные, лимонно-желтые, оранжевые и даже кирпично-красные. По хребту тянется широкая зигзагообразная полоса черного цвета, нередко зигзаг разрывается, образуя поперечные полосы. Таких полосатых гадюк особенно много в высокогорных популяциях. У молодых змей первого и второго года окраска менее яркая: обычно по светло- или серо-коричневому фону тянется также коричневый зигзаг на спине; окраску, свойственную взрослым особям, гадюки приобретают к третьему году жизни. Несмотря на яркую контрастную окраску, неопытному наблюдателю с большим трудом удается обнаружить гадюку на сухих листьях папоротника или среди камней, покрытых желтыми и черными лишайниками; даже в траве она малозаметна — игра светотени создает впечатление полосатости фона и скрывает животное.

Оказалось, что летом гадюки наиболее активны утром (с 8 до 10 часов) и после полудня (с 15 до 17 часов), а середину дня они проводят в укрытиях: густых кустарниках, под камнями

или в норах грызунов. Чаще всего на поверхности можно встретить беременных самок, самцы же и неразмножающиеся самки ведут скрытый образ жизни, появляясь на поверхности во время линьки, охоты и после нее, когда переваривают пищу. Беременные самки перемещаются обычно по небольшому участку (около 4 м<sup>2</sup>), выбирая солнечные места. Такие путешествия связаны с поиском оптимального режима инсоляции: на участках восточной экспозиции они проводят утренние часы, а западной — их можно увидеть вечером. На прямом солнце змеи находятся очень недолго, всего около часа утром, с 8 до 9. Но даже во время солнечных ванн беременные самки избегают интенсивного обогрева: прячась в тени, они поочередно выставляют на солнце разные части тела.

В высокогорных популяциях самки размножаются раз в два-три года, причем среди меченых змей мы ни разу не обнаружили ни одной самки, беременной два года подряд. Кавказская гадюка относится к яйцеживородящим змеям: яйца (от 2 до 5 у каждой самки) развиваются в яйцеводах, а потомство появляется на свет в конце августа — начале сентября уже вполне сформировавшимся, но в прозрачной кожистой оболочке, от которой оно освобождается в первый же час жизни. Еще через час происходит первая линька. Судя по наблюдениям в террариумах, примерно через неделю после рождения молодые гадюки начинают питаться. До двухлетнего возраста гадюки охотятся только на мелких ящериц, причем даже недельная рептилия может убить и заглотить ящерицу такого же размера, как она сама. Взрослые гадюки питаются, кроме ящериц, еще и полевками, мышами, землеройками.

Охотничьи приемы кавказской гадюки обычны для



Среди лишайников на камнях гадюка почти незаметна.

Кавказская гадюка окрашена ярко и разнообразно.

Кавказская гадюка во время линьки.



большинства ядовитых змей: свернувшись клубком, она затаивается и, как только бегущая жертва оказывается на расстоянии досягаемости, делает бросок, кусает ее и, снова свернувшись, некоторое время остается неподвижной. Затем, «ощупывая» почву языком, находит свой трофей (по наблюдениям в террариуме, десятиграммовая мышь погибает через минуту после укуса) и заглатывает его.

Из своих зимних убежищ кавказская гадюка выходит обычно в апреле, а в конце сентября снова отправляется на зимовку, которую, очевидно, проводит в каменных завалах и осыпях, глубоких промоинах почвы и в норах грызунов. Сначала на поверхность выходят самцы, а затем самки, и уже в конце апреля — середине мая змеи спариваются.

В июне у беременных самок происходит линька, остальные же змеи — самцы и самки, не принимающие участия в размножении, линяют дважды в год — весной и осенью. По выползку, кстати, можно определить состояние гадюки: если выползок целый, чулком — змея находится в добром здравии, если же старая кожа сползает клочками — гадюка явно больна.

Сколько живет кавказская гадюка в природе — неизвест-

но, а в террариумах — до 6 лет. Есть ли у нее в природе враги — тоже не установлено, но несомненно, что человек никогда не был ее покровителем.

Современная численность кавказской гадюки оценивается в несколько десятков тысяч. Небольшой ареал и неравномерное распределение внутри него (в некоторых местах на каждом гектаре живет от 2 до 6 особей, но есть и участки, где встречается по 20—30 гадюк) делает вид особо уязвимым. Наиболее опасное положение популяций кавказской гадюки в предгорных районах Черноморского побережья; в некоторых из них гадюка, по-видимому, уже исчезла, в других — численность ее снизилась до критического уровня и в последние годы змея встречается лишь единично.

Дальнейшее расширение курортной зоны, усиление рекреационных нагрузок, увеличение площадей под сельскохозяйственные угодья в предгорных районах, в том числе под пастбища, делают неотложными меры по сохранению популяций кавказской гадюки в этой части ареала. К числу таких мер следует отнести, в первую очередь, создание сети заказников в курортной зоне Черноморского побережья, там, где гадюка еще обитает. Кроме того, необходи-

мо ограничить выпас скота в местах естественных скоплений кавказской гадюки, а также усилить пропаганду охраны вида. Эти мероприятия помогут не только сохранить существующие, но и восстановить угасающие популяции. Сейчас змею охраняют только в заповедниках — Кавказском, Кинтришском и Колхидском.

На свою беду, кавказская гадюка не приносит человеку никакой пользы и потому интересуют только специалистов, но ведь это животное, кроме Западного Кавказа, нигде в мире не водится, и если вовремя не позаботиться о судьбе змеи, она может исчезнуть с лица Земли. Об этом должен помнить каждый человек и, встретив гадюку, не кидаться с поспешностью за камнем или палкой.

## Дефекты биологических жидких кристаллов

Р. И. Миц, Е. В. Кононенко



Рафаил Исаакович Миц, доктор технических наук, профессор, научный руководитель отдела прикладной биофизики физико-технического факультета Уральского политехнического института им. С. М. Кирова. Научные интересы связаны с изучением биологических и модельных жидкокристаллических систем.



Елена Венедиктовна Кононенко, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник того же отдела. Занимается исследованием жидкокристаллического состояния в биологических системах.

Многие биологические вещества и структуры проявляют свойства, присущие жидким кристаллам, причем число примеров подобных структур из года в год увеличивается. При определенных условиях в жидкокристаллическом состоянии могут находиться липиды, белки, нуклеиновые кислоты. Упорядочение, подобное жидкокристаллическим фазам, характерно для мембран, мышечных волокон и оболочек нервов<sup>1</sup>.

Наибольшее значение для биосистем представляют жидкие кристаллы со слоистым строением: холестериники и смектики. В первом случае (к таким фазам относятся эфиры холестерина и водные препараты нуклеиновых кислот) преимущественная ориентация молекул от слоя к слою меняется таким образом, что направление характеризующего ее вектора описывает геликоидальную траекторию. Что касается смектиков, то в них молекулы выстраиваются в параллельные друг другу слои. Примером могут служить биологические мембраны, структурной основой которых является двойной слой (или, иначе, бислой) липидных молекул, расположенных аналогично молекулам в смектических слоях.

В реальных системах с упорядоче-

<sup>1</sup> Чистяков И. Г., Селезнев С. А. Биологическая роль лиотропных жидких кристаллов.— Природа, 1977, № 9, с. 38; Усольцева Н. В., Усольцева В. А. Жидкокристаллическое состояние и метаболизм.— Природа, 1980, № 12, с. 56.

нием структурных элементов (молекул, атомов, ионов, молекулярных агрегатов), и в частности в жидких кристаллах, встречаются структурные нарушения, или дефекты. В близлежащих к дефекту областях ориентация молекул иная, нежели в основном объеме жидкого кристалла. Вследствие искажений, вносимых дефектами, эти области характеризуются повышенной свободной энергией. В силу этого такие процессы, как фазовые переходы (например, плавление и кристаллизация), а также структурные перестройки, связанные с изменением оптических и электрических характеристик, начинаются именно в околодефектных областях.

Поскольку жидкокристаллические среды вовлечены в функции биосистем, возникает вопрос, каким образом дефекты в жидких кристаллах участвуют в осуществлении этих функций, как они связаны с биологическими процессами в норме и при развитии патологических состояний. Здесь мы остановимся на роли линейных дефектов в жидкокристаллических средах биологических систем.

### ТИПЫ ЛИНЕЙНЫХ ДЕФЕКТОВ

Теория линейных дефектов в сплошных средах была разработана В. Вольтеррой в начале XX века. Она оказалась чрезвычайно плодотворной для описания свойств и структуры кристаллических тел (металлов, полупроводников). С развитием электронной микроскопии в них действительно были обнаружены трансляционные линейные дефекты — дислокации. Было установлено, что дислокации являются элементарными носителями деформации и наиболее важным источником внутренних напряжений. Смещения атомов в области дислокаций изменяют электронную структуру кристалла, вызывая появление аномалий электрических, оптических, магнитных и механических свойств.

Основной характеристикой дислокаций служит вектор Бюргерса  $\vec{b}$ , определяющий величину смещения. У краевых дислокаций  $\vec{b}$  перпендикулярен линии дислокации, у винтовых — параллелен ей (рис. 1 а, б).

В жидких кристаллах, в силу особенностей их молекулярной упаковки, преобладают ротационные линейные дефекты — дисклинация (рис. 1 в, г), основной характеристикой которых служит вектор поворота  $\vec{\omega}$ , определяющий угловое смещение частиц, образующих решетку. Если  $\vec{\omega}$  параллелен линии дефекта, то мы име-

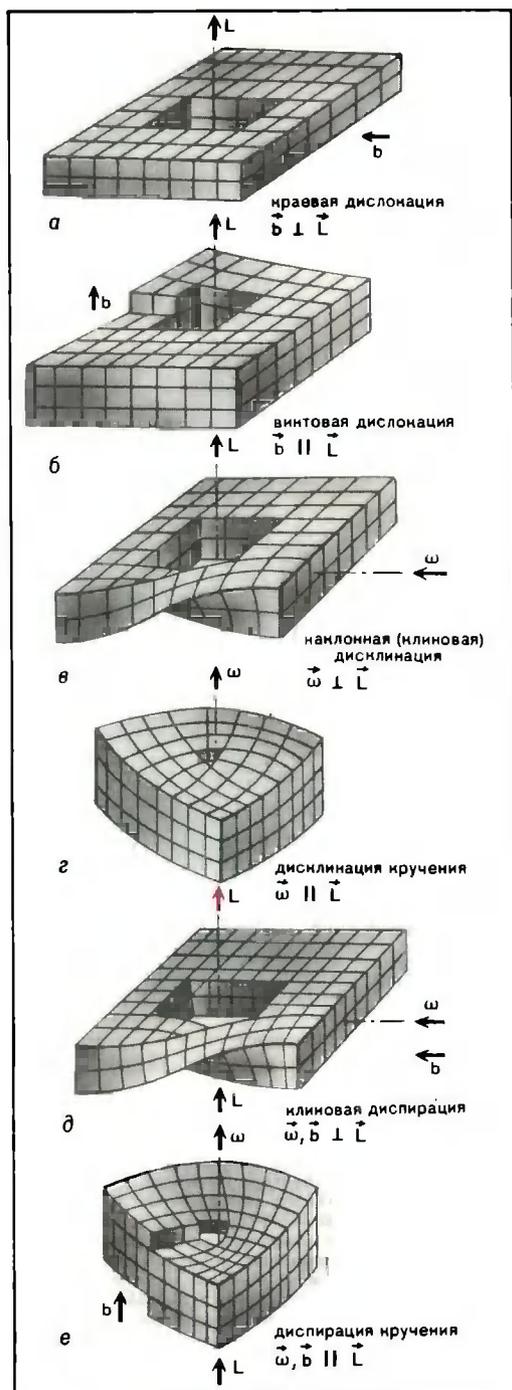


Рис. 1

Линейные дефекты и вносимые ими в кристаллическую решетку искажения ( $\vec{b}$  — вектор Бюргерса,  $\vec{\omega}$  — вектор поворота,  $L$  — линия дефекта).

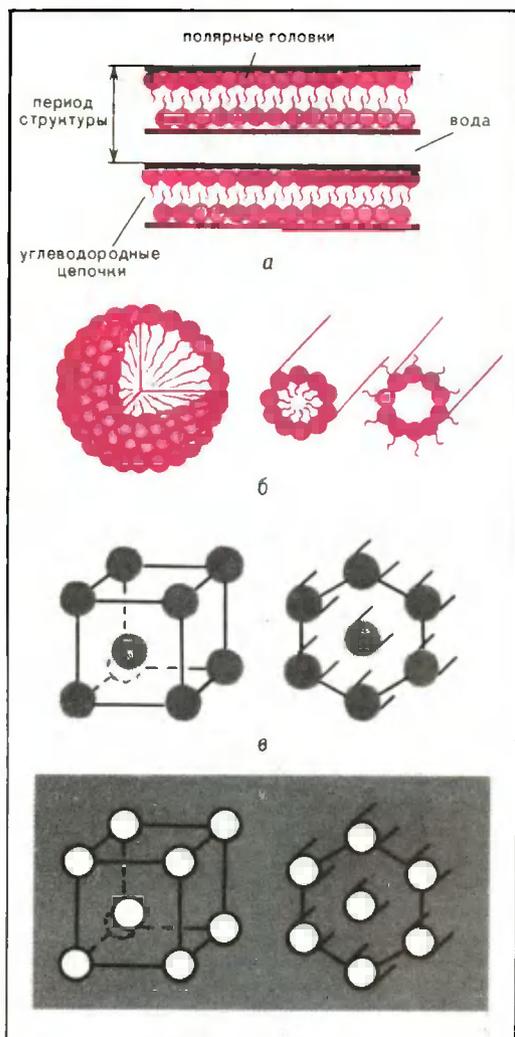


Рис. 2

Упорядочение амфифильных молекул в лиотропных фазах: а — два бимолекулярных слоя, разделенных водным промежуток, в ламеллярной структуре, аналогичной структуре смектика (примером такой структуры является липидный бислой биологических мембран); б — расположение молекул в мицеллах; слева — сферическая мицелла, в середине — цилиндрическая мицелла, справа — инвертированная цилиндрическая мицелла; в — нормальная кубическая структура, составленная из мицелл (слева) и нормальная гексагональная структура, которая чаще всего бывает составлена из цилиндрических мицелл, — справа (гидрофобные области углеводородных цепочек закрашены серым); кубические и гексагональные структуры могут состоять из инвертированных мицелл, тогда гидрофобные области будут располагаться так, как это показано на рисунке внизу.

ем дело с дисклинацией кручения. При  $\vec{\omega}$ , перпендикулярном линии дефекта, образуется клиновидная дислокация. Кроме указанных линейных дефектов, возможны также более сложные нарушения структуры — диспирации, сочетающие особенности, вносимые дислокациями и дисклинациями, и характеризующиеся как вектором  $\vec{b}$ , так и  $\vec{\omega}$  (рис. 1 д, е).

В холестериках и смектиках дислокации возникают на границах так называемых конфокальных доменов. (Конфокальные домены являются элементами текстуры, наиболее характерной для жидкокристаллических фаз со слоистым упорядочением.) Следует отметить то немаловажное обстоятельство, что масштаб линейных нарушений в жидкокристаллических фазах настолько велик (по сравнению с дислокациями в металлах, где для наблюдения линейных дефектов требуются методы электронной микроскопии), что дисклинации наблюдаются уже при увеличении примерно в 100 раз, т. е. в обычных оптических микроскопах. В биологических объектах, имеющих упорядочение структурных элементов (молекул, молекулярных комплексов, мицелл, волокон) по типу жидких кристаллов, наблюдаются те же основные виды дефектов. Эти дефекты идентифицируются методами оптической и электронной микроскопии.

## ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СРЕДЫ БИОСИСТЕМ

Физические процессы, происходящие в функционирующих биосистемах, связаны с перестройками дефектных структур. Наиболее ярко это прослеживается в биологических мембранах. Хорошей моделью биологических мембран — их структуры, взаимодействий с разнообразными молекулами и ионами — служат жидкокристаллические системы типа «амфифильное соединение — вода». Основной особенностью амфифильных веществ является то, что их молекулы состоят из растворимой в воде полярной части (называемой головкой) и нерастворимой в воде, но растворимой в жирах части, состоящей из углеводородных цепочек. К амфифильным веществам относятся липиды, входящие в состав биологических мембран. В зависимости от содержания воды в системе липид — вода, молекулы амфифила образуют либо двойные слои, поверхности которых образованы полярными головками, а внутренние области заняты углеводородными цепочками

Рис. 3

Дефекты в биологических структурах, упорядоченных по типу жидких кристаллов.

Вверху слева — винтовые дислокации в замороженной системе лецитин — холестерин — вода [изображение получено на электронном микроскопе]. Дислокации указаны светлыми стрелками, темные стрелки указывают на границы конфокальных доменов.

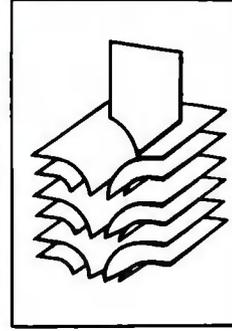
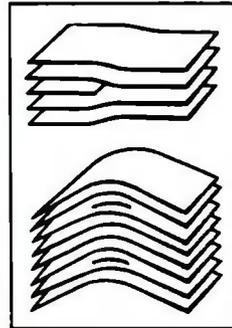
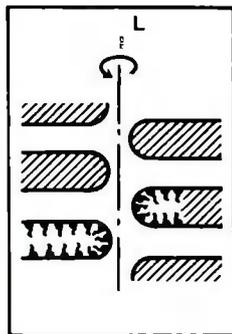
Вверху справа — схема строения центральной части винтовой дислокации. Двойные слои амфифильных молекул в области дефекта претерпевают разрыв и сдвиг. Концы разорванных слоев замкнуты.

В середине слева — поверхность липидного пузырька — липосомы [изображение получено на электронном микроскопе]. Отчетливо видны нарушения в чередовании слоев.

В середине справа — возможные схемы появления «лишнего» слоя — краевая дислокация в системе слоев.

Внизу слева — распределение волокон, упорядоченных по типу холестерического жидкого кристалла, в структуре делящейся хромосомы.

Внизу справа — схема, иллюстрирующая процесс искажения слоев при движении отрицательной дисклинации — «расклинивание» материала во время деления.



(рис. 2 а), либо более сложные агрегаты — мицеллы (рис. 2 б). В жидкокристаллических фазах мицеллы могут быть организованы в кубическую и гексагональную решетку (рис. 2 в). Если содержание амфифила в системе велико, то формируются обращенные, или инвертированные, мицеллы, в которых поверхности образованы углеводородными цепочками, а полярные головки находятся внутри мицелл. Обращенные мицеллы организуются в такие же упаковки, что и нормальные (рис. 2 в). При анализе структур и их нарушений в жидкокристаллических фазах, состоящих из бислоев, оказалось, что здесь правдоподобна аналогия с термотропными жидкими кристаллами<sup>2</sup> со слоистой упаковкой — смектиками и холестериками (рис. 3).

Одной из основных функций мембран является перенос ионов и молекул из клетки и в клетку — мембранный транспорт. Установлено, что для обеспечения нормального транспорта липиды мембран должны находиться в состоянии фазового перехода гель → жидкий кристалл. Как в состоянии геля, так и в жидкокристаллическом состоянии «общий вид» слоистой (ламеллярной) структуры сохраняется, однако углеводородные цепочки в геле выстроены в одном направлении, а в жидко-

<sup>2</sup> Жидкие кристаллы, образующиеся в процессе плавления твердого вещества, называются термотропными, а жидкие кристаллы, образующиеся в процессе растворения, — лиотропными.

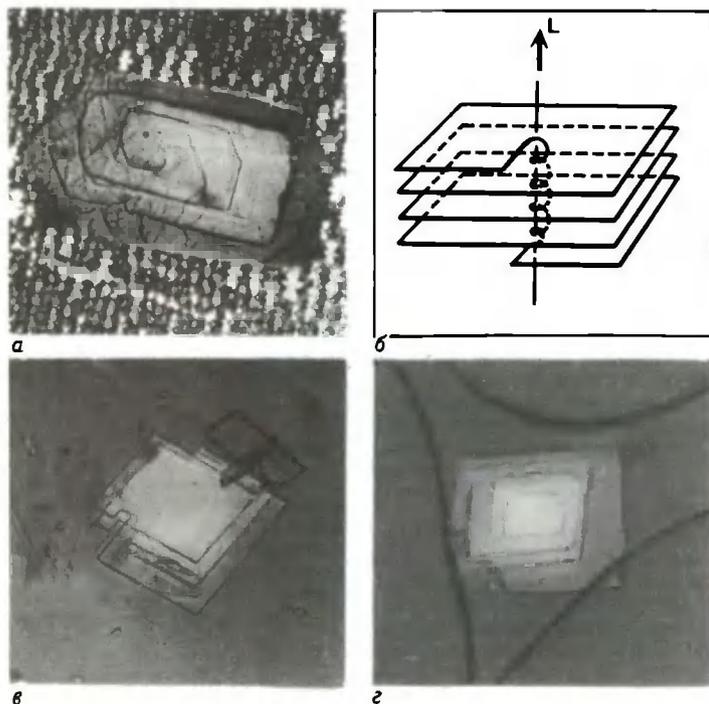


Рис. 4

Дислокационный рост кристаллов из биогенных мезофаз: а — спираль роста на поверхности кристалла, сформировавшегося в конфокальной текстуре эфиро холестерина; б — схема смещения слоев в области винтовой дислокации, демонстрирующая начало образования спирали из винтовой дислокации [дислокация обеспечивает готовую незарастающую ступень на поверхности плотно упакованной грани кристалла; за счет избыточной энергии в области дислокации вещество обладает повышенной химической активностью, поэтому рост, окисление, плавление и растворение всегда начинаются на дефектах и идут более интенсивно вблизи них]; в — дислокационный рост кристаллов холестерина в желчи [оценка, проведенная на основе теории дислокационного роста, дает критический размер зародыша  $\approx 16$  мкм]; г — кристаллизация холестерина в желчи в области дисклинационной петли.

кристаллическом состоянии они разупорядочены. Фазовый переход связан с зарождением, движением и аннигиляцией дислокаций и дисклинаций, а также появлением изгибов (кинков) в углеводородных цепочках липидов. Кинки также считаются линейными дефектами, но изучены в значительно меньшей степени, чем дислокации и дисклинации. В свою очередь, подобные перестройки дефектных структур приводят к изменению степени гетерогенности, вязкости, оптических и электрических характеристик мембран. Тип, количество и распределение дефектов влияют на температуру перехода гель  $\rightarrow$  жидкий кристалл, толщину бимолекулярного слоя, число и распределение каналов в мембране, а следовательно, на ее проницаемость и реакцию на изменения внешней среды.

Исследования мембран и модельных жидкокристаллических систем показывают, что в бислое всегда имеется определенное число дефектов структуры: дислокаций, дисклинаций, кинков. Их существование приводит к появлению в липидном бислое мембраны «полостей» и пор (каналов). Сравнение геометрии пустот, связанных с образованием кинков в бислое, и областей искажения вокруг дислокаций и дисклинаций в жидких кристаллах указывает на их сходство. Возможным меха-

низмом трансмембранного переноса ионов является скольжение краевых дислокаций по макромолекулам белков, встроенных в липидный бислой клеточной мембраны.

При перестройках дефектных структур, связанных с изменениями конфигурации белков-ферментов, встроенных в липидный каркас мембраны, возможны также изменения локального упорядочения липидных молекул в мембране, появление локальных напряжений, изменение текучести и вязкости мембранных липидов. Эти процессы связаны с зарождением линейных дефектов в структуре и изменением их плотности.

Какую же функциональную роль играют отдельные виды линейных дефектов, о которых шла речь выше? Вероятно, дисклинации в мембранах и оболочках клеток действуют как источники дислокаций, которые, в свою очередь, служат точками роста. Это означает, что выход винтовой дислокации на поверхность оболочки создает ступеньку (рис. 4 б), к которой легко присоединяются новые структурные единицы: молекулы липидов, холестерина или белковые частицы. Процесс роста при этом подобен дислокационному росту кристаллов, хорошо изученному как на неорганических, так и органических веществах. Так кристаллизуются, например, эфиры холестерина из жидко-



Рис. 5

Один из возможных механизмов деления структуры, состоящей из двух слоев (например, мембраны) при прохождении через нее отрицательной дисклинации с углом разворота —  $2\pi$ . Дисклинация движется, одновременно разрезая и пересоединяя противоположные концы, другими словами, путем непрерывных разрывов и слесек. Особенность процесса заключается в том, что обе части, образующиеся при делении, представляют замкнутые поверхности. Дисклинация —  $2\pi$  возникает, по-видимому, вблизи какого-либо нарушения поверхности клетки, движется посредством локальных разрывов и пересоединений и исчезает на другом конце клетки при взаимодействии с дисклинацией  $+2\pi$ .

кристаллической фазы (рис. 4 а) и холестерин из мицеллярного раствора (рис. 4 в, г).

Один из фундаментальных биологических процессов — деление клеток — можно рассматривать как движение линейного дефекта через мембрану (рис. 5)<sup>3</sup>. Такой механизм хорошо согласуется с экспериментально наблюдаемой морфологией деления и, в частности, объясняет появление борозды деления на клеточном теле.

Наличие жидкокристаллических фаз в биологических системах, а также структур, упорядочение в которых аналогично жидким кристаллам, и их участие в биологических функциях указывает на возможную

взаимосвязь жидкокристаллических структур с патогенезом ряда заболеваний.

Понятие «жидкокристаллический патогенез» подразумевает нарушение функций, связанное с выходом системы из нормального жидкокристаллического состояния (например, кристаллизация мембранных липидов в семядолях и листьях фасоли<sup>4</sup> при старении) или формированием жидкокристаллических фаз на таких этапах, когда жидкокристаллическое состояние является патологическим. Изучение жидкокристаллического патогенеза заключается, в первую очередь, в анализе фазового состава биологических сред в норме и при патологии, а также в выявлении особенностей структуры (дефектов), характерных для клинически установленных нарушений функций.

### ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ В ЖЕЛЧИ

Желчь представляет собой один из наиболее ярких примеров биологических сред, проявляющих жидкокристаллические свойства в живых системах. Желчь в норме — это мицеллярный раствор, в котором холестерин удерживается в случайным образом распределенных мицеллах, состоящих в основном из фосфолипидов и желчных кислот. При изотермической выдержке происходит переход мицеллярного раствора в жидкокристаллическую фазу ламеллярного (смектического) типа, содержащую разнообразные дефектные структуры, характерные для слоистых жидких кристаллов. При воспалительных изменениях в желчном пузыре, желчных протоках и нарушениях функции печени жидкокристаллические структуры наблюдаются сразу же после получения желчи посредством зондирования или при хирургическом вмешательстве<sup>5</sup>.

В подавляющем большинстве случаев камни, образующиеся в желчном пузыре, состоят из кристаллического холестерина. Фазовый состав желчи при патологии связан с состоянием холестерина и особенностями его кристаллизации. Однако существующий к настоящему времени критерий — соотношение желчных кислот и холестерина в желчи (холато-холестериновый индекс) — ненадежен, так как высокий про-

<sup>4</sup> Lees G., Thompson J.— *Physiol. plant.*, 1981, v. 49, № 2, p. 215.

<sup>5</sup> Запецкий Е. В., Кононенко Е. В.— *Биофизика*, 1983, т. 28, № 3, с. 427; Варшавская О. А. и др.— Там же, с. 430.

<sup>3</sup> Harris W.— *Scient. Amer.*, 1977, № 6, p. 130.

цент холестерина далеко не всегда соответствует заболеванию, а образование камней возможно и при высоких значениях индекса (около 13). По-видимому, на способность к образованию камней влияет не только относительное содержание холестерина, но и возможность удержания его в мицеллах, иными словами, не только химический состав, но и физическое состояние желчи, а именно ее фазовый состав.

Действительно, фазовый состав патологически измененной желчи неоднороден. В ней содержатся области текстур, которые состоят из конфокальных доменов, характерных для жидкокристаллических фаз липидов, участки термотропной холестерической фазы эфиров холестерина, кристаллы холестерина и области исходного мицеллярного раствора, часто содержащие куски эпителия желчного пузыря и элементы разрушенных клеток. В областях холестерических эфиров холестерина и конфокальных структур липидов наблюдаются дислокации и дисклинации различных типов.

Изучение особенностей кристаллизации холестерина в желчи больных желчнокаменной болезнью показывает, что линейные дефекты принимают активное участие в формировании кристаллов. При склонности к образованию холестериновых камней кристаллизация холестерина при комнатной температуре происходит по дислокационному механизму, т. е. образуются ступенчатые кристаллы (рис. 4 в, г). Исходными дефектами, создающими ступени роста, могут служить дисклинации в холестерической фазе эфиров холестерина, а также винтовые дислокации в областях конфокальных доменов в ламеллярной жидкокристаллической фазе липидов. Изучение модельных систем показывает, что в жидкокристаллических эфирах холестерина ступенчатый (дислокационный) рост кристаллов происходит из конфокальной структуры (рис. 4 а). Отдельные кристаллы и их конгломераты, растущие по дислокационному механизму, достигают размеров 50—200 мкм и могут служить основой для формирования камней: из-за движения стенок желчного пузыря и изменения давления в нем возможно слипание имеющихся в желчном пузыре частиц. Особенность кристаллизации по дислокационному механизму заключается в том, что в этом случае для роста кристалла из раствора не требуется значительных локальных пересыщений по выпадающему компоненту — холестерину и рост может происходить при постоянной температуре

без переохлаждения раствора. Имеющиеся в патологически измененной желчи клеточные элементы не просто служат подложками, на которых облегчается рост кристаллов, — на них в первую очередь формируются жидкокристаллические структуры.

Наблюдаемые особенности свидетельствуют о взаимосвязи между фазовым составом, механизмами кристаллизации компонентов желчи и развитием патологического процесса.

### РОЛЬ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В РАЗВИТИИ АТЕРОСКЛЕРОЗА

Известно, что при атеросклерозе происходит накопление жидкокристаллических и аморфных липидов, холестерина и его эфиров в стенке аорты с образованием так называемых липидных бляшек. Атеросклероз характеризуется также изменением состава сыворотки крови: повышается уровень липопротеидов низкой плотности и триглицеридов, снижается относительный уровень липопротеидов высокой плотности, активно участвующих в захвате холестерина из мембран; изменяется жирнокислотный состав и температурный интервал существования жидкокристаллической фазы эфиров холестерина.

Изучение особенностей кристаллизации сыворотки *in vitro* показывает, что формирование структуры происходит через жидкокристаллическую стадию. Судить о наличии этой стадии можно по появлению в препаратах дефектных структур, типичных для жидких кристаллов. Кроме того, гидродинамика крови, включающая и гидродинамику липопротеидных комплексов, может иметь специфические особенности, аналогичные наблюдаемым в потоках жидкокристаллических фаз. В неравновесных условиях в жидких кристаллах возможно возникновение сингулярностей, интерпретируемых как результат взаимодействия линейных дефектов.

Атеросклеротические бляшки часто содержат жидкокристаллические липидные включения и холестерические капли термотропных эфиров холестерина. Как те, так и другие структуры включают типичные для жидких кристаллов линейные дефекты. Изучение фазового состава липидов внутренней стенки аорты показывает, что с возрастом увеличивается доля жидкокристаллических эфиров холестерина, тогда как относительное количество фосфолипидов снижается, и вся система

в целом из однородной жидкокристаллической становится трехфазной, т. е., кроме двух жидкокристаллических фаз (лиотропной липидной и термотропной эфиров холестерина), содержит также кристаллы моногидрата холестерина. До сих пор, однако, не известно, каким образом структурные особенности жидкокристаллических липидов и эфиров холестерина связаны с кристаллизацией холестерина и развитием атеросклероза, хотя можно предположить, что в области дефектов начинаются и более интенсивно происходят структурные преобразования.

### ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ, ДЕФЕКТЫ И КАНЦЕРОГЕНЕЗ

Предполагается, что дислокации и дисклинации причастны к изменениям в клеточных мембранах, происходящих при канцерогенезе — развитии злокачественных новообразований. Например, изменение проницаемости плазматических мембран митохондрий для иона  $\text{Ca}^{++}$  при канцерогенезе может быть связано с изменением плотности дисклинационных петель в мембранах. Нарушения непрерывности клеточных мембран и распределения мембранных рецепторов на поверхности раковой клетки, возможно, связаны с наличием линейных дефектов в структуре клеточной поверхности, поскольку в области дефектов распределение структурных единиц изменено.

Состояние и структура липидов оказывают сильное влияние на взаимное сцепление клеток в культурах бактерий и вирусов, а также в тканях. Сцепление осуществляется за счет адгезии их поверхности и межклеточных контактов. Поверхность нормальных клеток находится в жидкокристаллическом состоянии и характеризуется адгезионной способностью. В раковых клетках, возможно, происходит выход липидов из жидкокристаллического состояния — разжижение; адгезия клеток друг к другу уменьшается.

Межклеточные контакты представляют собой «мостики» — выросты плазматической мембраны, которые можно рассматривать как своеобразные «дефекты» бислоя липидов. В раковых клетках количество межклеточных контактов понижено по сравнению с нормальными. Указанные факторы — снижение адгезии и числа межклеточных контактов — обуславливают большие промежутки между опухольными клетками и возможность отрыва клеток друг от друга<sup>9</sup>.

Понимание механизмов развития болезней всегда влечет за собой поиски путей лечения. Одним из возможных путей воздействия на мембрану раковой клетки с использованием дислокационных эффектов является следующий. Установлено, что если молекула белка, встроенная в мембрану, окружена плотным слоем липидов, то изменение размеров белковой молекулы приводит к возникновению краевых дислокаций. Появление и движение дислокаций влечет за собой деформацию мембраны. Приостановить деформацию можно за счет торможения дислокаций атомами примесей. Если специально подобрать макромолекулы, которые можно ввести в центральную часть дислокации, то в результате закрепления линейного дефекта на «примеси» дальнейшее изменение структуры прекращается.

В порядке критической оценки вышесказанного необходимо отметить, что буквальное применение принципов жидкокристаллического упорядочения и концепций линейных дефектов в биологической среде вряд ли оправданно. Однако полностью исключить из рассмотрения тот факт, что в биологических структурах наблюдаются жидкокристаллические фазы со всеми присущими им особенностями, означало бы впасть в обратную крайность. Необходим разумный подход к определению роли подобных состояний в живом организме. Хорошо известные практические результаты, которые были получены благодаря развитию физики жидких кристаллов и дефектов, позволяют надеяться, что они окажутся весьма полезными для решения ряда практических задач биологии, медицины и биотехнологии.

<sup>6</sup> Ambrose E. J.— Symp. Farad. Soc., 1971, v. 5, p. 174  
Nabarro F., Harris W.— Nature, 1971, v. 232, p. 423.

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Инденбом В. Л., Никитенко В. И., Струнин Б. М. ТЕОРИЯ ДИСЛОКАЦИЙ И ДИСЛОКАЦИОННАЯ ФИЗИКА.— Природа, 1974, № 4, с. 74; № 6, с. 82.

Браун Г., Уолкен Дж. ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ. М.: Мир, 1982.

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

## Партоны и струи

Я. И. Азимов, Ю. Л. Докшицер, В. А. Хозе

Хорошо известно, что представление о кварках решило проблему многообразия адронов (к которым относятся хорошо известные всем протон, нейтрон,  $\pi$ -мезон и еще несколько сот других сильновзаимодействующих частиц) и позволило построить для них простую «периодическую систему». Об этом уже написано достаточно много популярных книг и статей. Достижения адронной физики, как теоретические, так и экспериментальные, систематически освещаются на страницах «Природы»<sup>1</sup>. Мы расскажем, как удается систематизировать характерные для сильных взаимодействий процессы множественного рождения адронов. Речь пойдет о так называемых адронных струях, порождаемых кварками и глюонами.

Что же такое «адронная струя»? Интуитивно ясно, что это есть некая совокупность адронов, летящих примерно в одном направлении. Однако это расплывчатое определение можно конкретизировать, призвав на помощь свойство струй, которое было замечено уже в первых экспериментах по регистрации сверхэнергичных соударений частиц, вызываемых космическими лучами. Речь идет о феномене ограниченности поперечных импульсов адронов в струе. Детальное изучение множественного рождения адронов, развернувшееся с вводом в строй протонных ускорителей с энергией в десятки ГэВ и выше, подтвердило первоначальное наблюдение: конечные адроны имеют, как правило, небольшие (порядка 300 МэВ) поперечные импульсы ( $p_{\perp}$ ) относительно оси соударе-

ния и «помнят» направление движения начальных частиц.

Этот эффект указывает на фундаментальное, но неожиданное свойство динамики адронов: «слабость» взаимодействия адронной материи на малых расстояниях. Действительно, если бы адронное вещество при соударениях образовывало, например, нечто вроде плотного сильно возбужденного сгустка, для разлетающихся вторичных частиц естественной была бы изотропная конфигурация (при этом средний поперечный импульс  $\langle p_{\perp} \rangle$  был бы порядка энергии соударения). Принципиально иная, струйная природа конечного состояния свидетельствует о том, что реально сильным (в соответствии с исторически сложившимся названием) сильное взаимодействие оказывается только на расстояниях порядка размера протона ( $r \approx 1$  ферми  $\equiv 10^{-13}$  см  $\approx \hbar / \langle p_{\perp} \rangle$ ).

Каким же образом описать структуру протона, в каких терминах вообще допустимо анализировать устройство адронов и характер сильного взаимодействия? Единственным рабочим инструментом для описания взаимодействующей материи на уровне микромира была и остается квантовая теория поля, которая исходит из представления о точечных частицах — квантах фундаментальных полей, взаимодействующих друг с другом по вполне определенным законам, предписываемым данной теорией. Такова, например, квантовая электродинамика (КЭД), описывающая локальное (в одной точке) взаимодействие квантовых электрон-позитронного и электромагнитного полей. Более привычно то же самое звучит на языке частиц — квантов этих полей. КЭД описывает взаимодействие электронов и позитронов с фотонами. Описание частицы, имеющей конечные размеры, должно быть сведено к взаимодействию каких-то локальных полей. Иными словами, такие частицы должны быть построены из точечноподобных фун-

<sup>1</sup> О кварках, глюонах, цвете, квантовой хромодинамике см., напр.: Окунь Л. Б. Новые мезоны.— Природа, 1976, № 8, с. 28; Волошин М. Б. Спектр чармония и взаимодействие кварков.— Природа, 1979, № 1, с. 54; Азимов Я. И., Хозе В. А. Тяжелые кварки и лептоны.— Природа, 1979, № 5, с. 9; Шехтер В. М. Кварки.— Природа, 1980, № 2, с. 53.



Яков Исаакович Азимов, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Ленинградского института ядерной физики им. Б. П. Константинова АН СССР. Научная деятельность связана с теоретической физикой элементарных частиц. Совместно с В. А. Хозе опубликовал в «Природе» статью: Тяжелые кварки и лептоны (1979, № 5).



Юрий Львович Докшицер, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник того же института. Область научных интересов — квантовая хромодинамика.



Валерий Анатольевич Хозе, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник того же института. Занимается исследованиями в области физики высоких энергий и теорией тяжелых частиц.

даментальных составляющих. Поэтому даже чисто прагматические надежды на построение динамической теории сильных взаимодействий связывались с поисками локальных полей — составляющих адронного вещества.

## ПАРТОНЫ

Результаты таких поисков, предпринятых в конце 60-х годов, превзошли все ожидания: внутри протона действительно были экспериментально обнаружены точечные квазисвободные заряженные частицы — их назвали партонами (от англ. part — часть). Партоны естественным образом напрашивались на то, чтобы именно их отождествили с дробнозаряженными

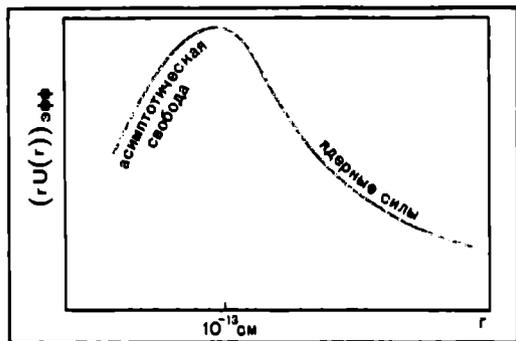
ми кварками, на основе которых была столь успешно построена систематика адронов.

«Препарировать» протон удалось с помощью уже известных локальных взаимодействий — электромагнитного и слабого, изучая рассеяние электронов, мюонов и нейтрино на нуклонах. Вспомним исторические  $\alpha$ -частицы из классического опыта Резерфорда, которые, проникая сквозь электронные оболочки атома, рассеивались на большие углы электромагнитным полем ядра, практически совпадающим с кулоновским полем точечного заряда.

Теперь, в новом «опыте Резерфорда», электронный «скальпель» наткнулся на точечные заряды внутри нуклона: сечение рассеяния с большой передачей импуль-

са  $q$  оказалось пропорциональным резерфордовскому. Это явление, получившее название «скейлинг Бьёркена», само по себе не могло обескуражить физиков-теоретиков: возможность такого асимптотического режима уже обсуждалась ранее. Удивительным было другое. Аналогия с рассеянием на атоме пошла много дальше: потревоженный протон столь же упорно, как и атом, не желал испытывать отдачу при рассеянии электрона как единый объект, «рассыпаясь» в множество адронов.

Такое поведение естественно для



Зависимость эффективности сильного взаимодействия  $(rU(r))_{\text{эфф}}$  от расстояния. Экспоненциальное затухание на расстояниях, больших характерного размера адронов (иными словами, конечное значение радиуса сильного взаимодействия), объясняется массивностью мезонов — переносчиков ядерных сил между нуклонами. Спад эффективного взаимодействия внутри адрона является отражением «асимптотической свободы» — уникального свойства ослабления взаимодействия между кварками на малых расстояниях.

рыхлого атома, где слабая связь электронов с ядром обеспечивается малым значением константы электромагнитного взаимодей-

действия  $\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} \approx 1/137$  (постоянной тонкой структуры). Отдача возбуждает атом или приводит к его распаду (ионизации). Протон ведет себя точно так же: при небольших передачах импульса ( $q$  порядка нескольких сотен МэВ) он переходит в возбужденные резонансные состояния, а затем, уже при  $q \approx 1$  ГэВ, разваливается. Доля упругого рассеяния (когда не происходит никаких превращений частиц) при этом ничтожно мала и продолжает быстро падать с ростом  $q$ .

Если бы точечные составляющие внутри протона были сильно связаны друг с другом, упругое рассеяние электрона на протоне было бы не мало. Если же точечных зарядов не было бы вовсе, то как упругое, так и неупругое сечения бы-

стро (по экспоненциальному закону) падали бы с ростом  $q$ , так как энергичный электрон проходит через частицу с непрерывным распределением заряда так же легко, как нож сквозь масло.

Приходится признать (что и было сделано феноменологической партонной моделью Фейнмана), что точечные партоны есть, но действительно практически не взаимодействуют друг с другом на малых пространственно-временных масштабах  $r \approx 1/q$ , характерных для рассеяния лептонов на адронах. Поэтому конкретный партон, воспринимающий удар, беспрепятственно покидает пределы протона, настолько сильно нарушая квантовомеханическую согласованность партонной конструкции исходного состояния, что невозбужденное (упругое) или слабо возбужденное (резонансное) конечные состояния становятся маловероятными: происходит глубоконеупругое рассеяние.

Итак, история опыта Резерфорда, явившегося в начале века трагедией для томсоновской модели атома, повторилась в 70-е годы, но воистину не без элемента фарса. Действительно, обнаружился точечные частицы — возможный фундамент теоретико-полевого описания сильных взаимодействий. Однако несомненно очевидным стало и то, что объяснить поведение партонов внутри адрона совсем не просто: во всех существовавших тогда вариантах теории сильного взаимодействия, построенных на основе квантовой теории поля, взаимодействие вело себя абсолютно «непартонно». При уменьшении расстояния между частицами вместо убывания оно росло, причем росло катастрофически. Более того, казалось, что такое поведение эффективной меры взаимодействия<sup>2</sup> (аналогичное обнаруженному в квантовой электродинамике Л. Д. Ландау, И. Я. Померанчуком и др.<sup>3</sup>) является чуть ли не общим для любых теоретико-полевых моделей элементарных частиц. Основания думать так были довольно серьезными: рост взаимодействия на малых расстояниях и, наоборот, ослабление его при увеличении расстояния между «зарядами»

<sup>2</sup> Мерой силы взаимодействия в квантовой теории поля являются так называемые «константы связи». Такие величины часто называют зарядами по аналогии с электродинамикой, где роль константы связи играет заряд электрона  $e$ .

<sup>3</sup> Ландау Л. Д., Померанчук И. Я. — Доклады АН СССР, 1955, т. 102, с. 489; Ландау Л. Д. — Квантовая теория поля. — В сб.: Нильс Бор и развитие физики. Ред. В. Паули, М., 1958, с. 75

естественно связывались с экранирующим влиянием среды (вакуума) в пространстве между частицами.

Ясно было, что если партоны, сильно взаимодействующие между собой на периферии протона и квазисвободные внутри него, и подчиняются некой квантовой теории поля, то это должна быть необычная теория полей нового типа.

Пока этот парадокс ждал своего разрешения, партонные представления набирали силу. Согласно партонной модели, глубоконеупругое рассеяние — это один из так называемых жестких процессов: он происходит настолько быстро, что налетающий лептон ( $e$ ,  $\mu$  или  $\nu$ ) успевает провзаимодействовать лишь с одним партоном, но зато сообщает ему такой резкий толчок, что вышибает его из нуклона. Выбитый партон и партонный остаток нуклонамишени начинают жить независимо друг от друга и, разлетаясь, порождают струи адронов. Так, партонная модель дала адронным струям права гражданства в физике жестких процессов, связав их появление с тонкими деталями внутреннего устройства самих адронов. Она же указала и другие жесткие процессы, в которых поддается проверке детальная структура адронной материи.

Теперь можно было начать организованную охоту за струями. Она оказалась не слишком простой, зато полутно удалось лучше понять свойства партонов. Возникла и выдержала экспериментальную проверку гипотеза, что партонами действительно являются легкие кварки трех видов (ароматов) —  $u$ ,  $d$  и  $s$  со спином  $1/2$  и специфическим квантовым числом, названным «цветом». Впрочем, еще в 1970 г. эксперимент заставил ввести в состав нуклона еще какие-то загадочные партоны, не участвующие ни в электромагнитном, ни в слабом взаимодействии. Их назвали глюонами (от англ. glue — клей), связав их появление с квантами полей, ответственных за «склеивание» кварков в адроне.

Строя догадки о природе глюонов, физики, естественно, пытались связать специфику кварк-глюонных взаимодействий с известными свойствами адронов. К 1973 г. стало ясно, что наилучшим образом это можно осуществить, если сделать глюоны, так же как и кварки, «цветными».

Представление о новом квантовом числе — «цвете» — возникло еще на заре кварковой модели и надежно утвердилось благодаря жестким процессам. С их помощью удалось экспериментально проверить фундаментальную гипотезу, что кварк

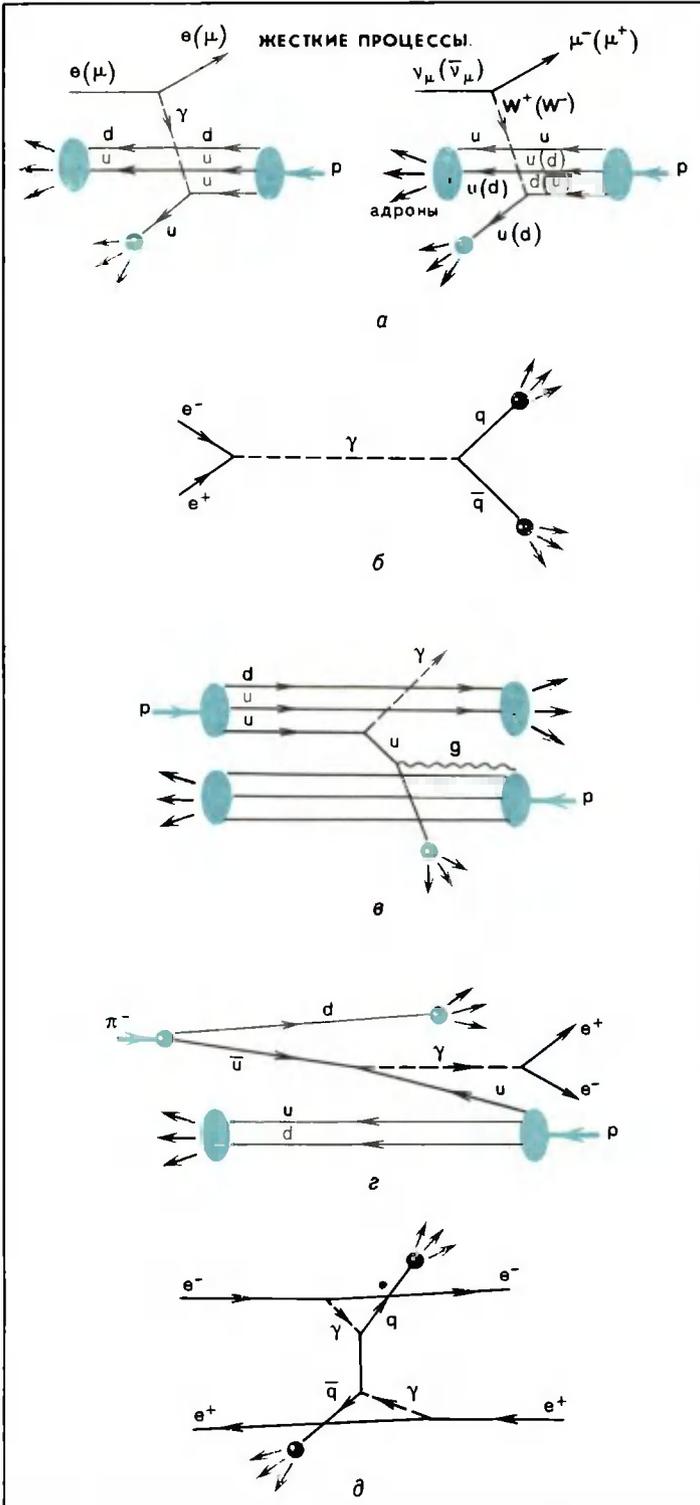
каждого аромата может находиться в трех цветовых состояниях. В то же время все реально наблюдаемые адроны было предположено считать бесцветными (белыми): смесь красного, синего и желтого кварков — белым барионом, а смесь кварка и антикварка (с соответствующим «антицветом») — белым мезоном.

Сам же по себе цветной кварк как свободная физическая частица не существует. Он находится «в плену» у адронов, «не вылетает»<sup>4</sup>. Так интригующая загадка «невыветания кварков» была переформулирована как «невыветание цвета». Идея эта оказалась чрезвычайно плодотворной. С одной стороны, безмассовые векторные частицы — глюоны — могли бы служить, аналогично фотонам, переносчиками дальнедействующих сил, удерживающих кварки внутри протона; с другой, сделав глюоны, как и кварки, цветными, т. е. «невыветанными», удалось бы избежать в белом адронном мире дальнедействия, появление которого противоречит конечному значению радиуса сильных взаимодействий.

## КВАНТОВАЯ ХРОМОДИНАМИКА

Решающий шаг был сделан в 1973 г., когда вместо механического утробения кварков цвету были предложены более серьезные функции — составить основу кварк-глюонного взаимодействия. Эвристический принцип симметрии по отношению к независимому «перекрашиванию» кварков в разных точках пространства однозначно фиксирует структуру взаимодействия между кварками и глюонами. Так возникает квантовая хромодинамика (КХД) — та самая теория поля нового типа, которой так не хватало все долгие пять лет после открытия партонов. Взаимодействие, которое переносят глюоны, при уменьшении расстояния между частицами не растет, а ослабевает. Такое необычное поведение, свойственное так называемым калибровочным полям типа Янга — Миллса, представителями которых являются глюонные поля КХД, получило название «асимптотической свободы». Именно явление асимптотической свободы позволило объяснить феномен скейлинга Бьёркена — тот загадочный с точки зрения старой квантовой теории

<sup>4</sup> Для этого явления в научной литературе чаще всего употребляется термин «конфайнмент» (от англ. confinement — тюрьма, пленение). Можно, правда, встретить и такие термины, как «удержание», «запирание» и т. д., вплоть до эмоционально насыщенного термина «инфракрасная тюрьма».



Глубоконеупругое рассеяние лептонов на протоне [а]. Рассеяние происходит настолько быстро, что налетающий лептон успевает взаимодействовать лишь с одним партоном [u- или d-кварком, входящим в состав протона p], но зато сообщает ему такой резкий толчок, что вышибает партон из нуклона. Энергичный партон, предоставленный сам себе, должен породить довольно четкую струю адронов.

Аннигиляция электрон-позитронной пары в адроны [б]. Здесь оптимальным образом утилизируется энергия: она распределяется поровну между двумя партонами q и  $\bar{q}$ , в то время как в других процессах часть энергии неизбежно уносится партонами, не участвующими в жестком взаимодействии (партонами-спектаторами). Кроме того, с помощью процесса  $e^+e^-$ -аннигиляции, где в начальном состоянии отсутствуют адроны, наиболее надежно проверяются предсказания КХД. Наконец, в таких процессах реализуются наилучшие экспериментальные возможности для визуализации кварковых и глюонных струй. Именно встречным электронным пучкам мы обязаны первоначальной информацией о том, что силы, удерживающие кварки в адронах, не препятствуют им «вылетать» в образе струй.

Столкновение двух протонов с образованием фотона ( $\gamma$ ) с большим поперечным [по отношению к оси столкновения] импульсом [в]. Кварк u, входящий в состав одного из протонов, излучает  $\gamma$ -квант, взаимодействует с глюоном g из состава второго протона и порождает струю адронов.

Рождение в мезон-нуклонном взаимодействии [ $\pi^-p$ ] лептонной пары [ $e^+e^-$ ] с большой энергией в системе их центра инерции — процесс Дрелла — Яна [г]. Такие процессы предоставляют уникальные возможности для «приготовления» струй с фиксированным ароматом. Здесь доминирующим механизмом жесткого взаимодействия является аннигиляция  $\bar{d}$ -кварка из состава мезона с u-кварком протона. Фиксируя факт аннигиляции, удалось измерить средний заряд струи d-кварка [кварка-спектатора].

Образование кварковых струй в двухфотонных процессах [д]. Электрон рассеивается на позитроне, испуская два виртуальных фотона, из которых образуется кварк-антикварковая пара. Она-то и служит источником двух кварковых струй с достаточно большими поперечными импульсами. Такие струи четко видны в экспериментах.

поля факт, что кварки-партоны на малых расстояниях внутри протона практически не взаимодействуют друг с другом.

КХД сразу же щедро авансировала надежды на объяснение чуть ли не всех загадок сильного взаимодействия. Действительно, объединив успехи составной кварковой модели и партонной модели, КХД пролила свет на многочисленные эмпирически установленные правила, которым подчиняются адронные реакции, объяснила ряд тонких проблем старой теории сильных взаимодействий. И главное, оборотной стороной асимптотической свободы оказался катастрофический рост цветового взаимодействия на больших расстояниях. Это дало основание предполагать, что КХД действительно не допускает изолированного существования цветных объектов, т. е. содержит в себе невылетание кварков и глюонов.

В своей сегодняшней еще незавершенной форме КХД позволила практикующим физикам-теоретикам сделать предметом количественного анализа богатую физику жестких процессов. Как уже говорилось, эти процессы выделены тем, что основные события в них развиваются на пространственно-временных масштабах, много меньших размера адрона, где применим простой и наглядный язык кварков и глюонов. Более того, благодаря асимптотической свободе взаимодействие между ними, как и в квантовой электродинамике, можно учитывать, опираясь на старую добрую теорию возмущений, но только по хромодинамической «постоянной тонкой структуры»  $\alpha_s$  (например, на расстояниях порядка  $0,1$  ферми  $\alpha_s \approx 0,2$ ).

С развитием теории и эксперимента хромодинамика на этом пути быстро находила все новые и новые подтверждения. Все это было, однако, лишь косвенные указания на правомочность КХД, на реальность ее фундаментальных объектов — образно говоря, свидетельства очевидцев.

Чтобы окончательно получить в глазах общественного мнения мандат на «объективную реальность», кварки и глюоны должны были непосредственно проявить себя в дорогостоящих «ощущениях» физиков-экспериментаторов.

Эту задачу выполнили струи.

### КАК ВЫЛЕТАЕТ НЕВЫЛЕТАЮЩИЙ ПАРТОН?

Исследования все более глубоких структурных уровней материи не раз ставили перед экспериментаторами задачу «увидеть невидимое». Новый этап изучения

микромира потребовал переосмысления этой проблемы, поставив задачу увидеть «принципиально невидимое», визуализировать кварки и глюоны, которые не существуют «сами по себе» как индивидуальные объекты.

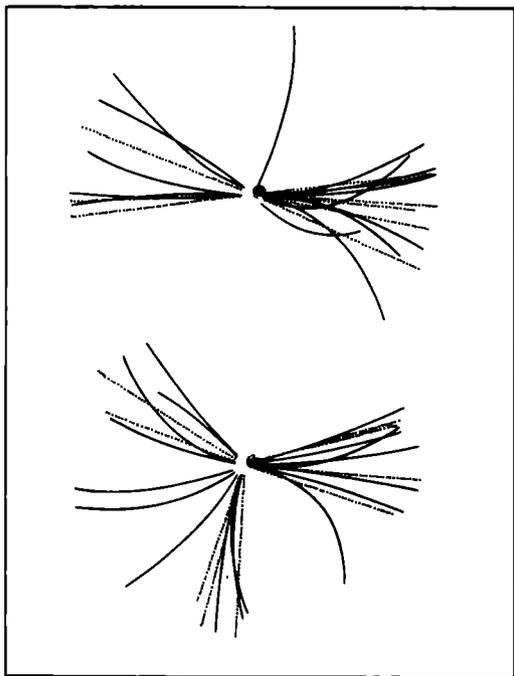
Вспомним, однако, как вообще наблюдаются обычные элементарные частицы. Еще в начале века для этого были изобретены два прибора: спинтарископ Крукса, в котором удары  $\alpha$ -частиц об экран вызывают вспышки света, и камера Вильсона, где вдоль траектории заряженной частицы конденсируются капельки тумана. Все современные детекторы частиц фактически являются их наследниками. Это либо счетчики (электронные, полупроводниковые и т. д.), отмечающие факт прохождения частицы, либо так называемые трековые камеры (пузырьковые, искровые, эмульсионные и пр.), делающие видимой траекторию (трек) частицы.

Совершенно очевидно, что и вспышка в счетчике, и трек в камере это вовсе не проявление исходной частицы самой по себе, а результат ее взаимодействия с веществом, при котором образуется большое число электронов и ионов. Взаимодействие со средой, конечно, искажает движение элементарной частицы. Однако это искажение, например «дрожание» трека в поперечной плоскости, масштаб которого определяется энергией ионизации вещества, пренебрежимо мало для энергичной частицы, так что можно говорить, что мы наблюдаем «кинограмму» движения самой элементарной частицы.

В этом плане аналогом трека для цветного партона (кварка или глюона), вылетающего из области жесткого взаимодействия, его следом, оказывается многочастичный сгусток быстрых адронов с ограниченными поперечными импульсами — адронная струя. Струя — не только способ визуализации, но и форма существования «свободного» кварка или глюона. Образование адронов в струе — процесс универсальный: роль среды, заполняющей трековую камеру, играет здесь сам вакуум КХД.

В квантовой теории поля вакуум представляет собой сложно организованную среду, наполненную квантовыми флуктуациями соответствующих полей. Так, в электродинамическом вакууме виртуально рождаются и затем исчезают электрон-позитронные пары и фотоны. Структура вакуума КХД значительно сложнее. Кроме мелкомасштабных флуктуаций, влияние которых на физические процессы сравнительно

но легко прослеживается благодаря асимптотической свободе, принципиальную роль здесь играют длинноволновые флуктуации глюонных полей. Глюонные вакуумные флуктуации с характерным размером порядка 1 ферми отвечают реально сильному взаимодействию и могут иметь весьма сложную пространственную и цветовую структуру. Они ответственны за невылетание кварков, адронные массы и многие другие важнейшие свойства адронов и их взаимодействий. Именно эти флуктуации играют роль «вещества», с которым взаимо-



Вид типичного двухструйного события в  $e^+e^-$ -аннигиляции при энергии столкновения  $W=30$  ГэВ — Вверху. Заряженным частицам соответствуют сплошные линии, нейтральным — линиям из точек. Внизу — трехструйное событие при  $W=31$  ГэВ. [Результаты группы PLUTO, полученные на установке PETRA в Гамбурге].

действует энергичный партон. Средний поперечный импульс образующихся при этом адронов соответствует как раз масштабу вакуумных флуктуаций:  $\langle p_{\perp} \rangle \approx 300$  МэВ  $\approx \approx 1$  ферми $^{-1}$ .

Таким образом, кварковую или глюонную струю, т. е. струю адронов, порожденную кварком ( $q$ ) или глюоном ( $g$ ), можно отождествлять с самим кварком (глюоном) — в полной аналогии с тем,

как цепочку капелек в камере Вильсона называют траекторией элементарной частицы.

Экспериментально доказать существование струи — это значит не только «увидеть» кварк. Четкая классификация адронов по принадлежности к разным струям позволила бы непосредственно исследовать динамику партонов. Более того, на таком пути можно не только проверить предсказания КХД, относящиеся к малым расстояниям, но и получить уникальную информацию о непонятом пока механизме невылетания кварков: тождество «партон=струя» свидетельствует о том, что образование адронов в струях не нарушает кинематику элементарных процессов взаимодействия партонов.

Перечислим основные вехи в реализации этой программы.

В отличие от других фундаментальных открытий в физике частиц, экспериментаторы были не просто морально подготовлены к обнаружению феномена адронных струй: заранее были разработаны различные процедуры обработки данных, создающие наиболее благоприятные условия для выделения струй. Поэтому неудивительно, что уже в 1975 г. по результатам анализа  $e^+e^-$ -аннигиляции в адроны при энергии столкновения пучков  $W \approx 7$  ГэВ на установке SPEAR (Станфорд, США) было объявлено об открытии кварковых струй, хотя реально они еще сильно перекрывались друг с другом и проявлялись лишь косвенно. В дальнейшем, с увеличением энергии аннигиляции, струи окончательно оформились и стали видны «невооруженным глазом».

Как и ожидалось, средний угол развора струи уменьшается с ростом ее энергии, т. е. частицы все сильнее группируются вокруг направления разлета  $q$  и  $\bar{q}$ . При энергии струи  $W/2=18$  ГэВ составляющие ее адроны занимают лишь около 2% полного телесного угла!

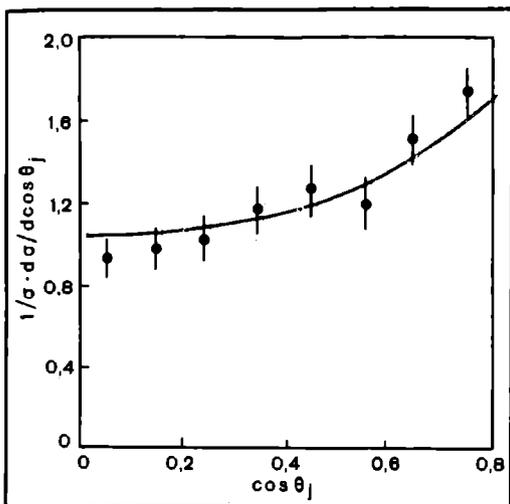
Удалось показать, что кварк, как и мюон, — точечная частица (по крайней мере, вплоть до расстояний порядка  $10^{-16}$  см). Это следовало как из наблюдаемого постоянства отношений полных сечений аннигиляции  $e^+e^-$  в кварки и мюоны  $\sigma(e^+e^- \rightarrow q\bar{q})/\sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)$ , так из скейлинга в глубоконеупругом рассеянии.

Уже первые опыты позволили измерить распределение струй по углу  $\theta_j$  между направлением их разлета и осью сталкивающихся пучков. Оказалось, что оно описывается выражением  $d\sigma/d\cos\theta_j \sim (1 + \cos^2\theta_j)$  (как и должно быть в случае анни-

гиляции с образованием пары фермионов), которое хорошо известно из опытов по проверке квантовой электродинамики в реакции  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ .

Исторически это был первый эксперимент, непосредственно доказавший существование кварка как точечного объекта со спином  $1/2$ . Дальнейшие опыты на установке PETRA (Гамбург, ФРГ) окончательно подтвердили это утверждение.

Экспериментальное наблюдение глюона датируется 1979 г. Первые косвенные проявления глюонных струй были связаны



Угловое распределение оси струй относительно направления столкновения  $e^+e^-$  пучков, измеренное группой TASSO на установке PETRA [энергия столкновения  $W \approx 35$  ГэВ]. Сплошная линия описывает зависимость  $1 + \cos^2 \theta_j$ .

с изучением прямых распадов  $\Upsilon$ -мезона в адроны. Согласно КХД, такие распады должны иметь трехструйную природу — по числу глюонов, образующихся при аннигиляции пары прелестных кварков, составляющих  $\Upsilon$ -мезон. Спустя несколько месяцев появились и более убедительные свидетельства: было обнаружено излучение тормозного глюона кварком  $q$  в процессе  $e^+e^- \rightarrow q\bar{q}g$ . О дополнительных адронах, порожденных тормозным глюоном, судили по азимутально асимметричному утолщению одной из кварковых струй. В дальнейшем с ростом энергии и набором статистики удалось «отщепить» глюон от основной струи и измерить распределения по энергии и углу вылета глюонной струи. Измерения полностью оправдали ожидания: новая струя вела себя подобно

тормозному фотону в реакции  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-\gamma$ , т. е. именно так, как положено векторной частице (со спином 1).

Измерение доли трехструйных событий позволило определить  $\alpha_s$  — «бегущую» константу КХД; ее значение оказалось в согласии с тем, что предсказывала ранее спектроскопия тяжелых кварконов — мезонов из семейств  $J/\psi$  и  $\Upsilon$ .

Вскоре после открытия глюона были зарегистрированы и четырехструйные события, которые отвечают в основном двукратному излучению глюонов и появляются с предсказываемой КХД частотой  $(\alpha_s/\pi)^2 \sim 1\%$ .

## АРОМАТЫ КВАРКОВЫХ СТРУЙ

Исключительный интерес представляет вопрос об «ароматических» свойствах кварковых струй: об электрическом и барионном зарядах, странности струи как целого и т. д. Например, сохраняет ли струя, состоящая из целозаряженных адронов, память о дробном заряде кварка-родителя? Реализуется ли на опыте идея Фейнмана о том, что хранителями «генетической» информации об аромате партонородителя являются быстрые адроны в струе? Ответы на эти вопросы проливают свет на такие проблемы, решение которых современной теории «не по зубам». Например, каковы механизмы «отбеливания» струй и превращения партонов в адроны.

Опыты по измерению корреляций между быстрыми частицами из разных струй надежно подтвердили тот факт, что две частицы-лидеры — прямые потомки разнозаряженных кварков  $q$  и  $\bar{q}$ , рожденных в  $e^+e^-$ -аннигиляции, также наделены разноименными зарядами. На очереди подобные эксперименты по измерению корреляций странности, очарования и т. п. в струях.

Однако  $e^+e^-$ -аннигиляция — не самый удобный процесс для изучения стойкости кварковых ароматов. Дело в том, что здесь образуются кварки разных типов: с равными вероятностями рождаются кварки  $u$  и  $s$  с зарядом  $e=2/3$ ; реже, но тоже равновероятно, образуются при достаточно больших энергиях кварки  $d$ ,  $s$  и  $b$  ( $e=-1/3$ ). Кроме того, по крайней мере для легких кварков  $u$ ,  $d$ ,  $s$  очень непросто отличить кварковую струю от струи, порожденной антикварком.

Наилучшим полигоном для исследования свойств струи, связанной с кварком данного аромата, является глубоконеупругое рассеяние нейтрино (антинейтрино)

на нуклоне. В этом случае заряженный  $W$ -бозон (переносчик слабого взаимодействия) может поглотиться лишь кварком  $d$  (или  $u$ ) внутри нуклона-мишени, переводя его в  $u$  ( $d$ ), который «распадается» затем в струю адронов. Несмотря на то что увидеть струю здесь значительно сложнее, чем в  $e^+e^-$ -аннигиляции (в глубоконеупругом рассеянии, а также в процессах взаимодействия адронов надежно это удалось сделать лишь совсем недавно), тем не менее адроны от выбитого кварка удаётся отделить от продуктов развала мишени и проанализировать. В частности, в пузырьковых камерах проводятся измерения средних (по событиям) зарядов  $\langle Q \rangle_u$  и  $\langle Q \rangle_d$  быстрых адронов в струях, образующихся при взаимодействиях нейтрино (антинейтрино) с нуклонами. Обработка данных действительно свидетельствует о том, что эти адроны порождаются именно дробнозаряженными кварками  $d$  и  $u$ . Практически свободна от процедурных неоднозначностей разность  $\langle Q \rangle_u - \langle Q \rangle_d = e_u - e_d$ , экспериментальное значение которой оказывается весьма близким к  $2/3 - (-1/3) = 1$ .

Средний суммарный заряд кварковой струи измерялся и в процессах глубоконеупругого рассеяния. Он оказался близким к заряду  $u$ -кварка, который выступает здесь в качестве источника струи, грубо говоря, в 8 раз чаще, чем  $d$ -кварк; в состав протона входят два  $u$ -кварка и один  $d$ -кварк, соответственно  $e_u^2/e_d^2 = 4$ .

По этой причине именно струя положительно заряженного  $u$ -кварка должна преимущественно компенсировать большой поперечный импульс фотона, образующегося в столкновении протона с антипротоном. На опыте действительно был обнаружен существенный избыток положительно заряженных лидирующих адронов  $h^+$  над  $h^-$  в обратной фотону струе. Интересно, что если регистрировать не фотон, а другую нейтральную частицу —  $\pi^0$ -мезон, отношение  $h^+/h^-$  приближается к единице, как и должно быть; выделенность  $u$ -кварка по заряду здесь отсутствует.

Уникальные возможности для приготовления струй с фиксированным ароматом предоставляет рассеяние мезонов на нуклонах. Например, доминирующий механизм жесткого взаимодействия протона с  $\pi^-$ - или  $K^-$ -мезонами — аннигиляция  $u$ -кварка из состава мезона ( $\pi^- = \bar{u}d$ ,  $K^- = \bar{u}s$ ) с  $u$ -кварком протона ( $p = uud$ ). Фиксируя факт аннигиляции по образованию массивной лептонной пары, удалось измерить средний заряд струи кварка, который не участвовал в жестком взаимодей-

ствии (кварка-спектатора). Результат с хорошей точностью совпал с ожидаемым:  $e_d = -1/3$ .

Существенный прогресс в изучении кварковых струй достигнут сейчас в процессах рождения адронов с большими поперечными импульсами  $p_\perp$  в адрон-адронных соударениях. Особенно перспективны с точки зрения физики струй эксперименты на  $p\bar{p}$ -коллайдере в ЦЕРНе — самом мощном в настоящее время ускорителе на встречных пучках (энергия столкновения  $W = 540$  ГэВ). Именно от процессов с большими  $p_\perp$  физики ждут новой информации о том, как рассеиваются партоны разных сортов друг на друге, как происходит их переход в адроны.

Наконец, еще одним источником кварковых струй стали недавно  $\gamma\gamma$ -столкновения, которые изучаются в реакции  $e^+e^- \rightarrow \gamma e^+e^- + \text{адроны}$ , где эффективные потоки фотонов весьма велики. Здесь струи четко видны на опыте. Эксперимент подтвердил, что рождение двух кварковых струй с достаточно большими  $p_\perp$  (относительно направления столкновения фотонов) описывается в точности теми же формулами, что и образование мюонной пары в той же геометрии опыта. Более того, отношение сечений образования кварков и мюонов совпало с ожидаемым  $R_{\gamma\gamma} = 3 \sum_q e_q^4 = 3 \cdot 34/27$

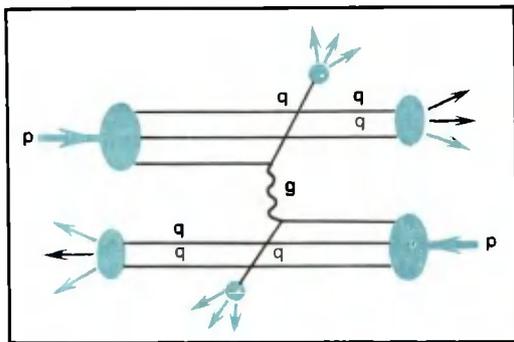
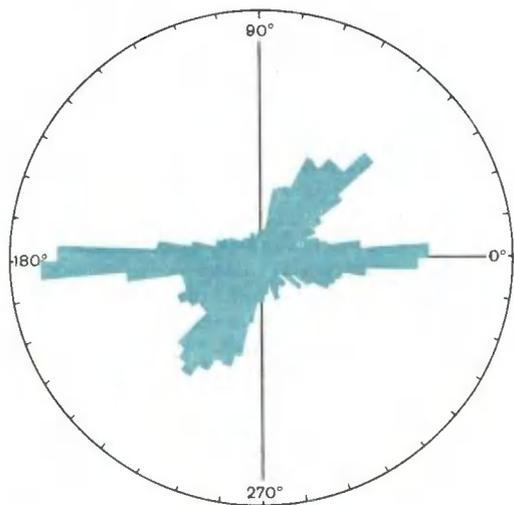
(для цветных  $u$ -,  $d$ -,  $s$ -,  $c$ -кварков). Эти факты еще раз подтвердили представления о том, что кварки действительно являются цветными дробнозаряженными точечными объектами с полуцелым спином.

Итак, наступление на адронные струи ведется широким фронтом, захватывающим самые разные жесткие процессы. Подведем предварительные итоги.

Прежде всего оказалось, что соответствие кварк  $\rightarrow$  струя имеет универсальный характер. Это значит, что распределение адронов в струе по импульсам, их набор (соотношения между  $l$ ,  $K$ ,  $p$ ,  $\bar{p}$  и т. д.) не зависят от того, в какой конкретно реакции образуется кварк данного аромата — пародитель исследуемой струи.

Во-вторых, и кварковые, и глюонные струи полностью оправдали возлагавшиеся надежды на то, что они могут служить микроскопом, позволяющим «разглядеть» структуру внутриадронного взаимодействия. Соответствие между энергией и направлением движения струи как целого и импульсом партона, которое практически не портится силами, ответственными за невылетание партонов, позволило проверить КХД на малых расстояниях.

Наконец, не только кинематические характеристики (импульсы и углы вылета), но и аромат партона проявляют известную стойкость по отношению к трансформации в адроны. Так, дробный заряд кварка «запоминается» быстрыми адронами в струе как среднее (по событиям) от их суммарного электрического заряда. Это значит, что деликатную задачу компенсации дробных квантовых чисел кварка (а также, по-видимому, и цвета партона) берут на себя «мягкие» адроны, т. е. адроны, кото-



Распределение потока импульса в столкновении двух протонов при энергии  $W=62$  ГэВ (схема процесса дана на рисунке в низу). Видна четкая кластеризация адронов в четыре струи. Две из них порождены двумя жестко столкнувшимися кварками [q], а две другие [вылетающие в направлении движения сталкивающихся протонов] — кварками-спектаторами. Эксперимент выполнен на установке ISR (ЦЕРН, Женева). Именно от процессов, в которых рождаются адроны с большими  $p_{\perp}$ , физики ждут новой информации о том, как распадаются партоны разных сортов друг на друга, как происходит их превращение в адроны.

рые обладают небольшими энергиями (в системе отсчета, связанной с жестким взаимодействием) и не принадлежат, по сути дела, ни одной из струй.

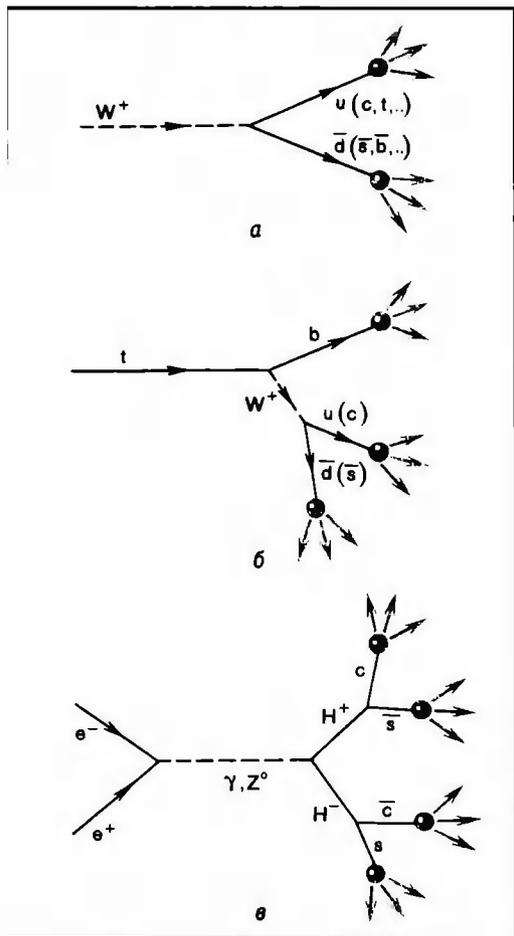
## СТРУИ КАК РАБОЧИЙ ИНСТРУМЕНТ

Адронные струи — не только объект интенсивного изучения, но и надежный рабочий инструмент в руках физиков-экспериментаторов. Факт их обнаружения (или необнаружения) в той или иной геометрии опыта позволяет сформулировать критерии отбора при разделении вкладов различных жестких механизмов реакций. Это особенно существенно при постановке опытов по наблюдению  $W$ - и  $Z^0$ -бозонов, поиску новых тяжелых объектов — хиггсовских бозонов  $H$ , шестого по счету кварка  $t$  и т. д. Адронные распады этих частиц должны сопровождаться формированием струй с заданными свойствами. Так, именно анализ событий с адронными струями вполне определенных свойств сыграл немаловажную роль в успешном завершении первых опытов по обнаружению долгожданного промежуточного бозона  $W$ . В качестве другого примера можно привести охоту за скалярными (со спином, равным 0) объектами типа хиггсовских бозонов  $H$ , причастными, как полагают, ко многим тайнам современной физики. Поскольку при адронных распадах заряженный бозон  $H^{\pm}$  должен переходить в пару кварков (при массе  $m_H < 25$  ГэВ  $H^+ \rightarrow cs$ ), то реакция  $e^+e^- \rightarrow H^+H^-$  должна сопровождаться образованием четырех кварковых струй с весьма характерными свойствами. Тот факт, что при современных энергиях  $e^+e^-$ -аннигиляции такие адронные конфигурации не найдены, позволяет совместно с другими измерениями установить границу на массу хиггсовского бозона:  $m_H > 15$  ГэВ.

Одним из наиболее интригующих сейчас является поиск  $t$ -кварков, в частности, в распаде  $W^+ \rightarrow t\bar{b}$ , который предполагается зарегистрировать по энергичной адронной струе, порожденной кварком  $b$ , и струям от полулептонных ( $t \rightarrow be^+ \nu_e$ ) или адронных ( $t \rightarrow bu\bar{d}, \dots$ ) распадов  $t$ -кварка.

Еще одно важное практическое применение струй связано с программой «меченых кварков». Вспомним опять аналогию с камерой Вильсона. Частицы разных сортов создают в ней треки, которые различаются, вообще говоря, по размеру капелек, по их числу на единицу длины трека и т. п. Поэтому уже по виду трека можно в ряде случаев установить, какая

именно частица пролетела. Так же и в нашем случае — по характеру струи можно, в принципе, определить тип партонородителя: Это представляет собой задачу первостепенного значения. Например, чрезвычайно важно научиться идентифицировать струю, порождаемую глюоном, с тем чтобы изучить специфику диссоциации глюона в адроны. При высоких энергиях среднее значение поперечного импульса и число частиц в глюонной струе должно быть, согласно КХД, выше, чем в кварковой



Адронные струи от распадов  $W$ -бозона (а),  $t$ -кварка (б) и от  $e^+e^-$ -аннигиляции в гипотетические хиггсовские бозоны  $H^+$  и  $H^-$  (в). Если виртуальный  $W$ -бозон в распаде  $t$ -кварка превращается в лептонную пару (например,  $e^+\nu_e$ ), то образуется лишь одна струя — от кварка  $b$ .

струе. Необычным может оказаться и состав адронов. Во-первых, глюонная струя — естественное место для поиска «глюониев» — мезонов нового типа, состоящих из одних глюонов (помимо комбинаций кварков  $q\bar{q}$  и  $qqq$ , бесцветными могут быть и комбинации глюонов  $gg$ ,  $ggg$  и т. д.). Само существование таких мезонов пока не доказано, хотя кандидаты в глюонии уже имеются.

Пока мы умеем надежно идентифицировать только струи, порождаемые тяжелыми кварками ( $c$  или  $b$ ). Встает вопрос: почему именно тяжелыми кварками? Как уже говорилось, в  $e^+e^-$ -аннигиляции одинаково часто рождается пара легких ( $u\bar{u}$ ) и тяжелых ( $c\bar{c}$ ) кварков (естественно, при  $W > 2M_c$ ). Исходная пара не остается долго в одиночестве. Сначала на малых расстояниях за счет тормозных процессов, а затем при сильном взаимодействии с вакуумными флуктуациями образуется множество вторичных кварк-антикварковых пар, рекомбинирующих (вместе с родительской парой) в конечные адроны. Эти дополнительные кварки в большинстве своем легкие: встретить среди них пару  $c\bar{c}$  — событие чрезвычайно редкое, не говоря уже о паре  $b\bar{b}$ . Поэтому присутствие в струе быстрого очарованного или прелестного адрона, содержащего в своем составе один тяжелый кварк  $Q$ , надежно свидетельствует о том, что вся струя образовалась именно из кварка  $Q$ .

Зарегистрировать тяжелый адрон сравнительно несложно. Дело в том, что тяжелый кварк, а тем самым и адрон, его несущий, — мезон  $Q\bar{q}$  или барион  $Qqq$  — оказывается ярко выраженным лидером: ему достается львиная доля энергии струи (около 70 % в случае  $c$ -кварка и около 85 % в случае  $b$ -кварка). Идентифицировать тяжелый адрон можно по специфическим модам его распада. В частности, в одном случае из пяти в результате распада кварка в струе появляется энергичный лептон (электрон или мюон), который «метит» струю, образованную тяжелым кварком  $Q$ . По знаку заряда лептона можно отличить

$Q$  от  $\bar{Q}$ . Это обстоятельство позволяет использовать меченые струи для изучения слабых взаимодействий тяжелых кварков.

Завершая рассказ об истории открытия и изучения адронных струй, сформулируем основной вывод. Благодаря струям, описание жестких процессов с участием адронов свелось, по сути дела, к простой

и наглядной картине типа квантовой электродинамики с небольшим числом объектов в основе любого процесса (в случае КЭД это электроны и фотоны, а в адронных взаимодействиях — струи). При высоких энергиях множество адронов (до нескольких десятков в одном событии) разбивается на несколько струй (их минимальное число зависит от конкретного жесткого процесса). Кроме минимального числа струй (например, двух кварковых струй в  $e^+e^-$ -аннигиляции), можно наблюдать также и дополнительные струи, связанные с глюонами от тормозного излучения с относительной вероятностью порядка  $\alpha_s / \pi$  на каждую дополнительную струю. Важно, что конфигурация струй, как основных, так и дополнительных, контролируется КХД и может описываться в рамках теории возмущений. В то же время физика невылетающих цветных объектов остается запертой в устройстве самих струй, в деталях распределения адронов внутри них.

### ВНУТРЕННЯЯ СТРУКТУРА СТРУЙ

Впрочем, это не означает, что про внутреннюю структуру струй КХД сегодня не может сказать ничего или почти ничего. Напротив, теоретическое изучение множественных партонных процессов показало, что они играют чрезвычайно важную роль в жизни струй: тормозное излучение глюонов обеспечивает благоприятные условия для мягкого обесцвечивания каждой струи и последующего перехода ее в адроны. Более того, эти же тормозные процессы приводят, как было установлено совсем недавно, к весьма необычной картине распределения по энергиям адронов внутри струи.

Законен вопрос: о каком множественном тормозном излучении может идти речь, если уже одна дополнительная глюонная струя видна, грубо говоря, лишь в одном событии из десяти? Ответ, как это нередко случается, содержится в самом вопросе: действительно, хорошо различимая глюонная струя, скажем в  $e^+e^-$ -аннигиляции, встречается довольно редко, но это объясняется исключительно экспериментальными трудностями разделения нескольких струй. Ведь чтобы дополнительная струя была отчетливо видна, глюон должен лететь под большим углом к основной (кварковой) струе и быть достаточно энергичным (напомним, что струи вообще начинают вырисовываться лишь при энергии партона, превышающей 3—4 ГэВ). В то же время глюоны как раз

предпочитают «поджиматься» к направлению партона-родителя и нести относительно маленькую энергию, подобно  $\gamma$ -квантам, образованным быстрой заряженной частицей. В результате наблюдаемая струя порождается целой системой партонов. С ростом энергии аннигиляции  $W$  число партонов (в основном глюонов) в каждой из двух струй нарастает. Развивается партонный каскад, структура которого может быть описана в рамках теории возмущений КХД.

Какова дальнейшая судьба этих вторичных глюонов и образуемых ими кварк-антикварковых пар? Будучи ультрарелятивистскими, эти партоны за время своего виртуального «асимптотически свободного» существования успевают разлететься в пространстве настолько далеко один от другого, что должны превращаться в адроны практически независимо, порождая множество адронных «струек», движущихся почти в том же направлении, что и исходный кварк-прародитель.

Таким образом, каждая из двух групп адронов (кварковых струй) в  $e^+e^-$ -аннигиляции приобретает за счет тормозных процессов сложную внутреннюю структуру, превращается в «сверхструю», состоящую из большого числа отдельных (но экспериментально неотделимых!) подструй. Как было проверено экспериментально, с увеличением  $W$  множественность адронов действительно растет подобно партонной. Растут и их средние  $\langle p \rangle$  — струя «разбухает».

Как распределены партоны (а следовательно, и адроны) в струе по энергиям? При современных энергиях  $e^+e^-$ -аннигиляции легкий кварк тратит в среднем до 50 % своей начальной энергии на излучение тормозных глюонов и 10 % на рождение  $q\bar{q}$ -пар. Эти партоны сосредоточены, в основном, в области небольших значений  $x = \frac{2E}{W}$  ( $E$  — энергия партона).

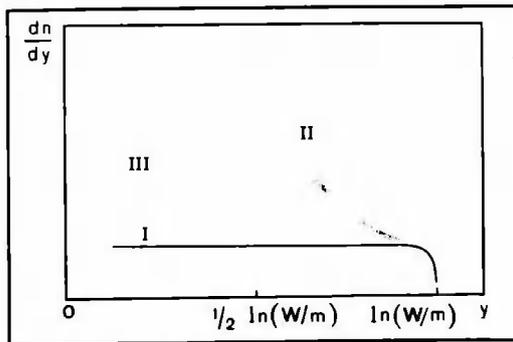
Долгое время считалось (и подтверждалось конкретными вычислениями), что рост плотности числа партонов  $n$  связан с самыми мягкими частицами, т. е.

$$n = x \frac{dn}{dx}$$
 монотонно растет в сторону малых

$x$ . Этот вывод не подвергался сомнению: казалось естественным, что чем меньше энергия партона, тем из большего числа мест в каскаде он может излучаться. Наглядность, однако, оказалась обманчивой: не было учтено важное явление когерентности, чья роль в формировании тормоз-

ного излучения в электродинамике давно и хорошо известна<sup>5</sup>.

Суть этого квантовомеханического явления состоит в следующем: квант с длиной волны, превышающей размер системы излучателей, испускается ею как единым целым (т. е. ее полным зарядом), а не каждым из составляющих зарядов независимо. Как сказывается когерентность на развитии партонного каскада? Пусть в некоторый момент времени струя представляет собой пучок из  $N$  партонов, быстро движущихся в некотором направлении



Схематический вид распределения частиц в струе по параметру  $y = \ln 2E/m$  [ $E$  — энергия частицы,  $m$  — ее масса,  $W$  — энергия аннигиляции]. I — плато, которое должно быть согласно старой партонной модели; II — ожидавшийся ранее рост числа мягких партонов за счет хромодинамических каскадов; III — «горбатое плато», появляющееся при учете влияния когерентности глюонного излучения на каскадное размножение партонов.

и разлетающихся в поперечной плоскости так, что угол раствора пучка  $\theta \ll 1$ . На следующем этапе развития каскада каждый из партонов мог бы излучить дополнительный мягкий глюон. В такой картине независимого каскадного излучения число мягких частиц росло бы, грубо говоря, экспоненциально со временем. Учет когерентности, однако, существенно ограничивает развитие каскада. Дело в том, что глюон, вылетающий под углом больше  $\theta$ , «не раз-

личает» структуры партонного пучка, излучаясь полным цветовым зарядом струи. Классическая же картина независимого излучения сохраняется, как было показано В. С. Фадиным, Б. И. Ермолаевым и американским теоретиком А. Мюллером, лишь в ситуации, когда партон-«отпрыск» испускается под углом, который меньше угла между направлениями движения его «родителей» и «родителя его родителя». Другими словами, углы, под которыми излучаются партоны нового поколения, строго уменьшаются с каждым шагом развития каскада.

Вскоре было осознано, что угловая упорядоченность приводит, в частности, к драматическим последствиям для формы энергетического спектра партонов в струях<sup>6</sup>. Оказалось, что в партонном каскаде наиболее интенсивно размножаются не самые мягкие партоны, а частицы с энергиями  $E \sim W^{0.3-0.35}$ . В спектре кварков и глюонов неожиданно появляется «горб».

Увидеть горбатую структуру спектра адронов в  $e^+e^-$ -аннигиляции — одна из важнейших задач, стоящих сейчас перед экспериментаторами. Это необходимо, конечно, не для доказательства существования квантовомеханической когерентности, а для изучения непознанного пока механизма невылетаания цветных объектов, который должен проявиться при сопоставлении предсказываемого теорией спектра цветных кварков и глюонов и наблюдаемого спектра белых адронов.

Описанные результаты исследований и круг задач, стоящих перед физикой адронных струй, не оставляют места для сомнений, что изучение адронных струй еще не раз внесет свой весомый вклад в дело создания последовательной микроскопической теории сильных взаимодействий.

<sup>6</sup> Азимов Я. И., Докшицер Ю. Л., Хозе В. А. Физика высоких энергий. — В сб.: Материалы Зимней школы ЛИЯФ, 1982, т. 1, с. 162.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Фейнман Р. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ФОТОНОВ С АДРОНАМИ. М.: Мир, 1975.

Июffe Б. Л., Липатов Л. Н., Хозе В. А. ГЛУБОКОНЕУПРУГИЕ ПРОЦЕССЫ. М.: Энергоатомиздат, 1983.

Азимов Я. И., Докшицер Ю. Л., Хозе В. А. ГЛЮОНЫ. — Успехи физических наук, 1980, т. 132, с. 443.

<sup>5</sup> Буквальным аналогом обсуждаемого явления в КЭД является «эффект Чудакова», суть которого состоит в том, что электрон и позитрон из ультррелятивистской пары начинают ионизировать среду как два независимых заряда лишь через макроскопически большое время после начала разлета. См.: Чудаков А. Е. — Известия АН СССР, сер. физ., 1965, т. XIX, с. 651; Николаев Н. Н. На каких расстояниях происходят сильные взаимодействия при высоких энергиях? — Природа, 1977, № 9, с. 10.

# Под микроскопом — клеточные структуры палеозойских растений



Л. Я. Кизильштейн, А. Л. Шпицглуз



Леонид Яковлевич Кизильштейн, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой геологии и экономики угольных месторождений геолого-географического факультета Ростовского государственного университета. Научные интересы связаны с палеогеографией, петрографией и геохимией ископаемого органического вещества. Автор монографии: Генезис серы в углях. Ростов-на-Дону, 1975 — и книги: Роль органического вещества в концентрации металлов в земной коре (в соавторстве с Г. В. Войткевичем и Ю. И. Холодковым). М., 1983.



Аркадий Львович Шпицглуз, старший научный сотрудник этого же факультета. Область научных интересов — физические методы исследования состава твердых горючих ископаемых и электронная микроскопия минералов.

Возникшая на рубеже XIX в. палеоботаника представляет собой в настоящее время хорошо организованную науку, всесторонне изучающую растительный мир: его видовое разнообразие (систематику), строение (морфологию и анатомию), процессы жизнедеятельности (биохимию и физиологию), происхождение (филогению), связь со средой обитания (экологию).

Нельзя не заметить, однако, что успехи, достигнутые в разных областях этой науки, неодинаковы. На протяжении многих десятилетий основное внимание ученых было направлено на исследование морфологии ископаемых растительных остатков и построение на этой основе систематики древнего растительного мира. Полученные результаты имели весьма существенное

значение для геологии, главным образом, при решении задач стратиграфии — установления геологического возраста пород земной коры. В дальнейшем палеоботанические данные стали с большим успехом использоваться в палеогеографии с целью восстановления важнейших элементов древних ландшафтов Земли: климата, рельефа, характера почв и т. д. В настоящее время сумма фактических знаний об ископаемых растениях является основой для решения фундаментальных вопросов эволюции и видообразования, экологии и биогеографии древних живых существ.

Картина возникновения и развития растительного мира не может считаться полной, если она не содержит сведений о биохимических особенностях состава ра-

стений прошлого, их отдельных органов, тканей, клеток. Эволюция органического мира Земли, в том числе и растительного, происходившая под влиянием изменяющихся условий внешней среды и естественного отбора, начиналась на биохимическом уровне в генах, носителях наследственной информации, и проявлялась во внешней облике растений — морфологии. Эти внешние изменения и стали основой для палеоботанических исследований, именно на них была построена систематика растений прошлого и выяснены принципиальные черты развития растительного царства.

### МОЖНО ЛИ ВОССОЗДАТЬ «БИОХИМИЧЕСКИЙ ОБЛИК» ДРЕВНИХ РАСТЕНИЙ?

Сомнения по поводу того, что существуют реальные основания для надежных реконструкций биохимического состава древних растений, казались до недавнего времени вполне обоснованными.

Прежде всего, основные органические соединения, слагающие растительные ткани, мало устойчивы и способны сохранить свойственную им индивидуальность лишь в процессах физиологического обмена в специфической внутренней среде живого организма. После гибели растения обменные реакции прекращаются, что немедленно приводит к разрушению органических веществ под воздействием микроорганизмов и кислорода атмосферы. Правда, неустойчивость разных соединений неодинакова, а потому различия и сохранность клеточных структур, построенных из тех или иных компонентов.

После того как растение погибает и начинается микробный распад, в первую очередь разрушаются белки, затем углеводы и последними липиды (эфирные глицерина и жирных кислот). Длительность существования отдельных классов органических соединений в зависимости от условий среды совершенно различна: белки могут сохранять свою первичную структуру тысячи лет, углеводы встречаются в ископаемом состоянии в осадках возраста в миллионы лет, а липиды — сотни миллионов лет.

Сохранность органического вещества зависит также от условий, в которых оказываются растительные остатки. С большой степенью обобщения, поскольку виды микроорганизмов — сапрофитов — многочисленны, а условия, обеспечивающие их активность, разнообразны, можно сказать,

что свободный доступ кислорода атмосферы, высокая влажность и температура в 20—40 °С создают благоприятную среду для жизнедеятельности микроорганизмов, разрушающих органическое вещество. Если такие условия существуют, органические соединения распадаются быстро и без остатка, хотя все же в последовательности, указанной выше. В природе наблюдаются процессы, препятствующие столь неблагоприятному, с точки зрения геолога, течению событий. Прежде всего, это процессы, изолирующие органический материал от кислорода атмосферы и замедляющие или даже вовсе прекращающие бактериальный распад. Это происходит тогда, когда органическое вещество в достаточной короткое время переходит в ископаемое состояние, покрываясь новыми массами отмершего растительного материала, как, например, в торфяных болотах, или минеральной осадка — в донных отложениях морей, рек, озер. Неизмеримо более редко органическое вещество может сохраниться вследствие того, что попадает в условия низких температур. Один из известных примеров этого — прекрасно сохранившиеся туши мамонтов в слоях вечной мерзлоты. Однако это уникальные случаи и как таковые не имеют заметных геологических последствий.

Переход органических остатков в ископаемое состояние меняет ход процессов его дальнейшего преобразования. Под влиянием температуры и давления, возрастающих по мере погружения пород в глубинные зоны земной коры, происходят сложные преобразования органического вещества, образуются новые, совершенно чуждые живым организмам соединения, получившие общее название геополимеров. Строение геополимеров, в зависимости от состава исходных соединений и характера последующих преобразований, чрезвычайно разнообразно.

Сравним теперь положение палеоботаника, реконструирующего морфологию древних растений, и палеобиохимика, пытающегося воссоздать их биохимические процессы. В распоряжении первого — чаще всего отпечатки, оставляемые различными органами растений (стеблями, корнями, листьями) на вмещающих горных породах, и остатки самих растений. Эти остатки часто бывают неполными, разрозненными и в той или иной степени разложившимися, но, во всяком случае, сохранившиеся в ископаемом состоянии, они несут прямую информацию о составных частях древних растений.

Палеобиохимик в подавляющем большинстве случаев имеет в своем распоряжении лишь геополимеры — продукты превращения природных органических соединений, причем эти превращения настолько существенны, что характерные свойства исходных соединений кажутся совершенно утраченными.

Становится ясным, что если палеобиохимия, по аналогии с палеоботаникой, ставит перед собой задачу реконструировать биохимический состав растений прошлого, она должна попытаться выяснить, как минимум, имеют ли геополимеры, образовавшиеся из разных макромолекул, характерные, доступные для наблюдений черты, позволяющие отличить их друг от друга. Да и вообще, сохраняются ли индивидуальные геополимеры, или они всегда являются продуктами синтеза из разных соединений, следы которых в таком случае нет оснований даже искать?

В составе органического вещества горных пород сейчас уже обнаружены опознаваемые фрагменты органических молекул: аминокислоты — фрагменты белков, пристан и фитан — фрагменты хлорофилла. Американский исследователь М. Кельвин назвал их «молекулярными ископаемыми».

Воссоздать химический состав древних растений можно, сделав предположение о его сходстве с родственными группами современных растений. На эту возможность еще в 1932 г. указывал геохимик А. П. Виноградов, и реализовал ее биохимик С. Л. Иванов. Основными предпосылками такой «реставрации» может быть общность биохимических процессов всех организмов и постоянство хемотаксономических признаков растений<sup>1</sup>. Однако мы видим и еще один подход к решению этой проблемы.

### ИОННОЕ ТРАВЛЕНИЕ ПОЗВОЛЯЕТ УВИДЕТЬ КЛЕТОЧНЫЕ СТРУКТУРЫ РАСТЕНИЙ-УГЛЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Если произвести мысленную оценку ископаемого органического вещества по сохранности в нем элементов первоначаль-

ного строения, как морфологического, так и биохимического, то окажется, что лучше всего должны сохраниться все признаки древних растений в твердых горючих ископаемых, особенно в углях. Известно, что угли — это скопление огромной массы самых разнообразных растительных фрагментов, как правило, сильно измельченных, но в то же время представляющих все разнообразие слагающих растения тканей. Изучением микроскопического строения угольного вещества занимается углететрография. Надо заметить, что все

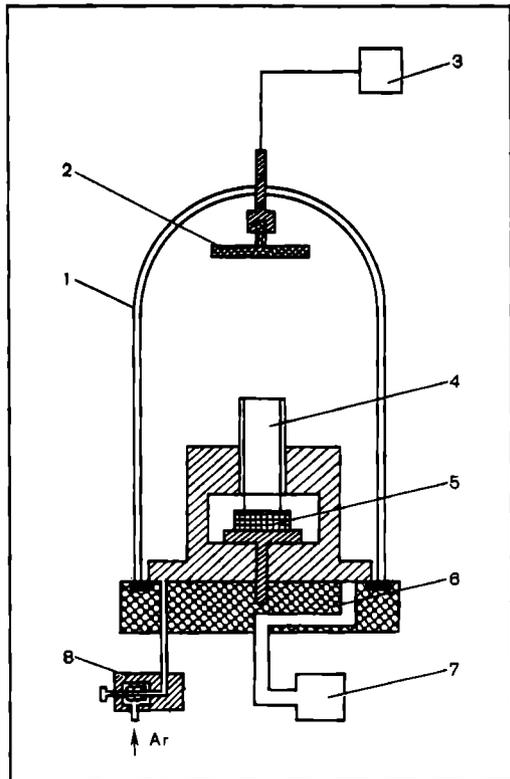


Схема установки ионного травления. 1 — корпус установки, 2 — анод, 3 — блок питания, 4 — фокусирующий цилиндр, 5 — образец, 6 — катод, 7 — вакуумная система, 8 — игольчатый клапан подачи аргона.

<sup>1</sup> Лейфман И. Е., Гусева А. Н. Об изменении состава органического вещества, исходного для образования горючих ископаемых, в ходе эволюции растительного мира. — В кн.: Накопление и преобразование органического вещества в современных и ископаемых осадках. М., 1978, с. 9.

свойства органического вещества углей (физические и химические) закономерно меняются в зависимости от степени воздействия главных факторов геологических процессов: давления и температуры. Совместное действие этих факторов объединяется в понятие метаморфизм. Сте-

пень метаморфического преобразования органического вещества (как и любой горной породы) зависит от характера тектонического развития той или иной части земной коры. Широко известные понятия — «бурые» угли, «каменные» или «антрациты» — характеризуют не что иное, как результат разной степени метаморфизма органического вещества, слагающего угольные пласты. От степени метаморфизма зависит и способ изучения растительных остатков в углях: тонкие срезы (шлифы) бурых и малометаморфизованных каменных углей прозрачны и их можно изучать под микроскопом в проходящем свете; сильно метаморфизованные каменные угли почти не прозрачны, антрациты — не прозрачны совершенно, поэтому и те и другие приходится изучать лишь в отраженном поляризованном свете, изготовив из них предварительно выровненные полированные поверхности — аншлифы.

Однако из-за сложных оптических эффектов, возникающих при отражении поляризованного света и ухудшающих качество наблюдаемых картин, удается выделить только главные составные части угольного вещества (так называемые микрокомпоненты). Наблюдать же анатомическое строение растительных тканей, а также тонкие детали строения клеток возможно лишь в исключительных случаях.

На протяжении нескольких лет мы вели поиск методов, позволяющих улучшить условия микроскопического изучения антрацитов. При этом мы исходили из предположения (отнюдь не казавшегося бесспорным), что, несмотря на сильное метаморфическое преобразование, растительное вещество антрацитов могло сохранить тонкие детали анатомического строения и что их невозможно выявить лишь из-за несовершенства применяемых методов исследования. Если биохимические особенности тканей древних растений, их клеток и составных элементов определяют индивидуальность образовавшихся из них геополимеров, тогда геополимеры, очевидно, должны отличаться по кристаллохимическому строению. И, следовательно, чтобы обнаружить эти различия, необходим метод, позволяющий их вскрыть и сделать доступными для наблюдений под микроскопом.

Таким методом оказался метод ионного травления<sup>2</sup> — бомбардировка в ва-

кууме ионами инертного газа полированной поверхности угольного образца. Известно, что под действием потока бомбардирующих ионов изменяется поверхность кристаллического вещества и на ней образуются фигуры катодного распыления. Эти фигуры в тончайших деталях отражают кристаллохимическую неоднородность бомбардируемой ионами поверхности. Интенсивность ионного травления принято характеризовать коэффициентом катодного распыления, величина которого зависит как от свойств бомбардирующих ионов (энергии, массы, угла падения на поверхность катода), так и от природы распыляемого вещества (энергии связи и массы атомов мишени, типа кристаллической решетки, ее кристаллографической ориентации). Поскольку параметры бомбардирующих ионов — величина фиксируемая, то селективность травления определяется только неоднородностью кристаллического строения объекта.

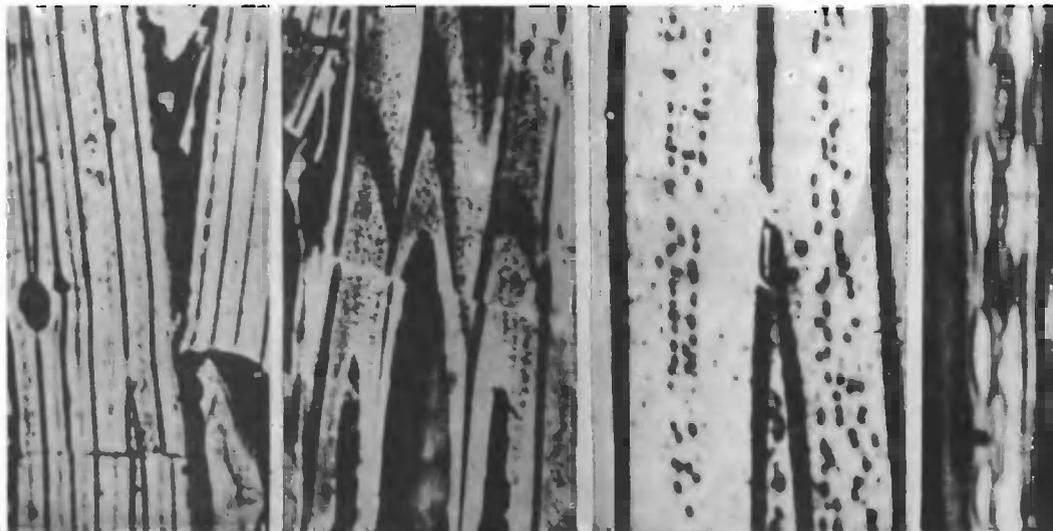
Ионное травление обладает важным качеством: оно не создает поверхностных пленок и, кроме того, под действием ионной бомбардировки распыляются все без исключения химические соединения, в том числе и высокометаморфизованное органическое вещество.

По сути самого ионного травления объект обработки должен обладать хорошей электропроводностью, поэтому применять этот метод можно лишь к наиболее метаморфизованному органическому веществу — антрацитовым углям и графитам. Высокая эффективность ионного травления антрацитов обеспечивает хорошее качество их образцов для дальнейших исследований под микроскопом.

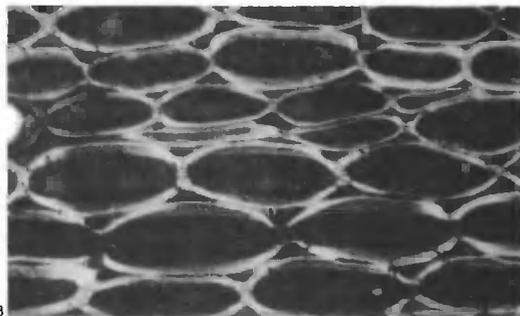
Подвергнув бомбардировке ионами аргона многие сотни антрацитовых аншлифов, мы изучали полученные образцы в неполяризованном отраженном свете. Нам удалось увидеть не только клеточную структуру тканей основных микрокомпонентов, но и обнаружить тончайшие детали строения отдельных клеток. Среди большого разнообразия в строе-

Строения тканей ископаемых растений-уголеобразователей. 1—4 — продольные срезы древесины: с веретенообразными окончаниями трахеидных клеток [1—3], сердцевинными однорядными лучами [1], дырочными [3] и окаймленными [4] порами; 5,6 — поперечные срезы древесины, на которых хорошо заметна слоистость оболочек трахеидных клеток; 7,8 — элементы строения коры; видны участки склеренхимы, клетки которой имеют толстые оболочки, пронизанные многочисленными каналами ветвистых пор [9], а также фрагменты паренхимы с характерными для нее межклеточными — полостями, заполненными воздухом [10].

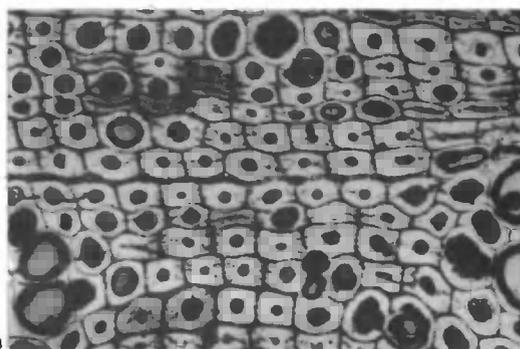
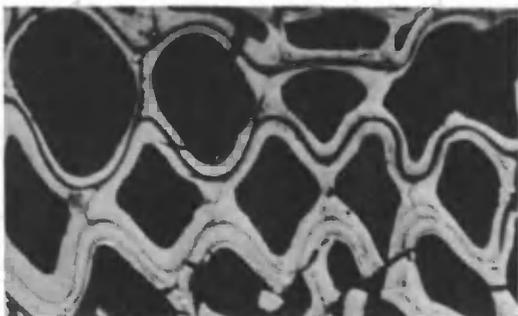
<sup>2</sup> Кизильштейн Л. Я., Шпицглуз А. Л. — Доклады АН СССР, 1982, т. 263, № 1, с. 175.



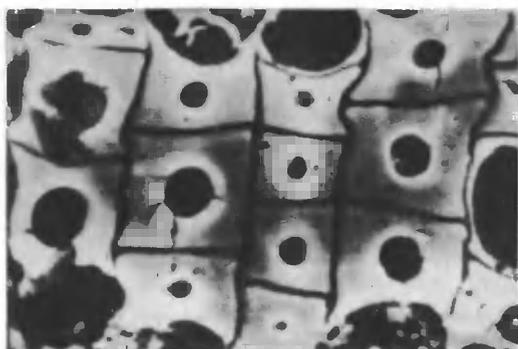
1-4



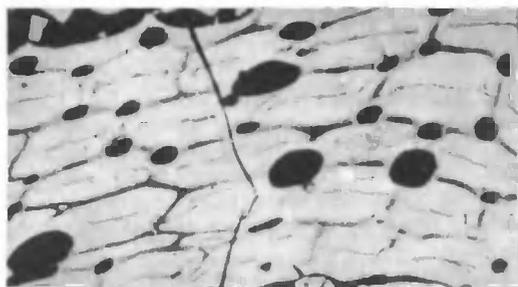
5-6

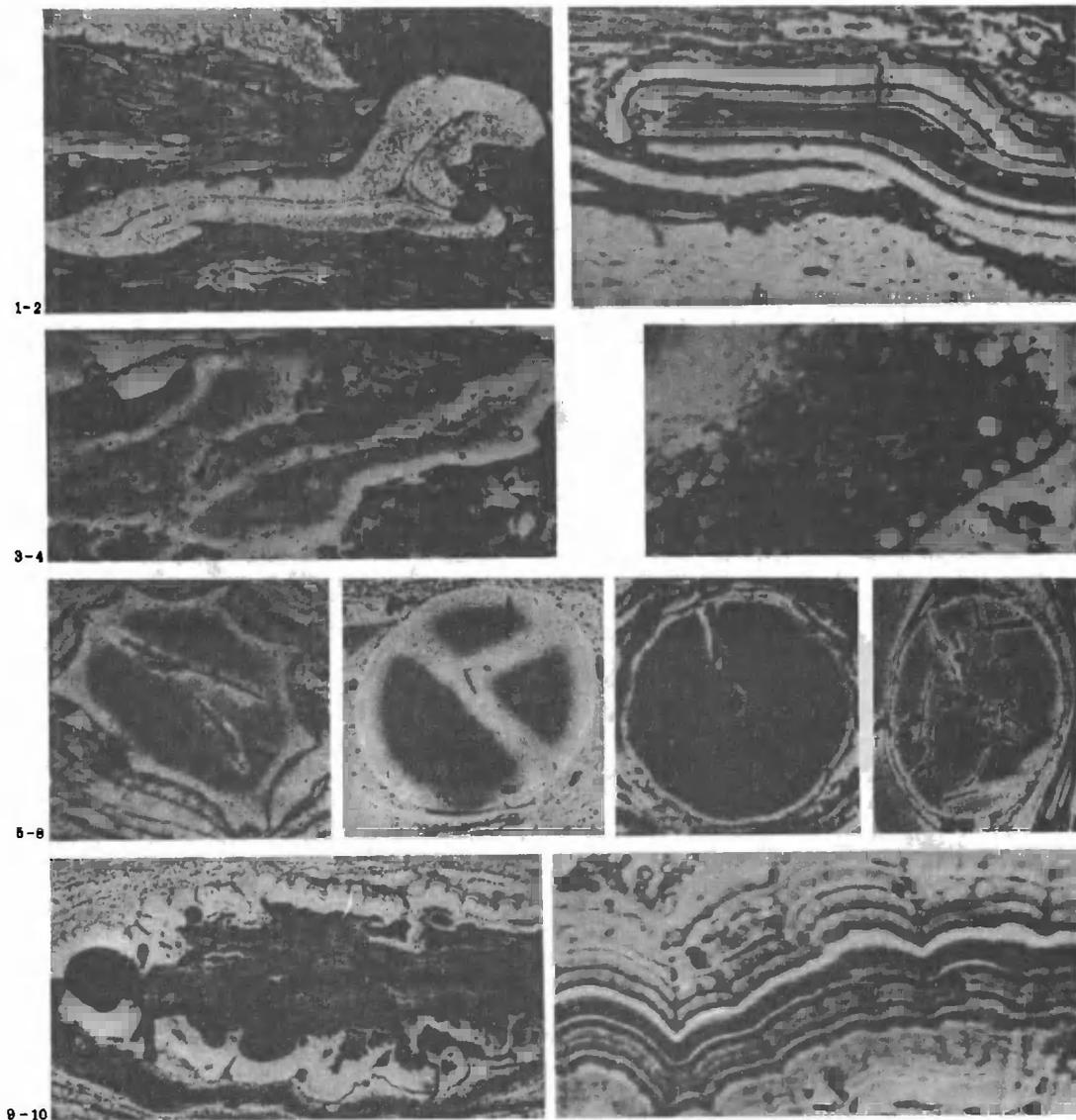


7-8



9-10



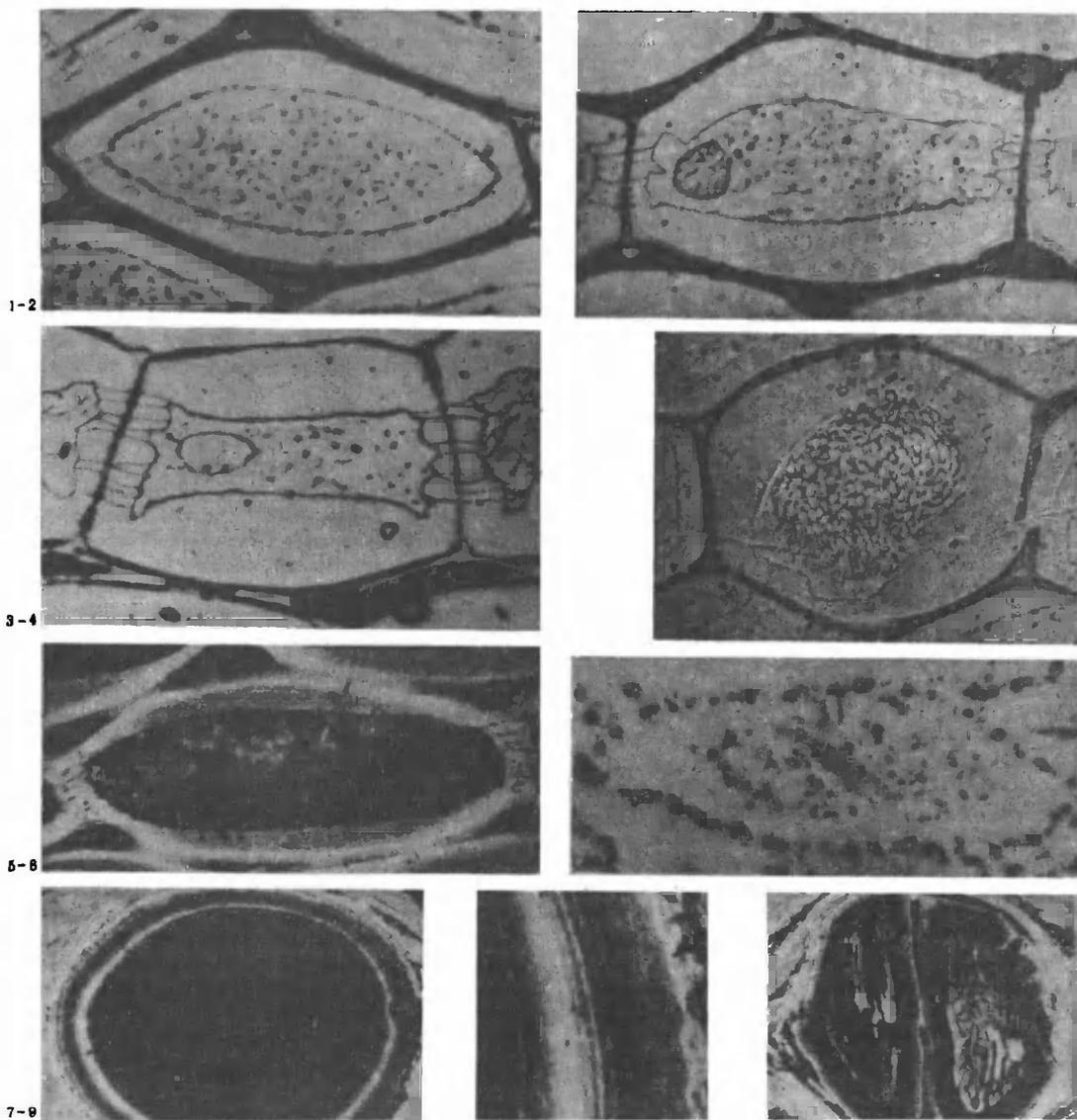


Строение органов ископаемых растений. 1—3 — споры высших растений с однослойной [1], двухслойной [3] и трехслойной [2] оболочкой; 4 — внутренняя полость споры с пропластидами; 5—8 — споры грибов; 9 — кутикула листа; 10 — многослойная кутикула стебля.

нии растительных тканей можно было отчетливо диагностировать ткани древесины, коры, споры высших растений и грибов, а также содержащуюся на наружных стенках покровных тканей листьев и молодых побегов кожицу из кутина — кутикулу.

Метод ионного травления с после-

дующим микрофотографированием позволил нам увидеть строение оболочек отдельных клеток: характер поровости в проводящих клетках древесины (трахеидах), многослойность их клеточных стенок, структуру межклетников. Некоторые детали, увиденные нами, были первым морфологическим «портретом» растительных клеток угольного вещества. При исследовании спор ясно просматривалась слоистость оболочек: экзина (наружная оболочка) была не только отчетливо отделена от интины (внутренней оболочки), иногда можно было обнаружить многослойность



Строение клеток и органов ископаемых растений. 1—3 — микроструктурные элементы паренхимных клеток: хорошо видны клеточная оболочка и межклетники; плазмалемма, ограничивающая протопласт, и плазмодесмы — тонкие тяжи, проходящие через оболочки соседних клеток [2,3]; клеточное ядро шарообразной [2] или овальной [3] формы и неидентифицированные клеточные органеллы в виде мелких черных вкраплений разной конфигурации.

4 — паренхимная клетка с бактериями внутри. 5 — слоистая структура оболочки трахеидной клетки. 6 — реликты макрофибриллярной структуры [темные пятна] клеточных стенок. 7 — фрагмент споры гриба с многослойной оболочкой. 8 — увеличенный [в 5 раз по сравнению с фото 7] фрагмент оболочки споры гриба. 9 — спора гриба с внутренней полостью, заполненной бактериальными телами.

самой экзины. В некоторых случаях во внутренней полости спор наблюдались дисквидные тельца, вероятно, пропластиды, состоящие в живом растении из зерен крахмала. Споры грибов были чрезвычайно разнообразны и по форме, и по строению оболочек.

В одном из растительных фрагментов, представленном паренхимной тканью (предположительно — коровой), был ясно различим сохранившийся протопласт. Более того, было видно, что он отделен от клеточной оболочки плазмолеммой — мембраной толщиной в доли микрометра, а

протопласты смежных клеток связаны тонкими тяжами — плазмодесмами, проходящими через поры оболочек.

Несмотря на то что мы увидели удивительно тонкие элементы строения клеточных оболочек, казалось почти невероятным (учитывая геохимическую историю преобразования органического вещества углей) встретить сохранившиеся микроструктуры протоплазмы: ведь они состоят в живых растениях из белков и нуклеиновых кислот — наименее устойчивых соединений в условиях бактериального распада. Тем не менее такие структуры тоже были обнаружены. Среди этих структурных элементов протоплазмы отдельных клеток особый интерес представляют шарообразные или овальные тельца (диаметром 4—6 мкм) с оболочкой, очень похожие на клеточные ядра. Иногда в таких тельцах были заметны неоднородности внутренней структуры, установить форму которых оказалось затруднительно, так как их размеры выходят за пределы разрешения световой микроскопии.

Некоторые клетки имели по два ядра; возможно, их наличие отражает начальные стадии деления клетки. Кроме ядра, в протоплазме обычно наблюдались многочисленные, разнообразной формы и размеров включения, которые предположительно можно сопоставить с различными органеллами растительной клетки.

Поскольку после ионного травления в микроскопе никогда не обнаруживались структуры, не соответствующие каким-либо анатомическим элементам современных растений, напрашивается весьма важный вывод: кристаллическая организация углефицированного вещества ископаемых растений отражает биохимическую неоднородность клеток и тканей живых организмов и, следовательно, подтверждается наше первоначальное предположение о сохранности тонких анатомических деталей древнейших — палеозойских — растений, слагающих угольное вещество.

### ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО УГЛЯ НЕ ТЕРЯЕТ СВОЕГО ЛИЦА

Мы уже упоминали, что основными биоорганическими компонентами тканей являются углеводы, белки и липиды. Но можно ли почерпнуть какую-либо информацию о них из результатов ионного травления?

Известно, что целлюлоза — наиболее распространенное в растительных организмах соединение из класса углеводов. Она

выполняет скелетные функции, обеспечивая жесткость клеток у высших растений. Характерная особенность целлюлозы, определяющая в значительной степени ее механические и физико-химические свойства, — линейная конформация молекул. Располагаясь в растительной клетке почти параллельными пучками, именуемыми (в зависимости от размеров) микро- и макрофибриллами, они обеспечивают клеточной оболочке слоистую структуру. Оболочки клеток обычно подразделяют на первичную (внешнюю) и вторичную (внутреннюю), расположение фибрилл в которых различно. В первичной оболочке разбросанные беспорядочно фибриллы образуют дисперсную текстуру, а вторичная оболочка характеризуется параллельной ориентацией фибрилл.

В полученных нами образцах углей оболочки отдельных клеток содержали темные (наиболее измененные) и светлые (менее измененные) участки, чередующиеся с почти строгой периодичностью. Мы полагаем, что наблюдаемая дискретность соответствует реликтовой макрофибриллярной структуре клеточной оболочки, а распыление ее при ионном травлении происходит преимущественно по кристаллическим агрегатам, бывшим когда-то целлюлозным каркасом.

К углеводам же относится и хитин — скелетное вещество клеточных стенок грибов, близкое по строению, физико-химическим свойствам и биологической роли к целлюлозе. Наблюдая результаты травления спор ископаемых грибов, можно было видеть многослойность оболочек, которая соответствует концентрически-зональной неоднородности строения их хитинового каркаса.

В стареющих клеточных оболочках растений обычно появляются так называемые инкрустирующие вещества, в том числе лигнин, повышающий прочность оболочки и ее устойчивость против бактериального разложения. Лигнификация, или одревеснение, клеточных оболочек имеет важное филогенетическое значение, так как лигнин впервые возник в природе при переходе растений от водного к наземному образу жизни, когда появилась необходимость в опорной системе. Лигнину не свойственна сколько-нибудь заметная ориентация молекул, в клеточной оболочке он находится в аморфном состоянии и пропитывает ее слои неравномерно. Вероятно, вследствие неодинаковой степени лигнизации, а также различной текстуры целлюлозного каркаса оболочек выявляется их

слоистость под действием ионного травления.

Белки — высокомолекулярные клеточные биополимеры — входят в состав органелл растительной клетки. По-видимому, именно белки, как основные структурообразователи, и позволяют различать при ионном травлении первичную индивидуальность анатомического строения таких элементов клетки, как протоплазма, плазмолеммы и ядро. Белки же сделали видимыми и бактериальные тела, которыми часто были заполнены внутренние полости клеток. Видны были также следы бактериального «выгрыза» внутренней полости споры гриба и сами палочковидные бактерии.

Некоторые липиды входят в состав покровных тканей, ограничивая испарение влаги и защищая растение от неблагоприятных внешних воздействий, в том числе от микроорганизмов. К этой группе соединений относятся: воск, содержащийся в наружной стенке эпителиальных клеток; кутины, входящие в состав кутикулы; суберины, которыми пропитаны клетки покровной ткани — пробки.

Особое место среди липидных соединений принадлежит спорополленину — одному из самых устойчивых биоорганических соединений в природе. Он входит в состав внешних оболочек спор и пыльцы растений, а также во внешние и внутренние слои споровых оболочек грибов.

При ионном травлении оболочек спор обнаружилась их слоистость и очень слабое изменение вещества под воздействием бомбардирующих ионов. В то же время была отчетливо видна сильная измененность заключенных между слоями спорополленина целлюлозных слоев. Эта картина, вероятно, обусловлена тем, что в отличие от белков и углеводов липиды обладают большим электросопротивлением. Тем не менее ионное травление выявляет индивидуальность исходных липидов и делает хорошо заметным кутикулярный слой, покрывающий фрагмент эпидермиса.

Увиденные нами ткани растений угольного вещества, клетки и даже органеллы позволяют заключить, что кардинальная перестройка органического вещества в весьма жестких и длительных (сотни миллионов лет) геологических процессах не привела к превращению исходных органических соединений в некоторый однородный геополлимер. Напротив, основные биоорганические соединения и

образованные ими структурные элементы тканей, клеток и органов растений, изменяясь, сохранили кристаллохимическую и морфологическую индивидуальность. Следовательно, начальные биохимические различия составных частей растительной ткани не утрачиваются бесследно в процессе преобразования органического вещества, а «наследуются» кристаллической структурой образовавшихся из них геополлимеров.

## БУДУЩЕЕ ИОННОГО ТРАВЛЕНИЯ

Расшифровка кристаллохимических структур каждого конкретного геополлимера, выявленных ионным травлением, представляет немалые технические трудности вследствие микроскопических размеров объектов. Однако весьма возможно, что с помощью рентгеновского микроанализа удастся получить информацию о химической связи углерода и кислорода — основных элементах биоорганических соединений — и особенностях их расположения в кристаллической решетке различных геополлимеров. Не исключено также, что, получив такие данные об особенностях некоторых характерных химических элементов в клетках ископаемых растений, можно уточнить идентификацию органелл, а также как бы пометить геополлимеры, как это делается при цитохимических исследованиях живых клеток.

Если таким образом удастся надежно диагностировать геополлимеры, образовавшиеся из известных органических соединений, то станет реальной возможность исследовать происхождение других видов ископаемого органического вещества земной коры, утратившего начальное анатомическое строение, например расщепленного, роль которого в геохимических процессах огромна. Такие данные будут иметь большое значение для выяснения условий образования месторождений горючих полезных ископаемых.

Нетрудно видеть, что и в области классической палеоботаники метод ионного травления открывает новые перспективы в изучении анатомии и гистологии древних растений, позволяя использовать для этого не отдельные редкие палеоботанические находки, а огромную массу растительного вещества высокометаморфизованных углей и графитов. Пока же метод ионного травления сделал видимыми под обычным световым микроскопом ткани, клетки и внутриклеточные структуры древнейших растений, живших на нашей планете около 300 млн лет назад.

## В поисках древних культур Чукотки

М. А. Членов, И. И. Крупник



Михаил Анатольевич Членов, кандидат исторических наук, младший научный сотрудник Института этнографии АН СССР им. Н. Н. Миклухо-Маклая. Область научных интересов — палеоэтнография Северо-Восточной Азии, проблемы родства и социальной организации народов Тихоокеанского региона. Книги: *Население Молуккских островов*. М., 1976; *«Китовая аллея»* (в соавторстве с С. А. Арутюновым и И. И. Крупником). М., 1982. В «Природе» опубликовал статью: *Острова пролива Сенявина — уникальный природно-культурный комплекс* (совместно с Л. С. Богословской и Б. А. Юрцевым), 1979, № 9.



Игорь Ильич Крупник, кандидат исторических наук, младший научный сотрудник того же института. Занимается проблемами экологии, хозяйственной организации, исторической демографии ранних охотничьих обществ, современных охотников и оленеводов Крайнего Севера. Соавтор книги «Китовая аллея». М., 1982.

Исследования на западном берегу Берингова пролива, как археологические, так и этнографические, имеют уже давнюю историю. Даже если отвлечься от многочисленных описаний культуры и образа жизни коренного населения этого региона в записках путешественников и мореплавателей середины XVII — середины XIX вв., то уже с конца XIX в. стали появляться солидные научные публикации, анализирующие этнографическую проблематику восточного побережья Чукотского п-ова. В результате этих исследований была создана некоторая более или менее принятая схема исторического и этнического развития этого региона, суть которой можно выразить в следующем.

К началу новой эры крайняя восточ-

ная оконечность азиатского материка была заселена оседлыми приморскими охотниками, создавшими серию последовательно сменявших друг друга эскимосских по облику археологических культур: древнеберингоморскую и оквик (середина I тысячелетия н. э.), бирнирк (V—VIII вв. н. э.), пунук (IX—XIV вв. н. э.). В наступивший после этого мало исследованный период, который принято именовать «предысторическим», произошло становление чукотского оленеводства, что повлекло за собой массовый выход на морское побережье чукчей, бывших континентальных охотников на карibu, и ассимиляцию ими приморских охотников на морского зверя — эскимосов. Процессы эти резко усилились после вовлечения Чукотки в XVII—XVIII вв. в

сферу влияния Русского государства. К концу XIX в. эскимосское по языку население сохранилось лишь на юго- и северо-восточной оконечностях Чукотского п-ова в двух небольших анклавах в труднодоступных горных и фьордовых ландшафтах. По всему остальному побережью от залива Креста до мыса Шмидта располагались поселки чукотскоязычных охотников на морского зверя, мало чем отличавшихся по культуре от эскимосов. Эта группа чукчей известна под названием «приморских чукчей».

Как это ни парадоксально, наименее известным периодом в истории аборигенов населения Чукотки (о котором и пойдет речь в статье) до недавних пор был отрезок между XIV—XV вв. и концом XIX в., когда первые официальные русские описи побережья зафиксировали уже достаточно четкое разделение чукотских и эскимосских поселков. Описанный тогда хозяйственный и культурный облик берегового населения многими авторами проецировался на предшествовавшие столетия: береговая культура воспринималась в статике и подобии этнографической реальности рубежа XIX—XX вв.

Новые данные, которые внесли существенные коррективы в имеющиеся схемы культурной эволюции аборигенов Чукотского п-ова, были получены на протяжении 1975—1981 гг. в экспедициях, проведенных авторами статьи совместно с их коллегами (С. А. Арутюновым, Л. С. Богословской, Л. М. Вотроговым и др.). Первоначально перед экспедициями стояли чисто этнографические цели, направленные на изучение как традиционной, так и современной хозяйственной и социальной жизни азиатских эскимосов. Наиболее удобным источником для решения подобных вопросов является массовый генеалогический материал, собранный нами для различных групп коренного населения в течение нескольких лет полевой работы. Обработка его показала необходимость внесения корректив в существующие в науке представления о культуре и особенно общественном строе арктических охотников на морского зверя.

Это, в свою очередь, побудило нас обратиться к новой методике и детально обследовать сохранившиеся эскимосские поселки, а также выявить и описать заброшенные ныне селения и стойбища, существовавшие вплоть до первой половины XX в. Последнее представлялось нам особенно существенным. Совместно со стариками-эскимосами мы выезжали в пустующие поселки и, фиксируя остатки жилищ, восстанавливали имена и судьбы живших в них

людей. Это дало нам не только колоссальный фактический материал о жизни азиатских эскимосов с конца XIX в. до наших дней, но и позволило четко выделить основные социальные единицы, реально существовавшие в их обществе.

### «КИТОВАЯ АЛЛЕЯ»

Такого рода этнографическая методика, дополненная, разумеется, методами классического этнографического описания, была доминирующей в нашей работе во время экспедиций 1975—1976 гг. Новому повороту наших исследований мы в какой-то мере обязаны обнаружением в 1976 г. на о-ве Ыттыгран в проливе Сенявина эскимосского ритуального комплекса, названного нами впоследствии «Китовой аллеей». Его исследованиям мы посвятили три специальные экспедиции 1977, 1979 и отчасти 1981 гг., результаты которых изложены в отдельной монографии и серии частных публикаций<sup>1</sup>.

«Китовая аллея» — монументальное сооружение, даже по сравнению с остатками крупных древнеэскимосских поселений, таких как Эквен, Узлен и им подобные, рядом с которыми в 1950—1960-х годах были раскопаны крупные могильники, давшие археологам основу стратификации древних культур Чукотского п-ова. Этот уникальный памятник состоит из длинных параллельных рядов вкопанных правильными группами в грунт черепов гренландских китов и столбов из китовых челюстей, а также ряда других конструкций, имевших, несомненно, культовый характер. Подобного рода монументальные комплексы нигде более не известны на азиатской стороне Берингова пролива и, насколько мы можем судить по литературе, не описаны нигде в других частях эскимосского ареала.

«Китовую аллею» можно было понять только в контексте культурной и этнической истории аборигенного населения Чукотки. Поэтому параллельно с детальным описанием «Китовой аллеи» и нашей обычной этнографической программой мы обратились к разработке хронологической стратификации древних культур, типологических особенностей древних жилищ и поселений. Свою задачу мы, как этнографы, видели

<sup>1</sup> О «Китовой аллее» см. также: Богословская Л. С., Членов М. А., Юрцев Б. А. Острова пролива Сенявина — уникальный природно-культурный комплекс. — Природа, 1979 г., № 9, с. 91.



СБЭЗ

#### Общий вид «Китовой аллеи».

не столько в организации детальных археологических раскопок памятника, сколько в фиксации связанной с ним устной традиции, топонимики, осмыслении фольклора, а также в обработке нарративных, картографических и других источников последних столетий.

С этой целью в 1976—1981 гг. мы обследовали большое количество аборигенных групп, как эскимосских, так и чукотских, на обширной территории побережья Чукотки от устья р. Курупки на берегу Анадырского залива до мыса Дежнева.

#### КТО БЫЛИ СТРОИТЕЛИ «КИТОВОЙ АЛЛЕИ»?

Центральная часть западного побережья Берингова пролива в районе глубоко вдающегося в сушу Мечигменского залива до сих пор не посещалась нашими коллегами. Из-за отсутствия археологической и этнографической информации из этого района, примыкающего к северу к проливу Сенявина, многие проблемы, возникшие во время исследования «Китовой аллеи», были для нас неясны.

Во-первых, мы полагали, что столь крупный памятник не мог быть создан усилиями небольшого коллектива или даже нескольких расположенных близко друг от друга охотничьих общин. В то же время на островах пролива Сенявина и прилегающем к нему фьордовым материковом побережье мы не нашли остатков крупных береговых поселений. Поэтому в своей монографии о «Китовой аллее» мы высказали предположение, что памятник был построен совместными усилиями особого объединения ряда эскимосских общин, живших как к северу, так и к югу от островов пролива Сенявина.

Во-вторых, наиболее ярким конструктивным элементом «Китовой аллеи» являются вкопанные группами (по 2 и по 4) черепа гренландских китов. К югу от этой зоны о таких группах черепов достоверно не известно. На побережье мыса Дежнева или к северо-западу от него их также нет. Зато ряд наших информаторов, чукчей и эскимосов, с уверенностью говорили, что вкопанные черепа до сих пор стоят в районе Мечигменского залива.

Наконец, в-третьих, из записанных нами генеалогических преданий стало ясно, что современные эскимосы хранят воспоминания о том, что некогда в районе

Мечигмена проживала особая эскимосская группа масигмит, потомки которой, потеряв свой этноним, влились в состав многих эскимосских кланов, в том числе и тех, которые жили на островах пролива Сенявина в XIX—XX вв. В этой связи мы обратили внимание на один из самых крупных кланов эскимосов мыса Чаплина, известный под чукотским названием Армарамкыт (от чук. эрмеремкыт — сильный, или многочисленный, народ). Генеалогии указывают на исключительную мобильность этого клана. В XX в. он расселился из Унгазика на мысу Чаплина по всем окружающим эскимосским поселкам: Узьлькаль, Сиреники, Имтук, Гэмбелл на о-ве Св. Лаврентия и т. п. Но более того, в их среде до сих пор живы воспоминания, что на мыс Чаплина они пришли из более северных районов Берингова пролива.

#### ПЛАВАНИЕ ВДОЛЬ БЕРИНГОВА ПРОЛИВА В 1981 Г.

Все это вместе взятое побудило нас при составлении программы экспедиции 1981 г. обратить внимание на неисследованный участок побережья вокруг Мечигменского залива. Мы ожидали обнаружить там памятники, конструктивно похожие на «Китовую аллею», прежде всего в районе старинного чукотского поселка Мечигмен, располагавшегося на длинной галечной косе, отделявшей с юга вход в Мечигменскую губу. Однако мы решили (и как выяснилось впоследствии — совершенно оправданно) не ограничиваться лишь зна-

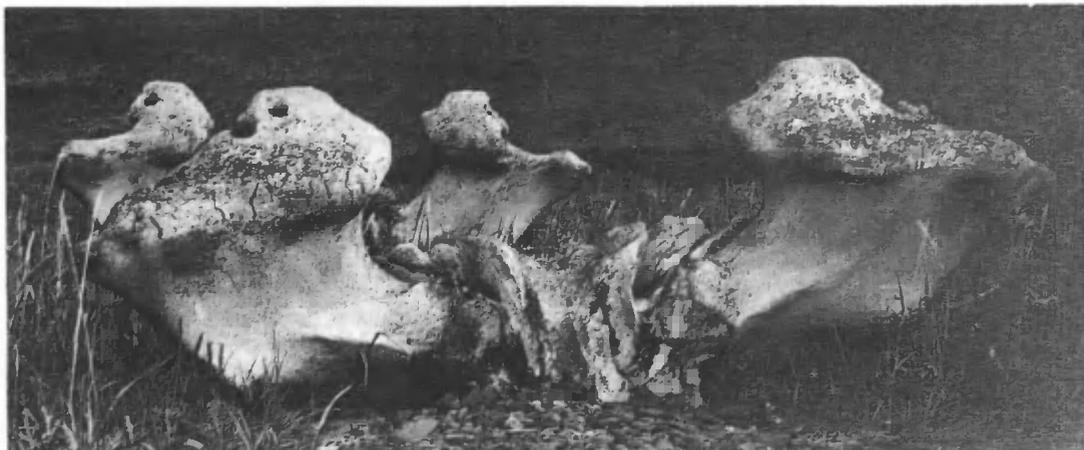
комством с Мечигменом, а тщательно осмотреть весь берег между проливом Сенявина с юга и входом в залив Лаврентия с севера.

Технически эта задача представлялась достаточно сложной. На этом берегу, протяженностью более 150 км, сейчас расположено только два населенных пункта — чукотские селения Янракинот и Лорино. Прodelать этот путь пешком было бы крайне трудно и потребовало бы неоправданной траты сил и времени. Не годились для наших целей также и современные суда, которые не могут подходить близко к берегу. Использование вертолета было бы также неудобным, особенно если учесть крайне сложные погодные условия Чукотки в летние месяцы. Единственно пригодными транспортными средствами оставались северные промысловые маломерные суда: деревянный вельбот или традиционная эскимосская кожаная байдарка.

В середине июля 1981 г. одновременно стартовали два отряда экспедиции: этнографический — в составе авторов этих строк и художника С. А. Богословского, чьи рисунки и фото иллюстрируют статью, на вельботе с эскимосской командой из шести человек из поселка Новое Чаплино, и биологический — под руководством Л. С. Богословской на эскимосской байдаре с командой из трех человек из поселка Сиреники. Оба отряда, совершив самостоятельные переходы, встретились на островах пролива Сенявина, а затем совместно двинулись на север.

Во время плавания мы многократно убеждались в преимуществах наших транспортных средств, хотя между ними и была определенная разница. Можно сказать, что члены экспедиции разделялись на две ча-

Группа вкопанных китовых черепов на «Китовой аллее».





Лагерь экспедиции в Ныхсираке. На переднем плане у вельбота члены двух эскимосских команд. Далее по берегу видна перевернутая вверх дном кожаная байдарка.

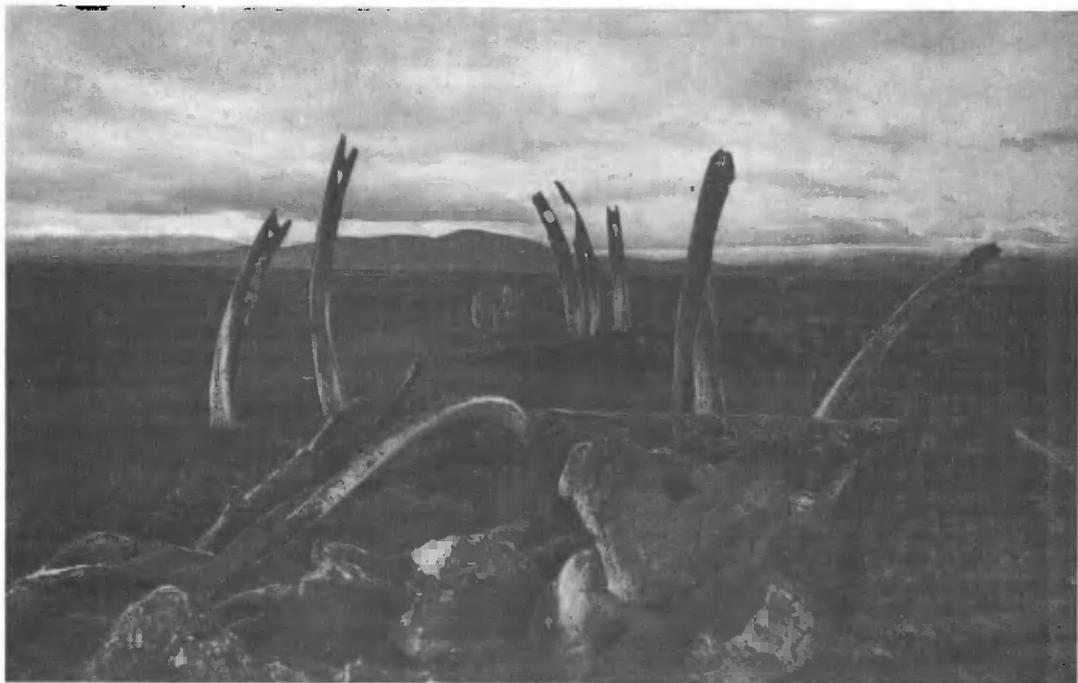
сти — одни перевозили достоинства кожаной байдары, другие отдавали предпочтение деревянному вельботу. Современный моторный вельбот длиной 8 м, прообразом которого являлась парусная шлюпка американских китобоев XIX в., более грузоподъемен, надежен и просторен. Но он тяжел. Чтобы вытащить его на берег, требуется немало усилий шести — восьми взрослых мужчин, а в штормовую погоду высадка на нем представляет серьезные трудности.

Кожаная байдарка, также оснащенная мотором, намного быстрееходней и маневренней; она легко вытаскивается на берег, лучше приспособлена для посадки и высадки в штормовую погоду, свободно проходит по мелям и лагунам в условиях, где вельбот неизбежно застрянет. Вместе с тем и у байдары есть свои недостатки: она быстро промокает, кожаная крышка требует ежедневной просушки, у нее очень низкая осадка и при малейшем волнении, даже при поднятом фальшборте, людей в ней заливают брызгами.

Но оба эти судна максимально адаптированы к условиям Берингова пролива.

Можно лишь сожалеть, что кожаные байдары в полной мере применяются сейчас только в одном поселке на Чукотке — эскимосском селе Сиреники, где наиболее крепки древние промысловые традиции.

Не меньшую пользу получили мы и от объединения усилий двух отрядов экспедиции — этнографического и биологического. Известно, что все древние поселки морских охотников располагались в местах концентрации нескольких видов промысловых ресурсов прибрежной зоны: участках близкого подхода к берегу морских млекопитающих, базаров колониальных птиц, рыбных озер или лагун. При одновременном картировании современного распределения биологических ресурсов (именно этим занимались наши коллеги-биологи из Института экологии и эволюционной морфологии животных АН СССР) и древних охотничьих стоянок мы неоднократно убеждались в тонком экологическом чутье древних охотников Берингова пролива, их глубоких знаниях особенностей местной фауны, климатических и природных условий зоны их обитания. Нередко на основании предварительной биологической и ландшафтной оценки мы могли заранее предполагать, что в тех или иных пунктах обнаружим остатки древних поселений.



Столбы из китовых челюстей и развалины полуподземных жилищ в Масике.

## СТОЯНКА НЫХСИРАК

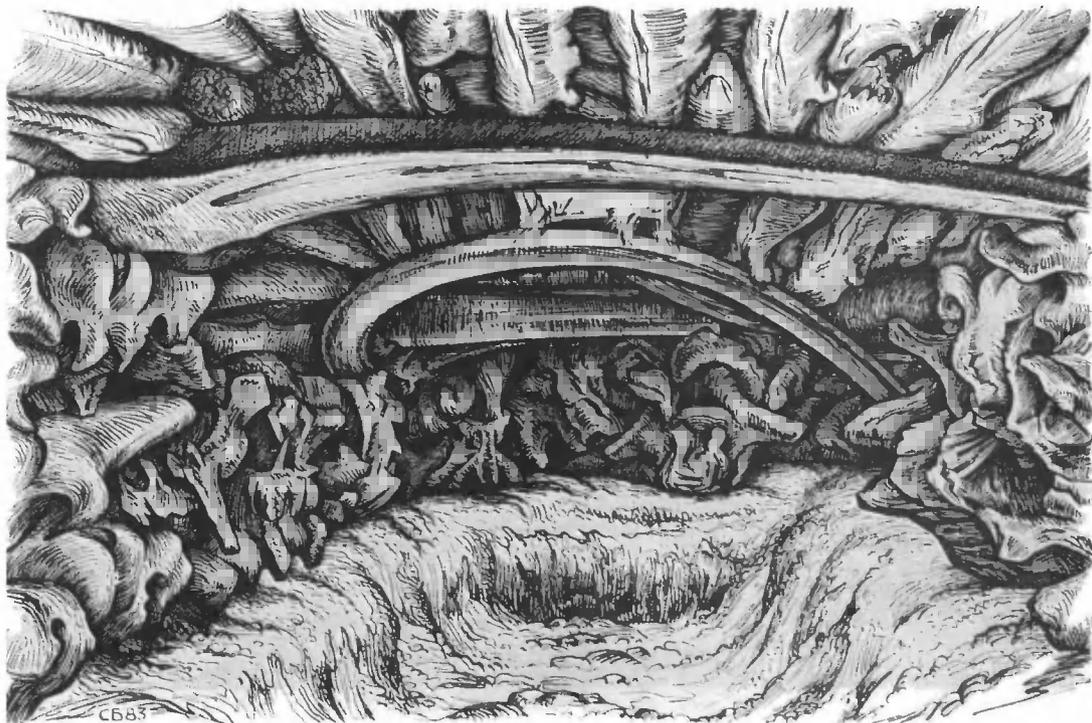
Первое открытие, непосредственно связанное с проблемой «Китовой аллеи», ждало нас уже на второй день после выхода экспедиции на север из пролива Сенявина. Возле скалистого мыса, известного на современных картах как мыс Халюстка, отмечающего южную границу Мечигменского залива, мы обнаружили остатки старинного поселения. В чукотской традиции это место называется Ныхчиген, однако у него сохранилось и эскимосское название Ныхсирак (мыс Нерпичий), фонетической адаптацией которого является чукотский топоним.

Одним из важных результатов нашей работы было то, что нам удалось зафиксировать почти забытую эскимосскую топонимику на всей территории, вдоль которой проходил маршрут нашего плавания. Эскимосы в этих местах не живут уже около двух столетий. Эскимосская топонимика, видимо, сохранялась в течение длительного времени, пока существовала практика дальних охотничьих и торговых экспедиций. Сейчас, когда промысловые угодья сосредоточены преимущественно вокруг поселков,

топонимика отдаленных районов стремительно исчезает. В быт все более входят официальные картографические названия, как правило, не основывающиеся на местной традиции или фонетически искажающие ее. Вместе с тем вряд ли стоит говорить, какое значение имеет анализ местной топонимики для изучения этнической истории обоих этих народов.

Ныхсирак протянулся почти на 400 м вдоль галечной косы, отделяющей от моря обширную лагуну Гытлянгэн. Остатки древних жилищ были вытянуты длинными параллельными рядами вдоль старых береговых валов и представляли собой ныне оплывшие воронки с торчавшими кое-где обломками каркаса из китовых костей. Остатки таких жилищ встречались нам многократно при наших работах на Чукотке от Уэльналя до мыса Дежнева. Однако целый ряд объектов на поселении Ныхсирак поразил нас.

Мы обнаружили здесь вкопанные в грунт два черепа гренландских китов, подобные тем, что стоят на «Китовой аллее». Это было первое доказательство справедливости нашей версии о возможных связях строителей «Китовой аллеи» с населением Мечигмена. Другой поразившей нас особенностью поселения в Ныхсираке было большое количество найденных там черепов детенышей серых китов с шириной



Внутренний вид сохранившейся полуземлянки в Масике.

скул в 70—90 см. Эти черепа встречались не только на галечном пляже, но и в кладках фундамента некоторых жилищ, где они были выложены правильными кругами. Всего в Ныхсираке мы насчитали 122 черепа детенышей серых китов, лежащих на поверхности. В некоторых полуземлянках под фундамент было использовано до двух десятков черепов этих животных.

### ГОРОДИЩЕ МАСИК

8 августа 1981 г. мы подошли с юга к обширной галечной косе, отделяющей вход в Мечигменскую губу, и двинулись вдоль нее в сторону древнего поселка Мечигмен, оставленного последними жителями-чукчами в начале 1950-х годов. Эскимосское название этого поселка — Масик. Чукотский топоним, как и в случае с Ныхчигеном, представляет собой фонетическую адаптацию эскимосского слова «Масигми», что означает «в Масике».

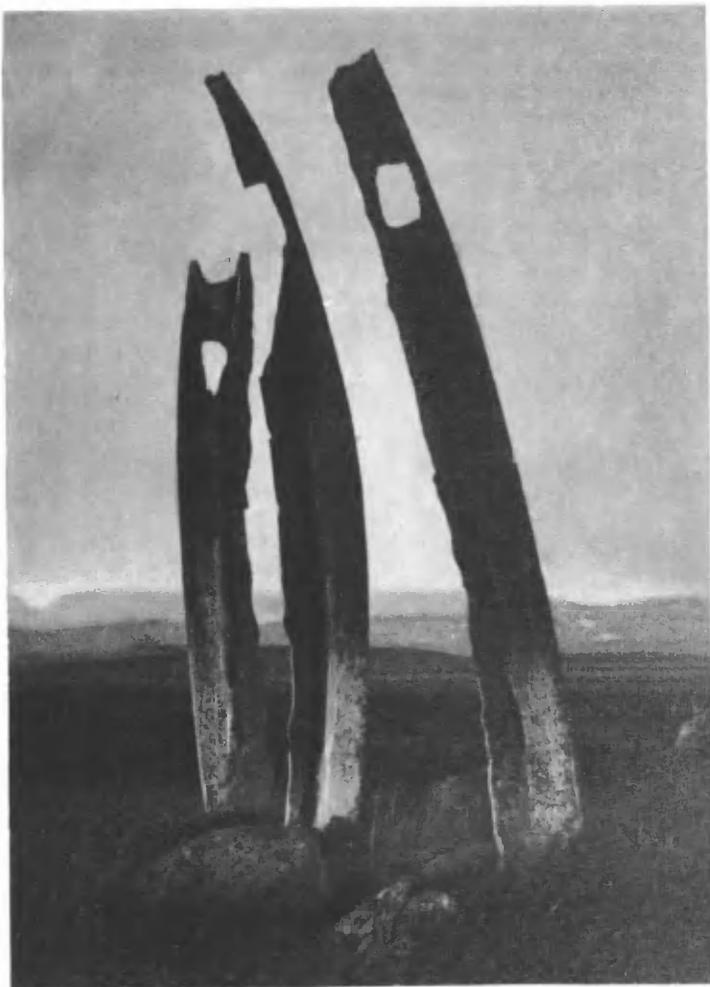
С моря нам открылось удивительное зрелище. Над плоской поверхностью низкой заболоченной косы примерно в

трех километрах от ее оконечности возвышался холм 11-метровой высоты. Все пространство вокруг него было усеяно причудливо изогнутыми обломками вертикально вкопанных в землю челюстей китов, грудами разбросанных китовых черепов, остатками полуподземных жилищ. Среди них — уже знакомые нам правильные группы из крупных черепов гренландских китов, вкопанных в грунт. Их скуловые отростки наподобие крабьих клешней торчали вверх, ярко выделяясь над зеленовато-бурой растительностью чукотской тундры. Мы поняли, что нашли то, что искали. Именно здесь, скорее всего, жили люди, породившие культовую традицию, результатом которой явилась «Китовая аллея».

Древнее поселение Масик грандиозно по масштабам Чукотки. Съемка показала, что оно протянулось с юго-запада на северо-восток вдоль линии косы на 1 км и представляло собой два крупных кольца, окаймлявших берега ныне высохших внутренних озер. На обоих краях селения стояли крупные одиночные столбы из челюстей гренландских китов. Центр, вероятно, находился на холме. Мы обнаружили там остатки 7 крупных полуземлянок различной конструкции с диаметром в среднем около 7 м. По ряду деталей они отличались от уже знакомых нам остатков древнеэски-

Группа столбов из китовых челюстей и вкопанный китовый череп в Масике.

Остатки традиционных жилищ с кладкой из камней в Наукане. Такие же, но более древние жилища сохранились и в Нунаке.



мосских жилищ. Чукчи расположенного недалеко современного села Лорино называют их словом «клегран», что в переводе означает «мужской дом». Совершенно очевидно, что они являются функциональным аналогом знаменитых эскимосских общинных домов «кажги», существование которых на азиатском берегу до сих пор подвергалось сомнению. Между этими землянками мы обнаружили несколько весьма необычных объектов, имевших, по нашему мнению, ритуальное значение. Среди них особенно выделялся одиночный крупный столб из китовой челюсти, укрепленный у основания навалом 20 черепов детенышей серого кита. Внутри груды черепов просматривались олени рога. В 2,5 м от нее было найдено захоронение черепа белого медведя, придавленного большими валунами и окруженного опять же небольшими черепами серых китов. Несколько в стороне, поперек холма прямо на поверхности были выложены 10-метровым рядом челюсти серого кита. Кроме того, по всей поверхности холма расставлены несколькими группами крупные столбы из челюстей гренландских китов.

Не менее интересными оказались объекты, расположенные ближе к морю на береговых валах галечной косы. Мы нашли там 6 овальных полуподземных жилищ размером примерно 8×5 м, боковые стенки и свод которых были выложены из костей гренландских и серых китов. У некоторых жилищ почти полностью сохранились основные детали конструкции, и одна полуземлянка оказалась почти нетронутой. За десятилетие нашей работы на Чукотке это было первое полуподземное жилище с полностью сохранившимся сводом из челюстей гренландских и серых китов. Оно было покрыто пластом дерна, а в центральной части крыши сохранилось входное отверстие. Конструктивные особенности этого жилища в точности совпадали с известными описаниями и рисунками путешественников XVIII в.

Почти у каждого жилища в Мечигмене в прошлом стояла группа вертикально вкопанных столбов из нижних челюстей гренландских китов. Всего в Масике мы насчитали более двух десятков сохранившихся столбов, некоторые из них достигали в высоту 3,5—5 м. Однако главной особенностью поселения в Масике было использование при строительстве огромного количества костей детенышей серых китов: черепов, челюстей, ребер и лопаток. Такого изобилия мы не встречали нигде на побережье Чукотки: только на поверхности

и в выступающих кладках жилищ мы насчитали около 1500(1) черепов детенышей серых китов со скуловой шириной 0,7—0,95 м, а также остатки примерно 30 гренландских китов и несколько более мелких усатых китов неопределенного вида. При этом кости других морских животных, особенно моржей и мелких тюленей, встречались в Масике редко, что резко контрастировало со всеми обследованными нами развалинами древних поселений.

Всего на городище Масик мы зафиксировали более 100 различных объектов. Стало ясно, что в короткие сроки экспедиции можно составить лишь общее представление об этом грандиозном памятнике. Однако экспедиция обнаружила в Масике то, что искала — крупное древнее поселение охотников на китов с богатыми ритуальными традициями, в том числе обычаем вкапывания черепов гренландских китов в виде правильных двоек и четверок наподобие «Китовой аллеи». Правда, в самом Масике таких черепных групп оказалось сравнительно немного — всего четыре. И они не вытянуты в правильный ряд, как на «Китовой аллее». Кроме того, в двух группах черепов были вкопаны весьма своеобразно: один — носовыми костями вниз, а другой — вверх. Что это значит — пока неизвестно.

## ПАМЯТНИКИ МЫСА ДЕЖНЕВА

После окончания в поселке Лаврентия маршрута на промысловых судах небольшая этнографическая группа совершила рекогносцировочную поездку в район скалистого выступа мыса Дежнева, где осмотрела остатки древнего поселка Нунак (чук.— Нунегнин, рус.— Старый Наукан), расположенного прямо на мысу Пезк. Поселок этот совершенно неизвестен, и наше внимание к нему привлекло частое упоминание о нем в науканско-эскимосском фольклоре. В частности, именно в нем случилось одно из самых знаменитых эскимосских мифических событий — рождение эскимосской женщиной китеныша.

Массив мыса Дежнева подобен небольшому каменному острову, чьи берега с трех сторон обрываются круто в море, а с четвертой, западной, не менее круто опускаются в заболоченный перешеек, соединяющий мыс с материком. Здесь нет привычных для Чукотки галечных кос, лагун, лежащих в низменных тундровых поймах тихих, мелких рек. Соответственно этому иным был и облик древних поселков и жилищ. Селения располагались на крутых гор-



Остатки наземной части жилища в Масике на косе с каркасом из костей серого и гринландского китов.

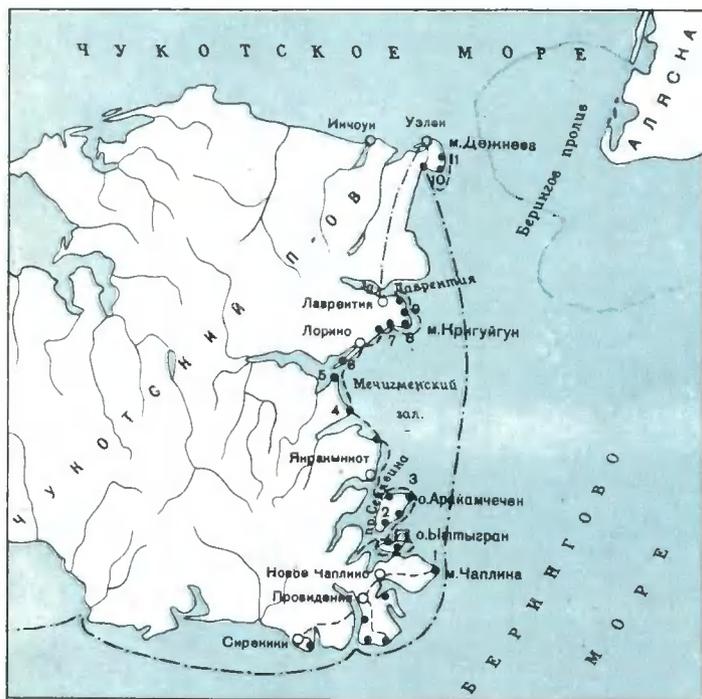
ных склонах. Особенно удивителен Нунак, у подножия которого даже отсутствует береговая полоса, куда можно было бы вытащить лодки. Древние жилища стояли на высоте 10—20 м над уровнем моря, и добираться к ним надо было по крутым горным тропам. Хотя две обнаруженные нами в Нунаке древние полуземлянки были похожи на жилища самого Чукотского побережья, более поздние наземные жилища в обоих поселках отличались от обычных чукотских и эскимосских береговых яранг XIX—XX вв. Они скорее напоминали небольшие (около 8 м диаметра) ка-

менные бастионы со сложенными из валунов стенами, толщиной около 1 м и выложенными из камней коридорами трехметровой длины. Описания аналогичного типа жилищ опубликованы исследователями, работавшими на островах Диомиды. Достопримечательность Нунака — выложенный из камня обширный «резервуар» на крутом горном склоне над поселком, который мы видели, к сожалению, только с моря. Согласно бытующим до сих пор местным легендам, в нем жил знаменитый Кит, Рожденный Женщиной. Возможно, на самом деле это был искусственный резервуар для сбора снеговых и паводковых вод.

В целом, древнеэскимосские памятники массива мыса Дежнева еще ожидают своего исследования. Привычная рекогно-

сцировка, осуществленная нами в Нунаке, и беглый осмотр Наукана все же дают основание утверждать, что здесь мы также сталкиваемся со специфической культурной зоной, во многих отношениях отличной от других древних культур Чукотки. Скорее всего, его появление можно объяснить особой адаптацией к условиям скалистого горного побережья каких-то групп мигрантов, двигавшихся сюда через о-ва Диомида с американской стороны Берингова пролива.

ственным комплексе охоты на детенышей серого кита. Как известно, во всех остальных районах всего северного Берингоморья на протяжении тысячелетий главными объектами морского промысла были либо крупные морские млекопитающие (греландский кит, морж, белуха), либо тюлени. Специализированная охота на серого кита, тем более на его детенышей, насколько мы можем судить, нигде к северу от Алеутских о-вов археологически не зафиксирована. В то же время для носителей куль-



Маршруты этнографической экспедиции 1981 г.



Современные населенные пункты  
Древние и традиционные поселки и стойбища, обследованные экспедицией:

1 — Унгазик (Старое Чаплино)

2 — Сиклюк

3 — Кыгынини

4 — Ныхсирак

5 — Масик

6 — Раупелян

7 — Кукун

8 — Аккаи

9 — Яндагай

10 — Нунак

11 — Наукан



«Китовая аллея»



Маршруты экспедиции на лодках и вездеходах



Прочие маршруты.

## КУЛЬТУРА МАСИК

За два с лишним месяца плавания вдоль всего восточного побережья Чукотки экспедиция, осмотрев более двух десятков древних поселений, отметила, что на фоне более или менее единообразного культурного облика Чукотского побережья отчетливо выделяются два района: зона Мечигменского залива и массив мыса Дежнева. И если второй из этих районов был достаточно известен и частично описан нашими предшественниками, то древнюю культуру Мечигменского залива — масик — можно считать подлинным открытием экспедиции 1981 г.

Ее главная экологическая особенность — резкое доминирование в хозяй-

туры масик детеныши серого кита были не просто главным, но единственным объектом добычи.

Такая специализация древних охотников Мечигменского залива находит свое объяснение. На этом участке, особенно в районе Масика, и в наши дни сосредоточивается в летние месяцы большое количество детенышей и молодняка серых китов, которые местами подходят вплотную к берегу. Сопровождавшие нас биологи в течение нескольких дней следили за поведением и кормлением этих животных. По данным биологов (Л. С. Богословской и Л. М. Вотрогова), Мечигменский залив и некоторые другие участки вдоль восточного побережья Чукотки являются местами летнего нагула значительной части молод-

няка стада серых китов, мигрирующего в летние месяцы к берегам Чукотки. Из распросов стариков следует, что еще в конце XIX — первой половине XX в. местные охотники промышляли здесь с помощью гарпунов и железных копий детенышей серых китов, добывая их у самого берега. По-видимому, здесь можно говорить о преемственности хозяйственно-культурной традиции с древних времен до XX в.

Такая неожиданная хозяйственная специфика Масика дополняется, как и следовало ожидать, и другими чертами, отличающими его от прочих районов Чукотки. Среди них: наличие, как и на «Китовой аллее», вкопанных групп черепов гренландских китов; овалынные полуподземные жилища без внутренних опорных столбов из китовых челюстей или дерева; весьма своеобразный облик ям — хранилищ мяса, отделанных в виде овальных углублений или даже поверхностных кольцевых выкладок из черепов серых китов; исключительное обилие, как и на «Китовой аллее», самых разнообразных ритуальных конструкций, объединенных в отдельные комплексы; сохраняющаяся до наших дней устная традиция о существовании здесь общинных мужских домов-клегранов (хотя некоторые упоминания о них есть в других районах Чукотского п-ова, в том числе в Узлене и Наукане).

В какой степени культурная традиция масик может быть связана с «Китовой аллеей»? Ответ на этот вопрос должны дать дальнейшие исследования, и прежде всего получение радиокарбонных датировок вновь открытых памятников. Напомним, что мы датируем «Китовую аллею» периодом позднего пунука, ориентировочно XIV—XV вв., в то время как радиокарбонный анализ китовой кости оттуда дал нам XVII в. По внешнему облику памятники Мечигменского залива выглядят также достаточно поздними. Русская морская экспедиция И. Биллингса, посетившая в 1791 г. Масик, застала еще обитаемыми овальные полуподземные жилища; это значит, что традиция культуры масик сохранялась, по крайней мере, до конца XVIII в. Правда, путешественники, позднее проезжавшие через Мечигмен (В. Хупер, В. Г. Богораз, Н. Л. Гондатти), ничего не сообщают о ритуальных памятниках. Однако по сообщению известного советского этнографа И. С. Вдовина, когда он в 1930 г. проезжал через маленькое стойбище Мечигмен, где тогда жило всего несколько семей, возле столба на холме еще лежали деревянные скульптурные изображения кита.

Следовательно, культурная традиция масик пережила создателей «Китовой аллеи». Очевидно, эскимосское население этого региона не позднее XVIII в. было ассимилировано и частично вытеснено чукчами. Часть эскимосов ушла с Мечигменского залива на юг к островам пролива Сенявина, мысу Чаплина, часть волилась в социальные группировки науканских эскимосов. Не исключено, что среди чукотского приморского населения Лорино нам удастся в будущем найти остатки этнографических преданий, связанных с древними жителями Масика.

На фоне богатой культурной традиции масик «Китовая аллея» перестает быть столь резко выделяющимся явлением. Она как бы вписывается в общую линию эволюции культур аборигенов Берингова пролива и, в частности, в ту ее специфическую форму, которая представлена памятниками Мечигменского залива. Трудно пока еще ответить на вопрос о характере связи между всеми этими памятниками, об их хронологии и стратификации. Видимо, даже вопрос о границах распространения культуры масик пока еще не имеет однозначного ответа. Очень осторожно мы можем говорить, что ее ареал ограничивается с севера массивом мыса Кригуйгун, а с юга — островами пролива Сенявина, где встречаются и памятники для более южных районов.

Открытие этого ареала и неизвестной доселе культурной традиции позволяет исследователям, занимающимся изучением древней истории Берингоморья, углубить понимание исторических, социальных и этнических процессов в этом ключевом районе Северной Пацифики. Дальнейшие исследования здесь представляются весьма плодотворными и многообещающими.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

**Арутюнов С. А., Сергеев Д. А.** ПРОБЛЕМЫ ЭТНИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ БЕРИНГОМОРЬЯ. М.: Наука, 1975.

**Диков Н. Н.** ДРЕВНИЕ КУЛЬТУРЫ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ. М.: Наука, 1979.

**Арутюнов С. А., Крупник И. И., Членов М. А.** «КИТОВАЯ АЛЛЕЯ». ДРЕВНОСТИ ОСТРОВОВ ПРОЛИВА СЕНЯВИНА. М.: Наука, 1982.

**Арутюнов С. А., Крупник И. И., Членов М. А.** ИСТОРИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ПРИРОДНАЯ СРЕДА.— Вестник АН СССР, 1981, № 2.

## ЗОЛОТЫЕ МЕДАЛИ ИМ. М. В. ЛОМОНОСОВА ЗА 1983 Г.

Президиум АН СССР присудил золотые медали им. М. В. Ломоносова за 1983 год академику А. Л. Курсанову за выдающиеся достижения в области физиологии и биохимии растений и иностранному члену АН СССР, профессору Абдусу Саламу за выдающиеся достижения в области физики. Золотые медали им. М. В. Ломоносова — высшая награда Академии наук СССР и присуждается ежегодно за выдающиеся достижения в области естественных наук (одна — советскому, одна — иностранному ученым).

### Андрей Львович Курсанов и наука о жизни растений

Прогресс в любой области науки зависит от общего уровня знаний, от методов и концепций, еще не вошедших в учебники, но уже завоевавших себе место в лабораториях. Однако, чтобы преодолеть инерцию спокойного развития по горизонтали, нужен лидер, способный изменить ситуацию и поднять исследования на более высокий уровень.

Таким лидером в физиологии растений в нашей стране в начале 50-х годов стал Андрей Львович Курсанов. В 1952 г. он был назначен на должность директора Института физиологии растений им. К. А. Тимирязева АН СССР (ИФР). Однако назначения на должность директора недостаточно, чтобы стать лидером по существу, а не по форме. Нужны соответствующие качества, и А. Л. Курсанов обладал ими. Андрей Львович стал физиологом растений не после прихода в Институт физиологии растений из Института биохимии им. А. Н. Баха АН СССР; напротив, он пришел в ИФР, потому что уже сложился как физиолог, со своим, отличным от традиционного, видением этой науки.

Формированию А. Л. Курсанова как ученого способствовало много благоприятных обстоятельств. Отец его, Лев Иванович Курсанов, известный специалист по низшим растениям, профессор Московского университета, был выдающейся личностью, из плеяды тех гигантов, которыми долго будет гордиться университетская наука. Участие вместе с отцом в ботанических экспедициях, оживленное обсуждение последних открытий, прочитанных книг и, наконец, личный пример отца с его трудолюбием и преданностью науке — не могли остаться втуне.

Среди выпускников гимназии, в которой учился А. Л. Курсанов (закончил ее в 1919 г.), много известных ученых, и это говорит не только о качестве преподавания в гимназии, но и о той духовной атмосфере, которая там царила. В студенческие годы (1921—1926 гг.) благотворным было влияние его учителя, известного физиолога растений Ф. Н. Крашенинникова, а во время аспирантского курса (1926—1929 гг.) — А. И. Опарина.

Несомненно, все эти факторы способствовали превращению природных качеств, присущих молодому Курсанову, — любознательности, наблюдательности, интуиции — в качества, необходимые ученому, лидеру и организатору науки. Среди них — широкая образованность, талант экспериментатора, способность видеть «горячие точки» своей науки и выбрать их как направление собственных исследований и руководимого им коллектива.

Если проследить научный путь А. Л. Курсанова, то уже в самом начале можно обнаружить ниточки, приведшие его к науке о жизни растений, которую он понимал как раскрытие внутренней, интимной организации физиологических процессов. Его дипломная работа, выполненная в 1926 г., была посвящена влиянию на дыхание и транспирацию пшеницы гриба *Ustilago tritici*, вызывающего заболевание головной. Изучая в начале 30-х годов биохимию чайного производства (вместе с М. А. Бокугаевой, К. М. Джамухадзе, С. М. Манской, Н. Н. Крю-

ковой и др.), А. Л. Курсанов не замкнулся только на разработке технологического процесса ферментации чайного листа, он занялся изучением химии и биохимии (впоследствии вместе с М. Н. Запрометовым) фенольных соединений в растении, связи их метаболизма с физиологическими функциями и структурами организма. Переход от изучения действия ферментов в растворах к исследованию ферментативных процессов в живых клетках (1934—1941 гг.) — еще один шаг на пути к физиологии растений.

И, наконец, первая попытка исследовать передвижение сахаров в растении. Об этом опыте, проведенном в начале 30-х годов, следует рассказать подробнее, ибо здесь проявилось присущее А. Л. Курсанову свойство идти от феноменологии в глубь процесса. Пропуская под давлением раствор глюкозы через срезанные черешки листьев сахарной свеклы, он обнаружил превращение глюкозы во фруктозу; так он пришел к выводу о сложной метаболической природе транспорта органических веществ в растении. Эта идея на долгие годы стала ведущей в научном творчестве Курсанова и его ближайших сотрудников: О. Н. Павлиновой, М. В. Туркиной, И. М. Дубининой, Э. И. Вискребенцевой, М. И. Бровченко, Н. А. Приступы и др.; отсюда возникло новое научное направление в физиологии растений — транспорт веществ, которое по праву считается во всем мире его направлением.

Вместе с А. Л. Курсановым в Институт физиологии растений перешли сотрудники его лаборатории, хорошо владеющие новыми для того времени методами меченых атомов и хроматографии. Лаборатория директора института стала центром, из которого новые методы распространялись в другие лаборатории, работавшие до этого в основном традиционными физиологическими и экологическими методами.

Дискуссии, иногда очень острые, с заведующими и сотрудниками лабораторий, организация рекогносцировочных групп для работы в совсем новых для того времени направлениях (культура тканей и клеток, ну-



А. Л. Курсанов

клевинные кислоты, мембраны клеток растения и др.), новые методы, пришедшие из биохимии и физической химии, — все это не сразу, но необратимо меняло традиционный профиль исследований ИФР, а значит, и всей советской физиологии растений.

Андрей Львович всегда уделял и уделяет много внимания молодежи. Беседы, разбор полученных экспериментальных данных, усилия, которые прилагает Курсанов, чтобы отвлечь от частностей и направить на поиск новых закономерностей, были очень благотворны для талантливой ИФРовской молодежи 50-х годов (Ю. Г. Молотковский, О. Н. Кулаева, В. И. Холодова, В. Е. Семененко, Н. А. Приступа, Ю. Б. Вахмистров и др.). Сейчас именно эти люди определяют тот облик ИФР, который устремлен в будущее.

Мне посчастливилось в первое время после прихода А. Л. Курсанова в ИФР близко

работать с ним в качестве ученого секретаря института. ИФР в то далекое время по нынешним меркам был совсем маленьким — всего 90 человек. Ученый секретарь не только исполнял свои основные обязанности, но и был референтом директора. Тогда, как и сейчас, директор был засыпан лавиной деловых бумаг и писем. Иные из них были так бессодержательны и формальны, что, с моей тогдашней точки зрения, на них не следовало бы отвечать. В крайнем случае, это можно было поручить кому-либо иному. Однако Андрей Львович никогда не позволял себе ограничиться отпиской. Его ответы всегда служили делу, даже когда запрос был пустой формой.

Очень интересно и важно для меня было участвовать вместе с Курсановым в составлении годовых отчетов института. Поражала прицельная точность, с которой из груды результатов лабораторий он вытаскивал свежие идеи, новые методические подходы, факты, открывающие новые пути. Собирая вместе все то, что меняло сложившийся в физиологии растений стереотип, Курсанов видел конечную

цель — тот новый уровень, на который хотел поднять советскую физиологию растений. Его ежегодные директорские отчеты на ученом совете института ожидалась всеми с большим нетерпением. Они были всегда блестящим анализом положения и тенденций, а не формальной скороговоркой, перечисляющей отдельные результаты.

Многогранна научно-организационная деятельность А. Л. Курсанова в Академии наук.

Он много сделал, чтобы за рубежом как можно больше знали о достижениях советских физиологов.

Как большинство талантливых ученых, он автор многочисленных публикаций. Хотелось бы выделить из их числа три книги, разные по жанру и настрою, которые, как мне кажется, характеризуют разные грани таланта Андрея Львовича. На первом месте, несомненно, книга, подводящая итоги его научной жизни, фундаментальное исследование

«Транспорт ассимилятов в растении». Недавно она переведена на английский язык и скоро не только советские, но и зарубежные исследователи будут черпать из нее новые концепции, задумываясь над тем, что еще не познано и что надо делать дальше.

Вторая книга — это «Ученый и аудитория», собрание лекций Андрея Львовича, прочитанных на разные темы в разных аудиториях. Поражает удивительное умение находить такие формы лекций и докладов, которые позволяют установить контакт с любой аудиторией. И, наконец, изданная в 1956 г. книга «По Франции и Западной Африке», в которой Курсанов описывает ботаническую экскурсию, состоявшую после VIII Международного ботанического конгресса, где он был главой советской делегации. Эта книга не только читалась с большим интересом рядовым читателем, но и вызвала многочисленные

отзывы специалистов-географов, хвалявших ее за точность и образность описания природы и обстановки.

Время идет, и, несмотря на свой возраст, А. Л. Курсанов думает не о том, что уже сделано, а о подъеме науки о жизни растений на новый уровень. Комплексный, интегративный характер этой классической дисциплины позволяет ей использовать все новейшие достижения физико-химической, молекулярно-генетической и клеточной биологии. И, как прежде, А. Л. Курсанов видит растение как целое, где транспорт клеточный и полостной (внеклеточный) координируют процессы в разных органах и тканях организма.

Член-корреспондент АН СССР

**Р. Г. Бутенко**

Институт физиологии растений  
им. К. А. Тимирязева АН СССР  
Москва

## Симметрии и объединенное описание взаимодействий элементарных частиц

Имя профессора Абдуса Салама хорошо известно физикам всех стран, занимающимся изучением закономерностей микромира. Лауреат Нобелевской премии, директор Международного центра теоретической физики в Триесте, член Лондонского королевского общества и ряда иностранных академий, А. Салам — видный теоретик, внесший своими трудами существенный вклад в развитие физики элементарных частиц последних десятилетий.

А. Салам родился в 1926 г. в Джанге (ныне Пакистан). Образование получил в Пенджабском и Кембриджском университетах. В 1951—1954 гг. преподавал в Пенджабском универ-

ситете, в 1954—1956 гг. был лектором Кембриджского университета; с 1957 г. — профессор Имперского колледжа науки и технологии при Лондонском университете, а с 1964 г. — также директор созданного им Международного центра теоретической физики.

А. Салам впервые заявил о себе в 1951—1952 гг. рядом серьезных исследований по теории перенормировок в квантовой электродинамике частиц со спином 0 и 1/2, в то время находившейся в центре внимания теоретиков. К проблемам перенормировок он возвращался и впоследствии, но основные его работы так или иначе связаны с теорией симметрий в

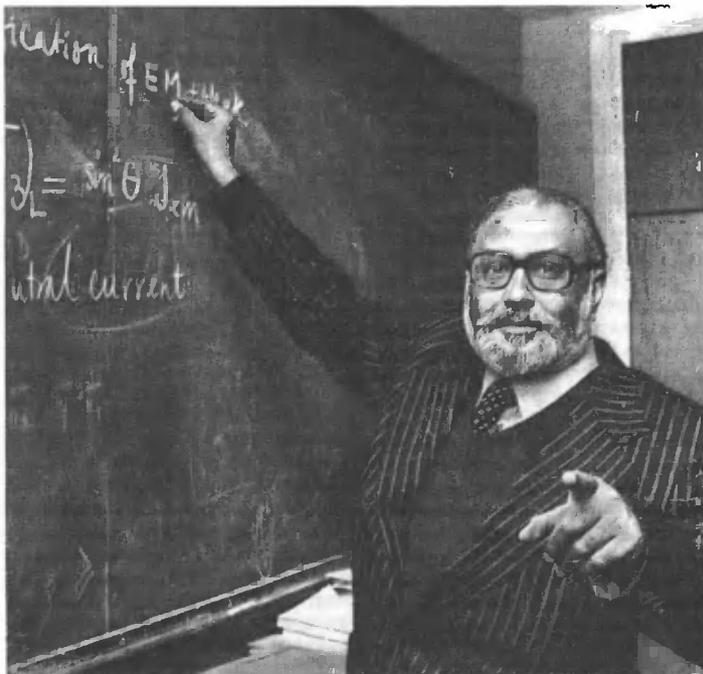
физике элементарных частиц. Обостренный интерес к вопросам симметрии возник у А. Салама еще в годы обучения в Кембриджском университете, в немалой степени под влиянием лекций Н. Кеммера — автора так называемой симметричной мезонной теории (1937 г.), по существу, строго сформулированной теории изотопической инвариантности мезон-нуклонных взаимодействий. В дальнейшем этот интерес перерос у А. Салама в глубокое убеждение относительно решающей роли симметрий в формировании структуры взаимодействий и наблюдаемых свойств элементарных частиц. В значительной мере это убеждение и опре-

делило направленность его последующей исследовательской деятельности.

Одной из первых работ А. Салама, использующей представления о симметрии и вызвавшей заметный резонанс, была работа 1956 г., посвященная так называемой  $\gamma_2$ -инвариантности теории слабых взаимодействий. В том же году оживленно дебатировался вопрос о возможном нарушении лево-правой симметрии в слабых процессах.  $\gamma_2$ -инвариантность требовала безмассовости нейтрино, вела (независимо от нескольких иных подходов Л. Д. Ландау, а также Ц. Ли и Ч. Янга) к теории с двухкомпонентным нейтрино и тем самым открывала путь к истолкованию природы нарушения лево-правой симметрии.

Соображения, связанные с симметрией (типа изотопической), лежали в основе другой работы А. Салама (совместно с Дж. Уордом, 1958 г.), в которой содержался первый набросок идеи относительно возможного синтеза электромагнитного и слабого взаимодействий. Важным отправным пунктом этой работы было предположение о том, что слабое взаимодействие, как и электромагнитное, описывается теорией, обладающей локальной калибровочной инвариантностью, и, следовательно, переносчиками взаимодействия в нем являются векторные мезоны (в данном случае промежуточные  $W^\pm$ -бозоны). В отличие от фотонов, однако, промежуточные бозоны должны были быть массивными и, при наличии симметрии  $SU(2)$ , объединяющей электромагнитное и слабое взаимодействия, а также условия существования единственной константы  $\alpha$ , связанной с электрическими зарядами, их масса оказывалась неожиданно большой, доходя до десятков ГэВ.

В 1961 и 1964 гг. А. Салам (совместно с Дж. Уордом) снова возвращается к идее об едином описании электромагнитного и слабого взаимодействий, несколько изменяет аргументацию и приходит к выводу о наличии, наряду с заряженными, нейтрального массивного переносчика слабых взаимодействий ( $Z^0$ -бозона). Уточненное описа-



А. Салам

ние соответствовало симметрии  $SU(2) \times U(1)$ . Лишь невозможность (в тот период) объяснить в рамках калибровочных теорий происхождение масс  $W^\pm$ - и  $Z^0$ -бозонов помешала тогда приданию законченного вида теории, описывающей оба типа взаимодействий. После решения П. Хиггсом и др. (1964 г.) проблемы возникновения массы у промежуточных бозонов А. Салам (и независимо С. Вайнберг) дает в 1967 г. окончательную формулировку единой теории электромагнитного и слабого взаимодействий<sup>1</sup>. В 1973 г. с открытием нейтральных слабых токов, связанных с  $Z^0$ -бозоном, пришло первое подтверждение этой теории. В дальнейшем ко-

личество подобных фактов непрерывно нарастало, и к 1978 г. практически все следствия единого описания двух типов взаимодействий были подтверждены экспериментально, за исключением факта существования промежуточных бозонов.

Несмотря на это исключение, успех нового подхода был столь разительным, что в 1979 г. Шведская академия наук присудила А. Саламу (совместно с С. Вайнбергом и Ш. Глэшоу) Нобелевскую премию за «фундаментальный вклад в создание теории, объединяющей слабое и электромагнитное взаимодействия». Триумфальным подтверждением правильности всей концепции объединения взаимодействий и обоснованности решения Шведской академии наук стало открытие в 1983 г. промежуточных  $W^\pm$  и  $Z^0$ -бозонов<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Подробнее об этом см.: Кобзарев И. Ю. Лауреаты Нобелевской премии 1979 года. По физике — С. Вайнберг, Ш. Глэшоу, А. Салам. — Природа, 1980, № 1, с. 84.

<sup>2</sup> Подробнее об этих экспериментах см.:  $W$ -бозоны обнаружены. — Природа, 1983, № 4, с. 107; Первое наблюдение  $Z^0$ -бозона<sup>1</sup> — Там же, № 8, с. 102; Смондирев М. А. Промежуточные векторные бозоны. — Там же, № 12, с. 21.

с массами  $m_w=81$  ГэВ и  $m_s=93$  ГэВ. Новая теория вошла в актив физики, а максвелловский синтез электричества и магнетизма, осуществленный в 1860—1865 гг., был дополнен объединением электромагнетизма со слабым взаимодействием.

Кратко очерченные выше работы А. Салама, связанные с формулировкой единой теории электрослабых взаимодействий, очень ярко высвечивают одну характерную особенность его исследований в целом: они всегда остро актуальны, всегда на переднем крае поисков и, в то же время, всегда нацелены на решение наиболее глубоких, коренных вопросов физики элементарных частиц. Смелая фантазия, далеко идущие предположения хорошо сочетаются в них с тонкой физической интуицией и серьезной теоретической основой. В этой связи хотелось бы остановиться на работах А. Салама 1973—1974 гг. (совместно с Дж. Пати), посвященных проблемам синтеза всех известных видов взаимодействий элементарных частиц (без гравитационного). В этих работах впервые выдвигается идея такого общего синтеза, известного ныне под названием Великого объединения<sup>3</sup>. В них же впервые указывается на то, что такой синтез неизбежно ведет к нестабильности нуклона. Это соображение в дальнейшем получило многообразное развитие, формулировалось и уточнялось в других подходах и в конце 70-х годов стало исходным пунктом для постановки во многих странах мира экспериментов по поиску распада нуклонов. Сама же идея Великого объединения — в настоящее время непререкаемый элемент в арсенале физиков, работающих над проблемами теории элементарных частиц.

Отметим еще одно смелое предположение, высказанное в работе А. Салама с сотрудниками в 1975 г. и, по-види-

мому, заметно опережающее возможности экспериментальной проверки. Речь идет о существовании составных частей у кварков, иначе называемых субкварками, или преонами, которые в последние годы стали предметом широкого обсуждения.

Мы не имеем здесь возможности рассказать о многих других работах А. Салама. Упомянем лишь об исследованиях, связанных с классификацией частиц на основе групп симметрии, о работах, посвященных поискам релятивистских групп, анализу представлений групп, используемых в физике, работах разных лет, исследующих роль гравитационных взаимодействий в проблеме расходимостей и в физике элементарных частиц в целом.

Хотелось бы остановиться еще на одной стороне деятельности А. Салама в качестве организатора и бессменного директора Международного центра теоретической физики в Триесте. Этот центр хорошо известен как место проведения многочисленных симпозиумов, конференций и совещаний по наиболее актуальным проблемам физики, относящимся к самым различным областям исследований, не только к физике элементарных частиц — прямой специальности его директора. Центр в Триесте также хорошо известен как учреждение, предоставляющее широкие возможности для стажировки (с выделением стипендии) начинающих ученых из разных стран мира, особенно из развивающихся стран. Деньги для этих целей выделяются Международным агентством по атомной энергии, под эгидой которого и создавался этот центр. Центр в Триесте был задуман А. Саламом как учреждение, способствующее распространению знаний, обмену идеями, повышению научной квалификации специалистов, особенно в тех странах, которые пока не располагают для этого достаточными собственными научными и педагогическими кадрами. В нобелевской лекции А. Салама не случайно содержатся слова: «Научные идеи и факт их появления представляют собой общественное достояние человечества». Его деятельность на посту директора Международ-

ного центра теоретической физики служит практическому претворению в жизнь этого тезиса. Вскоре после создания центра в Триесте в 1968 г. А. Саламу была присуждена Международная премия «Атом для мира».

В нынешнем году высшая награда Академии наук СССР — золотая медаль им. М. В. Ломоносова — по достоинству отмечает заслуги А. Салама, крупного ученого и человека, немало сделавшего для того, чтобы достижения физики стали достоянием всех, кто стремится к постижению закономерностей природы.

**А. А. Комар,**  
кандидат физико-математических наук  
Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР  
Москва

<sup>3</sup> Салам А. Последний замкнутый цикл Эйнштейна, объединение фундаментальных взаимодействий и свойств пространства-времени. — Природа, 1981, № 1, с. 54.

## Космические исследования

## Запуски космических аппаратов в СССР (январь—февраль 1984 г.)

В январе — феврале 1984 г. в Советском Союзе был запущен 21 космический аппарат, в том числе 18 спутников серии «Космос» с научной аппаратурой, предназначенной для продолжения исследований космического пространства. На «Космосе-1537» установлена научная аппаратура для продолжения исследования природных ресурсов Земли в интересах различных отраслей народного хозяйства СССР и международного сотрудничества. Информация с этого спутника поступает в Государственный научно-исследовательский центр «Природа» для обработки и использования.

Очередной спутник связи «Радуга» оборудован бортовой ретрансляционной аппаратурой для обеспечения в сантиметровом диапазоне длин волн непрерывной круглосуточной телефонно-телеграфной радиосвязи и одновременной передачи цветных и черно-белых программ Центрального телевидения СССР.

## Космические исследования

## Третья основная экспедиция на «Салюте-7» (февраль—март 1984 г.)

8 февраля 1984 г. в 15 ч 07 мин (по московскому времени) в Советском Союзе был осуществлен запуск транспортного космического корабля «Союз Т-10» с экипажем в составе: командир корабля летчик-космонавт СССР Л. Д. Кизим, бортинженер В. А. Соловьев

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	наклонение, град	период обращения, мин
«Космос-1522—1529»*	5.1	1449	1510	74	115
«Космос-1530»	11.1	206	391	72,8	90,1
«Космос-1531»	11.1	994	1023	82,9	105
«Космос-1532»	13.1	178	382	67,2	89,8
«Космос-1533»	26.1	235	382	70,4	90,4
«Космос-1534»	26.1	470	519	65,8	94,5
«Космос-1535»	2.11	974	1029	83	105
«Космос-1536»	8.11	648	679	82,5	97,8
«Союз Т-10»	8.11	226	274	51,6	89,4
«Радуга»	15.11	35 950	35 950	1,3	1440
«Космос-1537»	16.11	220	317	82,4	89,5
«Прогресс-19»	21.11	192	261	51,6	88,7
«Космос-1538»	21.11	781	820	74	100,8
«Космос-1539»	28.11	179	367	67,1	89,6

\* Восемь спутников «Космос-1522 — 1529» запущены одной ракетой-носителем.

и космонавт-исследователь О. Ю. Атьков. Ракета-носитель вывела корабль на околоземную орбиту, параметры которой после двух коррекций траектории на 4-м и 5-м витках составляли: высота в апогее 274 км, в перигее — 226 км, наклонение 51,6°, период обращения 89,4 мин.

На следующий день формирование монтажной орбиты было продолжено, и после необходимых маневров в 17 ч 43 мин «Союз Т-10» состыковался с орбитальной станцией «Салют-7»; сближение корабля со станцией проводилось автоматически, а причаливание и стыковка аппаратов были выполнены экипажем вручную. После стыковки экипаж перешел в помещение станции, и на околоземной орбите начал функционировать научно-исследовательский комплекс «Салют-7» — «Союз Т-10», на борту которого приступили к работе члены третьей основной экспедиции.

Программа работ включает: исследование поверхности Земли и ее атмосферы в интересах различных отраслей науки и народного хозяйства; астрофизические, технологические и

технические исследования и эксперименты; медико-биологические исследования с участием врача-космонавта О. Ю. Атькова; испытания и обработка усовершенствованных систем и приборов.

В первые дни работы космонавты провели расконсервацию станции, проверили функционирование различных систем и оборудования, проконтролировали пульты управления научной аппаратурой, осмотрели иллюминаторы. Экипаж выполнил также регламентные ремонтно-профилактические мероприятия: установлен новый блок очистки в системе регенерации воды из атмосферной влаги, заменен ряд вентиляторов, а также отдельные элементы в аппаратуре «Аэлит-01».

В последнюю неделю экипаж приступил к разгрузке автоматического грузового корабля «Прогресс-19», запущенного 21 февраля 1984 г. в 9 ч 46 мин, а 23 февраля в 11 ч 21 мин состыковавшегося с орбитальным пилотируемым комплексом. Он доставил на орбиту топливо для объединен-



Экипаж космического корабля «Союз Т-10»: командир корабля Л. Д. Кизим (в центре), бортинженер В. А. Соловьев (справа) и космонавт-исследователь О. Ю. Атьков.

ной двигательной установки, оборудование, аппаратуру, материалы для проведения научных исследований и обеспечения жизнедеятельности экипажа, почту. «Прогресс-19» был использован в качестве межорбитального буксира: 25 и 26 февраля 1984 г. с помощью его двигательной установки были проведены коррекции траектории движения комплекса, после чего комплекс перешел на орбиту с высотой в апогее 327 км, в перигее — 305 км, наклонением  $51,6^\circ$  и периодом обращения 90,6 мин.

Научную работу экипаж начал с проведения ряда медицинских экспериментов по изучению механизмов вестибулярных расстройств в период острой адаптации к невесомости и оценке эффективности использования профилактических средств. Медико-биологическим исследованиям и в дальнейшем уде-

лялось много времени. В частности, периодически проводились так называемые медицинские дни, когда О. Ю. Атьков выполнял комплексное обследование экипажа: с помощью ультразвуковой аппаратуры определялись показатели, характеризующие деятельность сердечно-сосудистой системы, измерялись пульс, артериальное давление.

Как и при работе предыдущих экспедиций, большое внимание космонавты уделяли геофизическим исследованиям и экспериментам по изучению природных ресурсов Земли и контролю за сохранением природной среды. Сюда вошли визуальные наблюдения, фотосъемка и спектрометрирование земной поверхности: исследовались океанические течения и взаимодействие океана с атмосферой, проводилась фотосъемка и спектрометрирование отдельных районов территории Дальнего Востока, Приморья, Кавказа, Закавказья, Сибири.

Проводилось изучение межпланетной среды, галактических и внегалактических источников излучения. Так, 24 февраля 1984 г. была выполнена фотосъемка кометы Кроммеллина.

Первые эксперименты по изучению потоков  $\gamma$ -лучей и заряженных частиц в околоземном пространстве были осуществлены с помощью малогабаритного  $\gamma$ -телескопа «Елена». Для оценки параметров атмосферы, непосредственно окружающей станцию, изучения атмосферы и ионосферы Земли выполнен ряд экспериментов с использованием масс-спектрометрической аппаратуры «Астра-1».

Экипаж приступил также к исследованиям по программе космического материаловедения. Была проведена серия экспериментов с помощью аппаратуры «Испаритель», предназначенной для нанесения металлических покрытий на образцы методом испарения и последующей конденсации в условиях космического вакуума и невесомости. Рабочий блок «Испарителя» во время экспериментов был помещен в разгерметизированную шлюзовую камеру, а его работой управляли с пульта, находящегося внутри станции.

С. А. Никитин,  
Москва

Космические исследования

## Космический зонд уходит к комете

22 декабря 1983 г. американский космический зонд "ISEE-3" (International Sun — Earth Explorer) был переведен на новую орбиту, которая к 11 сентября 1985 г. должна привести его в окрестности кометы Джакобини—Циннера.

Запущенный в 1978 г. зонд использовался до сих пор для того, чтобы, находясь в области гравитационного равновесия между Солнцем и Землей, изучать поток заряженных частиц солнечного ветра. В июне 1982 г. путем ряда сложных маневров "ISEE-3" переведен в область магнитного хвоста Земли, а затем на высоту 116 км над поверхностью Луны, откуда и был направлен на встречу с кометой.

Орбита небольшой кометы Джакобини—Циннера проходит вблизи Юпитера, т. е.

слишком далеко от Земли, чтобы сейчас комету можно было наблюдать. Однако по мере ее приближения, весной 1984 г. или в январе — феврале 1985 г., это станет возможным. Осенью 1985 г. комета максимально сблизится с Землей и будет находиться «всего» в 71 млн км от нас. Предполагается, что как раз в это время «ISEE-3» пройдет сквозь хвост кометы на расстоянии 5—15 тыс. км от ее головы.

На борту спутника отсутствует оборудование для фотографирования, однако имеются приборы, предназначенные для изучения магнитного поля, плазмы и заряженных частиц в пределах кометного хвоста и передачи этой информации на Землю.

Экспериментом руководит сотрудник НАСА Р. Фаркуар (R. Farquhar).

New Scientist, 1983, v. 100, № 1389/1390, p. 872 (Великобритания).

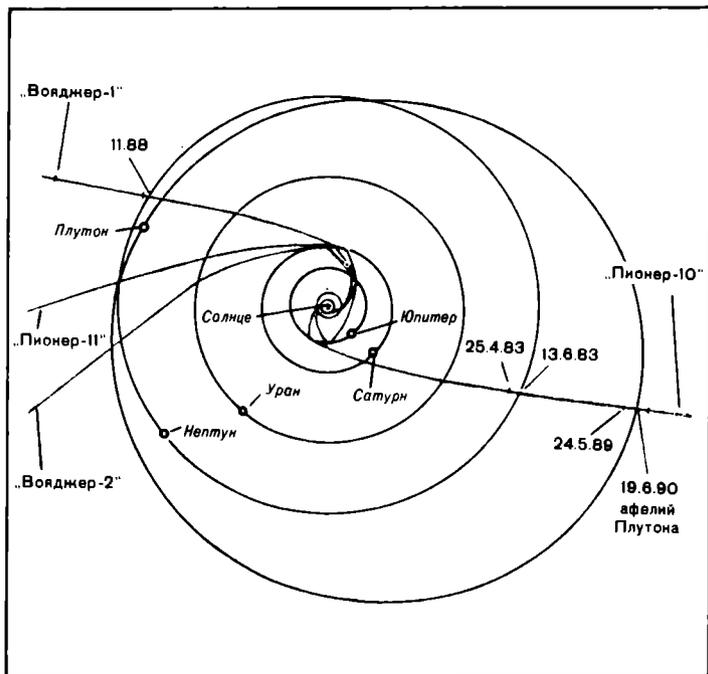


Схема движения «Вояджера-1 и -2», а также «Пионера-10 и -11» к границам Солнечной системы.

## За пределы Солнечной системы

Из всех космических аппаратов, запущенных за 25 лет космических исследований, только четыре (два «Пионера» и два «Вояджера») сумеют выйти за пределы Солнечной системы. Какой из них окажется первым, зависит не только от времени запуска и скорости, но и от направления их движения, а также от определения «границы» Солнечной системы.

Так, за «границу» Солнечной системы можно принять орбиту наиболее удаленной планеты — Плутона. Однако траектория движения Плутона не круговая, а эллиптическая: 21 год из 250 лет обращения Плутона вокруг Солнца его орбита находится внутри орбиты Нептуна. В этот период времени орбита Нептуна становится наиболее удаленной от Солнца. При таком определении «границы» Солнечной системы «Вояджер-1», запущенный в сторону перигелия орбиты Плутона, первым покинет пределы Солнеч-

ной системы в ноябре 1988 г., когда пересечет орбиту Нептуна.

В это время «Пионер-10», запущенный в сторону афелия орбиты Плутона, будет находиться на большем удалении от Солнца, чем «Вояджер-1», однако орбиту Плутона он пересечет только в июне 1990 г. и при подобном определении «границы» Солнечной системы будет вторым.

«Границей» Солнечной системы можно считать также афелий орбиты Плутона (7 375 174 991 км). В этом случае первым будет «Пионер-10», который достигнет этой точки 19 июня 1990 г.

Кроме того, за «край» Солнечной системы можно принять гелиопаузу, т. е. границу между магнитосферой Солнца и межзвездным ветром, через который движется Солнечная система. Это расстояние точно неизвестно, предположительно оно равно  $2 \cdot 10^{10}$  км. Полагают, что четыре наружных зонда космических кораблей зафикси-

руют определенный таким образом «край» Солнечной системы по эффекту усиления космического излучения. В этом случае первым опять станет «Вояджер-1», который за счет большей скорости обгонит «Пионер-10», стартовавший ранее.

По той же причине «Вояджер-1» окажется первым, если «край» Солнечной системы определить как облако Оорта, под которым понимается место скопления многих долгопериодических комет, находящихся на расстоянии  $6 \cdot 10^{12}$  —  $1,5 \cdot 10^{13}$  км от Солнца. В этом случае космическим кораблям потребуется 15 тыс. лет, чтобы достичь «границы» Солнечной системы.

Science News, 1983, v. 123, № 18, p. 277 (США).

### Астрофизика

## Эксперимент «Реликт»

И. А. Струков и Д. П. Скулачев (Институт космических исследований АН СССР) сообщают

о первых результатах, полученных в эксперименте «Реликт», в котором впервые в мире исследовано аннотропия микроволнового фонового излучения проводится с помощью космического аппарата.

Обнаружение в 1965 г. микроволнового фонового излучения Вселенной было одним из величайших открытий современной астрофизики<sup>1</sup>. Это общее фоновое излучение Вселенной называют, вслед за И. С. Шкловским, реликтовым (т. е. остаточным), и оно действительно представляет собой реликт плотного и горячего начального состояния Вселенной. В случае космологического происхождения реликтового излучения данные о его аннотропии могут стать одним из важнейших источников информации о крупномасштабной структуре Вселенной.

Первые измерения, в которых исследовалась аннотропия реликтового излучения, были проведены на баллонах, поднимаемых в высокие слои атмосферы, и на самолетах. Однако наблюдения у поверхности Земли имеют две существенные трудности. Во-первых, вносится ряд систематических ошибок, обусловленных тепловым излучением Земли и атмосферы, а также наличием мешающих фоновых излучений, например синхротронного излучения Галактики и теплового тормозного излучения горячих  $\text{HII}$  областей на длинах волн короче 1 см. Во-вторых, за 15 лет исследования фонового излучения «чистое» время его измерения не превысило 200 часов. Таким образом, спутниковый эксперимент с продолжительностью в один год может дать объем данных, для получения которого с помощью наземных экспериментов потребовалось бы 50 лет.

Эксперимент «Реликт» проводится с борта спутника «Прогноз-9», на длине волны 8 мм. Его основная задача — получить радиояростную картину небесной сферы, чтобы затем определить угловое распределение реликтового излучения, расположение слабых протяженных источников радиоизлучения и уточнить параметры вектора скорости нашего движения относительно системы координат, связанной с реликтовым излучением.

По предварительным оценкам, флуктуации температуры реликтового излучения не превышают  $4 \cdot 10^{-4}$ , если это излучение регистрируется в телесном угле  $6^\circ$ ; для  $90^\circ$  величина флуктуации не превышает  $7 \cdot 10^{-5}$ . Эксперимент продолжается.

Письма в АЖ, 1984, т. 10, № 1, с. 1—7.

#### Астрономия

### К какому типу относится наша Галактика?

Американский астроном П. Ходж (P. Hodge) вновь рассмотрел вопрос о морфологическом типе нашей Галактики. С тех пор как в 1925 г. Э. Хаббл предложил свою схему классификации галактик, астрономы не раз пытались определить место, занимаемое в этой схеме нашей Галактикой. Вопрос далеко не праздный, так как только наша Галактика доступна для детального изучения. Сопоставляя «тонкие» эффекты, обнаруженные в нашей Галактике, с «глобальными» свойствами соседних галактик такого же типа, астрономы смогли бы сильно продвинуться в понимании загадки рождения галактик.

Классификация Хаббла включает два типа спиральных галактик: простые спирали  $S$  (от англ. spiral — спираль) и пересеченные спирали  $SB$  (bar — перекладина), у которых спираль-

ные ветви отходят не от ядра, а от концов продолговатого звездного сгущения, пересекающего центральную часть галактики. Внутри каждого типа Хаббл выделял три подтипа ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) в зависимости от степени выраженности спиральных рукавов; например, у  $Sa$ -галактик мощное центральное звездное сгущение и слабые, туго закрученные рукава, а рукава у  $Sc$ -галактик ядро невелико, а рукава ярко выражены, клочковаты и широко раскрыты. Глядя на галактику снаружи, легко определить ее тип, но как это сделать, находясь внутри галактики?

За последние 30 лет астрономы предложили около 20 различных косвенных методов: определялась форма близких к Солнцу частей спиральных рукавов, измерялся размер центрального звездного сгущения Галактики, сравнивалась поверхностная яркость Млечного Пути и дисков соседних галактик. В результате выяснилось, что наша Галактика либо  $Sb$ -, либо  $Sc$ -типа. Но какой из них?

Исследуя распределение облаков ионизованного газа в соседних галактиках, Ходж заметил, что распределение этих облаков по диску галактики прямо связано с ее типом: чем быстрее уменьшается число облаков с удалением от центра галактики, тем ближе ее тип к  $Sc$  и дальше от  $Sa$ . В последние годы в связи с изучением процесса образования звезд астрономы интенсивно исследовали области ионизованного газа в нашей Галактике, составлены даже обширные каталоги таких облаков. Ходж использовал этот материал, сравнив распределение горячего газа в нашей и соседних галактиках. Оказалось, что по этому показателю наша Галактика больше всего похожа на галактики типа  $Sc$ . Впрочем, как отмечает сам Ходж, не исключено, что в центральной части Галактики находится вытянутое звездное сгущение — bar. На это указывает сложный характер движения межзвездного газа в ее центре. В таком случае наша звездная система должна быть отнесена к типу пересеченных спиралей —  $SBC$ .

<sup>1</sup> Авторы открытия — американские исследователи А. Пензиас и Р. Вильсон — стали лауреатами Нобелевской премии. Подробнее об этом см.: Зельдович Я. Б., Сюняев Р. А. Лауреаты Нобелевской премии 1978 г. По физике — А. Пензиас и Р. Вильсон. — Природа, 1979, № 1, с. 101.

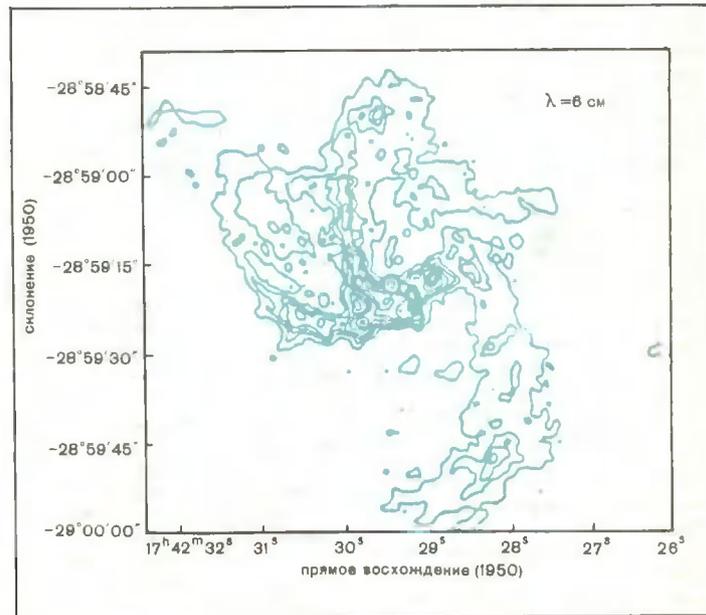
Астрономия

### Движение газа в центре Галактики

На протяжении многих лет центр нашей Галактики привлекает к себе пристальное внимание исследователей. За последние годы его изучали практически во всех доступных диапазонах излучения. Недавно получен еще один результат в радиодиапазоне: с помощью «Очень большой решетки радиоастрономических антенн» (VLA, Национальная радиоастрономическая обсерватория, Нью-Мексико, США) на волне 6 см проведены наблюдения области центра Галактики — источника Sgr A West — с угловым разрешением 1".

Авторы работы К. Ло и М. Клауссен (К. Y. Lo, M. J. Claussen) получили карту радиояркости излучения ионизированного газа в области с линейным размером 3 пк. Наиболее интенсивные детали карты — три протяженных рукава (северный, восточный и западный), которые пересекаются вблизи центрального компактного нетеплового источника. Видны также слабые периферийные детали, яркость которых примерно в 4 раза меньше, чем в рукавах. Особенно выделяется среди них протяженный южный рукав.

По оценкам авторов, концентрация электронов в газе составляет  $5 \cdot 10^4$  частиц.  $\text{см}^{-3}$  в ярких сгустках и  $10^3$  частиц.  $\text{см}^{-3}$  — в менее ярких деталях. Общая масса ионизированного газа в рукавах равна  $60 M_{\odot}$ , распределение ее таково: по  $10 M_{\odot}$  — в северном и восточном рукавах,  $5 M_{\odot}$  — в западном и  $35 M_{\odot}$  — в южном рукаве. Пересечение южного и западного рукавов кажущееся. Это следует как из различной поверхностной яркости рукавов, так и из отличия скоростей газа в рукавах. Интересно, что, несмотря на несоответствие компактного источника нетеплового излучения какому-либо пику в распределении излучения газа, его положение приблизительно совпадает



Радиокarta центра Галактики, полученная на длине волны 6 см с помощью «Очень большой решетки радиоастрономических антенн». В центре карты находится компактный нетепловой радиоисточник.

ет с центром распределения ионизированного газа.

Совместный анализ карты радиояркости и данных по распределению лучевых скоростей газа, полученных Дж. Лэси и др. (J. Lacy; Калифорнийский университет, Беркли, США) при наблюдении на длине волны 12,8 мкм, позволяет интерпретировать рукава как потоки аккрецирующего газа. При этом северный и южный рукава, по-видимому, представляют собой одно спиралеподобное образование, тогда как западный и восточный рукава являются независимыми потоками газа. В наиболее согласованной модели, описывающей центр Галактики, предполагается, что потоки аккрецирующего газа формируются в результате приливного разрушения молекулярных облаков. В рамках этой модели источником ионизации может служить либо скопление горячих O, B-звезд, либо одиночный центральный объект

Анализируя совокупность имеющихся наблюдательных данных и модельных расчетов, авторы приходят к выводу, что в центре Галактики происходит аккреция ионизированного газа на массивную черную дыру. Как известно, именно такая модель предлагается для объяснения активности квазаров, ядер сейфертовских и радиогалактик. Критическим экспериментом для данной модели может быть построение с более высоким угловым разрешением карты излучения и поля скоростей газа вблизи компактного источника.

Nature, 1983, v. 306, p. 647—651 (Великобритания);

Astrophysical Journal, 1982, v. 262, p. 120—134 (США).

Математика

### Доказана гипотеза Морделла

Хорошо известная и до сих пор не доказанная великая теорема Ферма утверждает, что уравнение  $x^n + y^n = z^n$  не имеет натуральных ( $x, y, z > 0$ , целые) решений при  $n \geq 3$ . Примерно 60

лет назад английский математик Л. Морделл сформулировал гипотезу, согласно которой, если уравнение Ферма и имеет натуральные решения, то их «не слишком» много. И вот летом 1983 г. Г. Фалтингс (ФРГ) доказал гипотезу Морделла<sup>1</sup>.

Прежде всего заметим, что уравнение Ферма однородно, т. е. из любого его решения  $(x, y, z)$  можно построить массу новых решений, умножая  $x, y$  и  $z$  на одно и то же число. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать лишь примитивные решения, для которых натуральные числа  $x, y, z$  не имеют нетривиальных общих делителей. Тогда из теоремы Фалтингса вытекает, что для любого  $n \geq 4$  множество примитивных решений уравнения Ферма конечно.

Формально более слабое, чем теорема Ферма, утверждение о конечности числа решений оказывается верным для несравненно более широкого класса уравнений. Так, если в уравнении Ферма (при  $n \geq 4$ ) к членам  $x^n, y^n$  и  $z^n$  приписать произвольные ненулевые коэффициенты, то получившееся уравнение может иметь решения, но их число все равно будет конечно. Скажем, уравнение  $x^4 + 15y^4 = z^4$  имеет решение  $x=1, y=1, z=2$ , но число примитивных решений этого уравнения конечно.

Для точной формулировки теоремы Фалтингса полезно переписать уравнение Ферма в виде  $f(u, v) = 0$ , где  $f(u, v) = u^n + v^n - 1, u = x/z, v = y/z$ . На самом деле Фалтингс доказал конечность числа рациональных решений алгебраического уравнения  $f(u, v) = 0$  для широкого класса многочленов  $f$ . Попробуем описать класс уравнений, для которых справедлива теорема Фалтингса. Вопрос о конечности числа рациональных решений уравнения  $f(u, v) = 0$  определяется по очень грубой характеристике множества его комплексных решений — по комплексному графику. Единственным топологическим инвариантом комплексного графика является его род: топологически множество

комплексных решений устроено как двумерная сфера, к которой приклеено некоторое количество ручек; число этих ручек и называется родом уравнения  $f=0$ . Если род равен 0, комплексный график представляет собой двумерную сферу, если он равен 1, то — тор. В этих случаях множество рациональных решений может быть бесконечно.

Гипотеза Морделла, доказанная Фалтингсом, утверждает, что множество рациональных решений уравнения рода, большего 1, конечно. Род уравнения  $u^n + v^n - 1 = 0$  равен  $(n-1) \cdot (n-2)/2$ ; в частности, его род больше 1 при  $n \geq 4$ . Отсюда и получается утверждение о конечности числа решений уравнения Ферма, с которого мы и начали эту заметку.

Доказательство Фалтингса неконструктивно и не позволяет оценить число решений для конкретных уравнений. Фактически, Фалтингс доказывает гипотезу И. Р. Шафаревича двадцатилетней давности о конечности числа целочисленных решений некоторых сложных систем алгебраических уравнений от большого числа переменных, а вовсе не дает оценки числа рациональных решений для уравнений от двух переменных. То, что гипотеза Морделла вытекает из гипотезы Шафаревича, было доказано А. Н. Паршиным примерно 15 лет назад. Работа Фалтингса существенно опирается на идеи и методы, развитые при доказательстве так называемых функциональных аналогов<sup>2</sup> гипотезы Морделла (исследования Ю. И. Манина), гипотезы Шафаревича (А. Н. Паршин, С. Ю. Аракелов) и гипотезы Тейта для абелевых многообразий<sup>3</sup> (Ю. Г.

Зархин), а также на результаты современной французской школы алгебраической геометрии (А. Вейль, Ж.-П. Серр, П. Делинь, М. Рейно), а также на работы Д. Мамфорда по проблеме модулей.

Ю. Г. Зархин,  
кандидат физико-математических наук  
Пушино

## Физика

### Все ближе к рентгеновскому диапазону

Несмотря на все попытки создать рентгеновские лазеры, пока ни одна из них не увенчалась успехом. Однако продолжается постепенный и нелегкий процесс получения все более коротковолнового излучения с помощью более или менее традиционных лазерных систем.

В мае 1983 г. поступил сообщение о новом «мировом» рекорде: специалисты из «Белл Лабораториз» (США) получили квазилазерное излучение на длине волны 35,5 нм (диапазон от 100 до 10 нм называют далеким ультрафиолетом, а длину волны 10 нм условно считают пограничной с областью мягкого рентгена). Предыдущий рекорд — 38 нм, установленный специалистами из Исследовательской лаборатории ВМС США, продержался 6 лет.

Правда, последний рекорд получен не с помощью лазера, а путем использования методики умножения частоты лазерного излучения (применялся лазер на феррите-гранате иттрия, легированном неодимом). Для частотного умножения была применена нелинейная оптическая система на импульсной сверхзвуковой струе газообразного гелия. Далекие гармоника исходного лазерного излучения (532 нм) на конечной стадии усиливались с помощью лазерного эксимерного усилителя на фториде криптона.

Эффективность всей системы крайне низкая — всего  $3 \cdot 10^{-11}$  фотонов от исходного их числа преобразуются в самые коротковолновые. Однако авто-

<sup>2</sup> Термин «функциональный» означает, что вместо одного уравнения или системы уравнений рассматриваются уравнения, зависящие от параметра.

<sup>3</sup> Абелевы многообразия — системы однородных алгебраических уравнений, обладающих высоким уровнем симметрии; их комплексный график представляет собой многомерный тор. Простейший пример — уравнение Ферма при  $n=3$ .

<sup>1</sup> Faltings G.— Invent. Math., 1983, v. 73, p. 349.

ры работы считают, что вполне реально повысить эффективность частотного умножения и еще ближе подойти к рентгеновской области.

Все же неясно, будут ли эти системы конкурентноспособными по сравнению с быстро прогрессирующими синхротронными рентгеновскими источниками.

Science, 1983, v. 220, p. 1259—1261 (США).

Физика

### Разноименные дефекты рекомбинируют в твердых растворах

В последние годы все более интенсивно исследуется радиационное распухание металлических систем (т. е. увеличение размеров конструкционных материалов под воздействием жестких излучений), поскольку этот процесс приводит к нежелательным, а иногда и аварийным ситуациям.

При облучении кристаллов быстрыми частицами в равных количествах образуются вакансии (пустые узлы кристаллической решетки) и межузельные атомы. При дальнейшем интенсивном облучении такие радиационные точечные дефекты создаются в большом количестве и, в силу своей подвижности, начинают мигрировать по кристаллу. Межузельные атомы, двигаясь быстрее вакансий и попадая на дальние стоки — внешнюю поверхность кристалла, границы зерен, дислокации, — надстраивают их, увеличивая объем материала, что и приводит к радиационному распуханию. Нескомпенсированные вакансии, более медленно перемещающиеся по кристаллу, чем межузельные атомы, образуют скопления внутри кристалла, а на стоках оседают лишь частично. Если бы вакансии и межузельные атомы в облучаемом материале могли полностью взаимно уничтожаться, радиационное распухание не происходило бы.

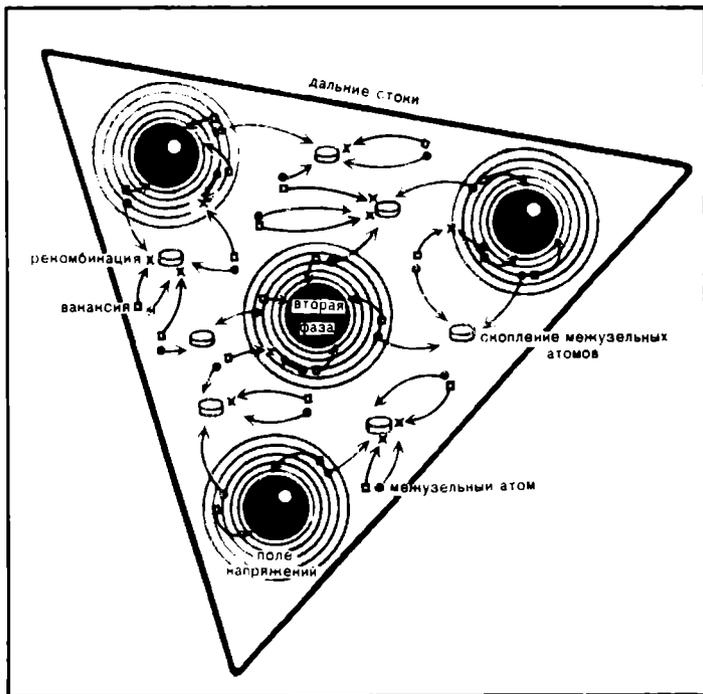


Схема усиления рекомбинации разноименных дефектов в твердом растворе, в котором выделялась вторая фаза. Стрелками разного цвета показана миграция подвижных дефектов — межузельных атомов и вакансий; крестики — места рекомбинации.

А. М. Паршин (Ленинградский политехнический институт им. М. И. Калинина) и Ю. В. Трушин (Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе АН СССР) экспериментально и теоретически показали, что в твердых растворах, в которых интенсивно формируются выделения второй фазы (т. е. образуется материал с другой кристаллической решеткой или с другим химическим составом), создаются поля внутренних напряжений; эти поля перераспределяют потоки радиационных межузельных атомов и вакансий, что приводит к усилению рекомбинации разноименных дефектов. Дело в том, что для подавления или ослабления процесса распухания материал необходимо приготовить так, чтобы в нем либо были сформированы до-

полнительные более близкие стоки (дислокационные петли, поры), либо созданы препятствия, мешающие межузельным атомам уходить на далекие стоки. Распад твердых растворов под воздействием облучения, когда выделяется вторая фаза, как раз и формирует нужную специальную структуру.

Изучение усиленной рекомбинации разноименных дефектов, которая наблюдается в материалах, подвергшихся облучению, позволила авторам работы разобраться в сложном вопросе, связанном со снижением радиационного распухания распадающихся сплавов. Удалось установить, что чем однороднее по всему объему происходит распад твердого раствора под облучением и образование второй фазы, тем эффективнее эта фаза действует как «забор» для подвижных радиационных дефектов и не «пускает» их осесть на далеких стоках; это, в свою очередь, приводит к повышению вероятности рекомбинации дефектов, а в конечном счете — к снижению радиационного распухания материала.

Письма в ЖЭТФ, 1983, т. 9, с. 561—564.

## Физика

## Новое определение метра

В октябре 1983 г. на заседании Генеральной ассамблеи мер и весов было принято новое определение метра: «Метр есть длина пути, пройденная светом в вакууме в течение временного интервала, равного  $1/299\,792\,458$  с". Из подобного определения следует, что отныне скорость света с точно равна  $299\,792\,458$  м/с.

Дело в том, что экспериментальная точность определения скорости света в настоящее время составляет примерно  $0,3$  м/с; это превышает точность, даваемую предыдущим определением метра, основанном на измерении длины волны известного перехода в атоме  $^{85}\text{Kr}$  (относительная точность  $\pm 4 \cdot 10^{-9}$ ; измерения проводились с помощью высокостабильного лазера). Точность измерения расстояний будет непрерывно улучшаться со временем, по крайней мере, до достижения относительной точности  $10^{-12}$ , требуемой для астрофизических измерений. Но чтобы каждый раз не менять определение метра, поступили более естественным образом — зафиксировали скорость света.

Некоторые слова в определении метра требуют пояснения. Во-первых, почему используется слово «свет», а не «электромагнитные волны»? Ведь свет — это электромагнитные волны только видимого диапазона длин волн, а нам известно, что природа электромагнитных волн одинакова, будь то радиоволны, видимый свет, или рентгеновские и  $\gamma$ -лучи. Неизвестно, однако, существует ли отклонение от линейной дисперсии света в диапазоне низких частот ( $< 0,25$  Гц) из-за возможной ненулевой массы фотона, а также в диапазоне сверхвысоких частот ( $> 10^{43}$  Гц) из-за «вспенивания» пространства-времени на планковских масштабах. Поэтому и используется термин «свет», что для физиков означает электромагнитные волны допустимого диапазона частот.

Во-вторых, означает ли

«вакуум» полное отсутствие материи? Ведь известно, что обилие массивных тел в вакууме из-за гравитации происходит сильное искривление пространства-времени, что влияет на распространение света. Тогда, по-видимому, следует говорить о «свободном пространстве», которое не может быть полностью пустым, хотя бы из-за присутствия реликтового излучения с температурой  $T \sim 2,7$  К. Наверное, под вакуумом лучше всего подразумевать вакуум межгалактического пространства.

И, наконец, равна ли скорость света  $299\,792\,458$  м/с? Удобнее округлить эту цифру, скажем, до  $3 \cdot 10^8$  м/с; возможно, в будущем так и будет, но сейчас не имеет смысла менять старое значение, рекомендованное 12-й Ассамблеей мер и весов в 1975 г.

Теперь, как практически определить метр? Имеется три возможности; во-первых, через расстояние  $l$ , пройденное плоской электромагнитной волной за время  $t: l = c \cdot t$ ; во-вторых, через длину волны  $\lambda$  плоской электромагнитной волны с измеренной частотой  $f$ ; а-третьих, используя радиационные переходы в системах с хорошей повторяемостью.

Nature, 1983, v. 303, № 5916, p. 373—376  
(Великобритания).

## Молекулярная биология

## Мозаичная структура генов архебактерий

Вплоть до последнего времени считалось, что имеется два клеточных царства: прокариоты и эукариоты. Соответственно предполагалось и существование двух отдельных эволюционных путей развития клеток из общего предка — прокариоты. В 1977 г. было открыто третье клеточное царство — архебактерии<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Подробнее об этом см.: Дудев В. И. Архебактерии — новое царство живых организмов. — Природа, 1984, № 2, с. 13.

Эукариоты имеют гены с мозаичной структурой. С такого мозаичного гена считывается его полная РНКовая копия, которая затем подвергается сплайсингу: незначительные участки (интроны) вырезаются, а оставшиеся экзонные стыкуются в функционально активную молекулу. Сплайсинг РНК происходит у всех эукариот — от дрожжей до человека, однако он не обнаружен у прокариот.

Высказывалось предположение, что мозаичная структура гена исходно была присуща самой прокариоте. Ее клетки использовали сплайсинг для стыковки коротких значащих участков РНК. Поэтому вместо того, чтобы искать причины, почему такой «нелепый» механизм должен был появиться только у эукариот, нужно просто принять, что предшественник эукариот тоже обладал такой способностью. А истинные бактерии утратили ее в процессе усовершенствования собственного генома.

Что же произошло со сплайсингом у архебактерий? Выясняется, что, несмотря на малый геном, они сохранили сплайсинг. Так, в лаборатории К. Везе (С. Woese; Илинойский университет, США) была определена структура участка генов тРНК из *Sulfolobus solfataricus* — архебактерий из кислых горячих источников. Гены двух тРНК, сериновой и лейциновой, сохранили особенности генов эукариотических тРНК. Во-первых, у них отсутствует универсальная для всех тРНК 3'-концевая последовательность нуклеотидов, и, во-вторых, оба гена содержат интроны, абсолютно так же, как и у эукариот. Особенность генов архебактерий — наличие повторяющихся тетра-нуклеотидов на границах интронов.

Открытие интронов в генах тРНК архебактерий подтвер-

<sup>2</sup> О мозаичном строении генов см.: Кобринский Г. Д. Мозаичное строение генов. — Природа, 1980, № 8, с. 109; Сургучев А. П. Обнаружено функциональное назначение сортов интронов. — Природа, 1980, № 10, с. 112; Пересмотрены функции интронов в генах. — Природа, 1981, № 6, с. 111.

ждает теорию, согласно которой мозаичная структура генов исходно была присуща самой прогеноте. Однако возникает новый вопрос — справедливо ли это положение для более широко распространенного процесса сплайсинга.

Nature, 1983, v. 304, № 5928, p. 685 (Великобритания).

#### Вирусология

### Вирус стимулирует рост растений

Вирусы растений чаще всего вызывают серьезное замедление их роста. С. К. Гхош (S. K. Ghosh; Центральный научно-исследовательский институт риса, Индия), обнаружил вирус, который стимулирует рост растений.

Это вирус некротической мозаики риса; обычно он задерживает рост риса и вызывает некроз (локальное поражение тканей) и хлороз зараженных листьев. Вирус может атаковать не только рис, но и сорняк рисовых полей людвигию *Ludwigia repens*. Однако, в отличие от риса, растения людвигии через 70 дней после заражения растут в 4 раза быстрее, чем незараженные, давая больше листьев и цветов. Более того, само растение при этом имеет большие размеры.

Гхош распространил свои исследования на джут — важную экономическую культуру, используемую, например, в изготовлении мешков и веревок. Как и в случае людвигии, джут, зараженный вирусом, рос быстрее и обладал большим количеством волокнистых пучков. При этом он не имел видимых симптомов заболевания, хотя и содержал в своем соке вирусы, которые давали реакцию с антителами.

Пока неясно, каким образом вирус стимулирует рост растений. Хотя, по мнению Гхоша, у зараженных растений, по-видимому, происходит усиленный синтез факторов роста.

Planta, 1982, v. 155, № 3, p. 193—198 (ФРГ).

#### Медицина

### Сколько в сигаретах кадмия

В связи с появлением в литературе данных о канцерогенном влиянии аэрозолей кадмия на легкие подопытных крыс большая группа специалистов по гигиене окружающей среды из Швеции и Новой Зеландии исследовала содержание кадмия в сигаретах различных сортов. Одновременно определялось количество кадмия, которое выделяется при выкуривании одной сигареты и вдыхается курильщиком.

Были изучены сигареты, выпускаемые в Аргентине, Мексике, Шри-Ланке, Индии, Японии, Китае, Финляндии, США, а также 16 различных сортов, выпущенных в Швеции в период с 1918 по 1968 г. Коллекция старинных шведских сигарет была получена из стокгольмского Музея табака; оказалось, что в них содержание кадмия очень мало изменяется и практически не зависит от времени их изготовления. В сигаретах, выпускаемых в других странах, содержание кадмия варьируется от 0,14 до 3,04 мкг на грамм массы сигареты. Наибольшее содержание кадмия обнаружено в сигаретах из Мексики и Японии, наименьшее — в сигаретах Индии и Шри-Ланки; в аргентинских сигаретах кадмия содержится от 0,38 до 0,72 мкг/г, в финских — от 0,95 до 1,66, в китайских — от 0,55 до 0,91, в шведских — от 1,14 до 1,87 мкг/г.

Авторы работы подсчитали, что количество кадмия, выделяющееся при сгорании одной сигареты, равно в среднем 0,8—1,7 мкг. При курении в дыхательную систему попадает примерно 10 % этого количества, т. е. 0,08—0,17 мкг. Через эпителий дыхательных путей и легких всасывается и проникает в кровь от 25 до 50 % кадмия, попавшего в дыхательную систему человека. Таким образом, в результате выкуривания 20 сигарет в течение дня в организм курильщика дополнительно может проникнуть до 1,7 мкг кадмия. Следует учитывать, что кад-

мий в небольших количествах содержится также в пищевых продуктах, однако проницаемость желудочно-кишечного тракта для этого металла невелика: только 5 % заключенного в пищу кадмия задерживается в организме человека. В Европе и США в суточном пищевом рационе содержится около 20 мкг кадмия, и, следовательно, лишь 1 мкг кадмия в сутки поступает в организм за счет пищевых продуктов. Нетрудно подсчитать, что за счет курения это количество увеличивается в среднем в два раза.

Несмотря на отсутствие прямых доказательств канцерогенного эффекта кадмия, можно предположить, что наряду с другими токсичными продуктами сгорания сигарет этот металл оказывает на здоровье людей неблагоприятное действие.

Environmental Research, 1983, v. 32, № 1, p. 220—227 (США).

#### Биология

### Нервные пути полового возбуждения у рыб

Гистологические и электрофизиологические исследования головного мозга золотой рыбки (*Carassius auratus*), проведенные американскими биологами Л. С. Демски (L. S. Demski; Кентуккский университет) и Р. Г. Норткаттом (R. G. Northcutt; Мичиганский университет), по-видимому, позволяют предположить существование у позвоночных самостоятельной хемосенсорной системы, связанной с распознаванием и восприятием половых феромонов.

Известно, какую огромную роль в поведении рыб, как и млекопитающих, играют феромоны. Основным путем нервного проведения сигналов о половых феромонах считается обонятельный тракт. Действительно, раздражение среднего обонятельного тракта электротоком вызывает у самцов золотой рыбки эякуляцию (выброс спермы), а анестезия тракта резко снижает реакцию

самца на запах готовой к размножению самки. Раздражение обонятельного тракта у трески вызывает специфическое поведение ухаживания. Однако в состав среднего обонятельного тракта у костистых рыб (и наземных позвоночных) входят и волокна другого, так называемого терминального нерва, которые в тесной связи с волокнами обонятельного нерва проходят в передний мозг; у более примитивно устроенных хрящевых рыб (акул и скатов) терминальный нерв обособлен от обонятельного и представляет собой самостоятельную пару черепно-мозговых нервов.

Демски и Норткэтт проследили ход нервных волокон терминального нерва у костистой золотой рыбки (см. рис.). Его ганглионарные клетки расположены в обонятельном нервном тракте и обонятельной луковице; периферические волокна проходят в обонятельный эпителий, а центральные — в ventральную часть конечного мозга и далее в сетчатку глаза. Возбуждение терминального нерва вызывает у самцов эякуляцию. Тот же эффект — и при раздражении зрительного

нерва, в составе которого проходят волокна терминального нерва от сетчатки к мозгу; анестезия зрительного нерва блокирует действие раздражения.

Авторы делают вывод, что именно терминальный нерв осуществляет передачу в мозг сигналов о восприятии органом обоняния феромонов. Это — основной нервный путь, вызывающий половое возбуждение при восприятии запаха особи противоположного пола. Вероятно, он играет роль и в хемосенсорном изменении полового поведения самца; нервные клетки терминального нерва и их идущие в сетчатку волокна содержат нейгормон, который стимулирует выделение полового гормона.

Сходство анатомии и биохимии терминального нерва у костистых рыб и наземных позвоночных, включая человека, позволяет предполагать, что терминальный нерв и его проекция в центральной нервной системе хотя топографически и включены в состав других нервов, тем не менее представляют собой самостоятельную хемосенсорную систему позвоночных.

Science, 1983, v. 220, № 4595, p. 435 (США).

## Гидробиология

### Пикопланктон

Специалисты — исследователи биологической продуктивности морских водоемов — при составлении баланса между первичной продукцией фитопланктона и пищевыми потребностями зоопланктона сталкивались с явным несоответствием: фитопланктона не хватало. Поиск причины такого несоответствия и постоянное совершенствование техники отбора планктонных проб привели к открытию новых микроскопических организмов, имеющих размеры 0,4—1 мкм. Авторы назвали их пикопланктоном (от исп. *pequeño* — малая величина)<sup>1</sup>.

Впервые подобные клетки

были выделены на питательную среду в 1965 г. из проб воды, взятых у северо-восточного побережья Южной Америки<sup>2</sup>. Методом флуоресцентной микроскопии удалось различить клетки, имеющие оранжевое и красное свечение, а с помощью электронной микроскопии у них была выявлена типичная для цианобактерий пигментная система, содержащая хлорофилл «а» (главный компонент фотосинтетического пигмента) и фикобилипротеин (дополнительный пигмент). Размер, форма и пигментная система клеток показывали, что эти цианобактерии относятся к роду *Synechococcus*. Отметив высокую численность цианобактерий в пределах эвфотического слоя (0—200 м), составлявшую  $10^4$ — $10^5$  клеток в 1 мл воды, авторы подчеркнули высокую экологическую значимость этих микроорганизмов, вклад которых в первичную продукцию океана еще предстояло изучить.

Недавняя работа Т. Плата с соавторами целиком подтвердила высказанное предположение<sup>3</sup>. Оказалось, что до 60% первичной продукции фитопланктона создают клетки размером менее 1 мкм! Наблюдения велись в июле 1982 г. на 11 станциях в районе Срединно-Атлантического хребта, западнее Азорских о-вов. С помощью помпы отбирались пробы воды с глубины 65—89 м — из слоев с максимумом хлорофилла «а». При последовательной фильтрации проб на все более мелких фильтрах была выделена фракция взвеси, в которой удалось обнаружить цианобактерии размером менее 1 мкм. Их численность достигала  $4,4 \cdot 10^6$ — $1,7 \cdot 10^7$  клеток/л. Интересно отметить, что пикопланктон адаптирован к фотосинтезу при более низком уровне освещенности в сравнении с другими типичными представителями планктонного сообщества.

Аналогичные исследования были проведены автором данного сообщения в 1972 г.

<sup>1</sup> Watebury J. B. et al. — Nature, 1979, v. 277, № 5694, p. 293.

<sup>2</sup> Ibidem, p. 294.

<sup>3</sup> Platt T. et al. — Nature, 1983, v. 301, № 6902, p. 702.

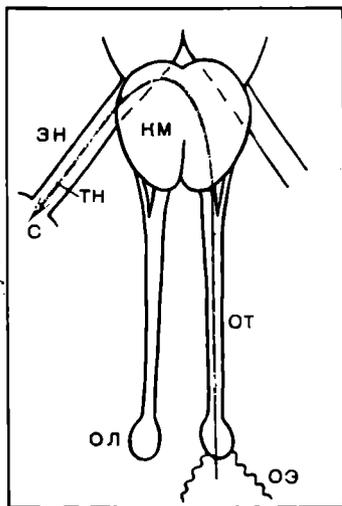


Схема прохождения терминального нерва [ТН] в головном мозгу золотой рыбки; ОЭ — обонятельный эпителий, ОЛ — обонятельная луковица, ОН — обонятельный нерв, КМ — конечный мозг, ЗН — зрительные нервы, С — сетчатка глаза.



Клетки пикопланктона, обнаруженные в олиготрофных водах Тихого океана в 1972 г. (8-й рейс «Дмитрия Менделеева»).

во время 8-го рейса научно-исследовательского судна «Дмитрий Менделеев»<sup>4</sup>. Пробы отбирались из эвфотического слоя в олиготрофных водах центральной части Тихого океана. После соответствующей обработки проб можно было наблюдать в электронном микроскопе клетки коккоидной (округлой) формы, размер которых был менее 1 мкм. Поскольку высева клеток на питательную среду не проводилось, их систематическую принадлежность тогда установить не удалось. Но по форме и размеру они идентичны клеткам пикопланктона.

**И. А. Мельников,**  
кандидат биологических наук  
Москва

Физиология растений. Биохимия

### Кальций и накопление алкалоидов в растениях

Растительные алкалоиды широко используются в медицине, и под культивируемые растения-алкалоидоносы заняты небольшие площади. Однако содержание алкалоидов в растительном сырье обычно невелико:

1—2 % в сухой массе. Увеличить выход алкалоидов — актуальная задача.

Биохимическое превращение алкалоидов в растениях идет двумя путями: по метаболическому пути с взаимопревращениями соединений алкалоидной природы и по катаболическому пути глубокого окислительного расщепления алкалоидов до низкомолекулярных алифатических соединений и  $\text{CO}_2$ . При этом в ходе катаболизма расщепляется до 90 % синтезированных растением алкалоидов. Следовательно, полное или частичное подавление процессов метаболизма и особенно катаболизма должно обеспечивать накопление этих веществ в растениях.

М. Я. Ловкова, Г. Н. Бозук и Н. И. Гринкевич (Институт биохимии им. А. Н. Баха АН СССР) в опытах с растением *Glauconium flavum* (рогачик, семейство маковых), алкалоиды которого из группы апорфинов и протопинов представляют существенный интерес для практической медицины, доказали, что регулировать метаболизм и катаболизм алкалоидов можно с помощью кальция. Превращение алкалоидов изучалось в изолированных двухлетних побегов в фазе бутонизации (начала цветения). Опытные растения помещали в водный раствор, содержащий  $\text{CaCl}_2$ , а также алкалоиды глауцина и протопина, меченные изотопом  $^{14}\text{C}$ ; контрольные растения — в те же растворы, но без  $\text{CaCl}_2$ . Оказалось, что в опытных растениях сохранялось  $^{14}\text{C}$ -глауцина в 6,8 раз больше, а  $^{14}\text{C}$ -протопина — в 5,4 раза больше, чем в растениях контрольной группы (без  $\text{CaCl}_2$ ). Причем в контрольной группе соотношение между метаболизмом и катаболизмом равнялось для глауцина 1:6, для протопина 1:9; при введении кальция эти соотношения резко менялись в пользу метаболизма и достигали 7:1.

Предполагается, что кальций как мембраноактивный элемент стабилизирует мембраны внутриклеточных структур и тем самым препятствует поступлению алкалоидов в активные участки клетки, содержащие ферменты, которые осуществля-

ют превращение алкалоидов. Обнаруженный эффект преимущественного ингибирования процесса катаболизма в присутствии кальция может, таким образом, стать решающим в регулировании накопления алкалоидов в лекарственных растениях.

Доклады АН СССР, 1983, т. 273, № 5, с. 1276—1278.



Экология

### Живые организмы — рекордсмены-концентрааторы

Радиобиологи из Международной лаборатории морской радиоактивности Океанографического музея в Монако<sup>1</sup> обнаружили живые организмы, содержание естественных радиоактивных изотопов в которых превышает рекордно высокие значения, зарегистрированные ранее для любых растений и животных. Причем речь идет не об участках природной среды с аномально высоким содержанием  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и продуктов их распада, а о регионах с «нормальным» (средним) радиационным фоном. Такими организмами-рекордсменами оказались некоторые виды пелагических ракообразных и рыб, которые обитают на средних глубинах (600—1500 м) Мирового океана. Источником их повышенного облучения явился  $^{210}\text{Po}$  —  $\alpha$ -излучатель из ряда распада  $^{238}\text{U}$ . Для тканей этих гидробионтов характерна высокая концентрирующая способность в отношении  $^{210}\text{Po}$ , с излучением которого связано 90 % поглощенной дозы у водных организмов. Максимальная аккумуляция  $^{210}\text{Po}$  отмечена у креветок *Gennadas valens* с глубины 900—1000 м из центральной Атлантики — до 138 пикоюри на 1 г сухого вещества (в среднем 117 пКи/г).

Необходимо отметить избирательность накопления  $^{210}\text{Po}$  отдельными видами рыб и кре-

<sup>4</sup> Мельников И. А. — Океанология, 1976, т. 16, вып. 2, с. 324.

<sup>1</sup> Cherry R. D., Heyrau M. — Science, 1982, v. 218, № 4567, p. 54.

веток, что позволяет предположить существование селективного механизма аккумуляции этого радиоактивного изотопа. Возможно, это связано особенностями питания животных. Так, в одних и тех же уловах содержание  $^{210}\text{Po}$  в креветках семейства Penaeidae намного выше, чем в креветках надсемейства Caridea, а у рыб семейства Melamphaeidae концентрация  $^{210}\text{Po}$  в 10—100 раз больше, чем у рыб семейства Gonostomatidae.

$^{210}\text{Po}$  распределяется в организме этих видов неравномерно: наиболее высокие его концентрации обнаружены в органах пищеварительного тракта. В печени креветок *Gennadas valens* определена максимальная из когда-либо зафиксированных концентраций  $^{210}\text{Po}$  — 856 пКи/г сухого вещества. Такому уровню накопления соответствует исключительно высокая поглощенная доза облучения — 195 бэр/год, если принять относительную биологическую эффективность  $\alpha$ -излучения равной 10. Если же считать ее равной 20, что соответствует рекомендациям Международной комиссии по радиологической защите, то поглощенная доза должна быть удвоена: 400 бэр/год. Для сравнения можно указать, что среднемировая поглощенная доза облучения для человека в областях с «нормальным» естественным радиационным фоном, по данным Научного комитета ООН по действию атомной радиации (1982 г.), равна 0,2 бэр/год, т. е. в 1000—2000 раз меньше.

Обнаружение организмов, длительное время подвергающихся радиационному воздействию в очень высоких дозах, представляет разносторонний интерес. Во-первых, очень важно исследовать популяции этих организмов в эволюционном плане в целях выяснения особенностей их адаптации к действию ионизирующих излучений. Во-вторых, эти факты еще раз убедительно свидетельствуют об опасности сброса радиоактивных отходов в моря и океаны; не исключено, что именно они служат источником повышенного накопления радиоактивных элементов морскими организмами. А это может привести

к росту поступления радиоактивных веществ в рацион человека, если виды-концентраторы являются объектами промысла или пищей таких объектов. Экспериментальные данные о высоких поглощенных дозах облучения у полуглубководных рыб и ракообразных заставляют с осторожностью относиться к соображениям о существовании в глубинах Мирового океана областей с очень низкими дозами облучения его обитателей.

Р. М. Александрин,  
доктор биологических наук  
Москва



Экология

## Климатические последствия ядерной войны

При оценках возможного экологического урона от глобальной ядерной войны в расчет обычно принималось действие взрывной волны, светового и радиационного поражения, радиационного заражения и т. д. Учет этих факторов давал около 1 млрд человеческих жертв, значительные разрушения, невосполнимый ущерб промышленности, сельскому хозяйству и современной цивилизации вообще. Оценки урона живой природе тоже были огромны, однако, несмотря на колоссальный масштаб, он представлялся ограниченным по площади, носящим «мозаичный» характер. Предполагалось, что в определенных пунктах земного шара все живое будет полностью истреблено, однако по мере удаления от эпицентра взрыва степень поражения соседних территорий должна уменьшаться и с течением времени ущерб, нанесенный ядерной войной, может быть компенсирован.

Однако численный эксперимент В. В. Александрова и Г. Л. Стенчикова (Вычислительный центр АН СССР), моделирующий климатические последствия ядерной войны<sup>1</sup>, заставляет усомниться в истинности столь «оптимистичной» точки зрения: введение климатического фактора объединило «мо-

значную» картину ущерба в глобальную катастрофу, оставляющую человечеству мало шансов на выживание и ставящую под сомнение возможность дальнейшей жизни вообще.

Авторы вели расчеты на основе гидродинамической модели климата, которая включает двухуровневую модель атмосферы и термодинамическую модель океана, содержащую верхний квазиоднородный слой и термоклин. Вычислена эволюция температуры в результате мгновенного изменения оптических характеристик атмосферы Северного полушария, вызванного выбросами мелкодисперсной пыли и сажи.

По результатам этого численного эксперимента на 40-е сутки после ядерного конфликта температура у поверхности почвы в Северном полушарии упадет на 12,9°, а в Южном — на 3,2°, причем падение будет распределяться неравномерно: на Аляске, например, температура снизится на 36°, в центре и на востоке Северной Америки — на 34° и 40°, в Центральной Европе — на 51°, на Кольском п-ове — на 56°, на Аравийском — на 51° и т. д. С течением времени воздух над Северным полушарием будет нагреваться, а над Южным охлаждаться. На 243-и сутки падение температуры на северо-востоке Северной Америки составит 32°, в Центральной Европе — 30°, на Аравийском п-ове — 24° и т. д.

Таким образом, люди, выжившие в ядерном конфликте, наряду с нехваткой продуктов питания, питьевой воды, медикаментов, нарушением коммуникаций, повышением радиации и другими ранее известными лишениями, должны будут пережить еще и суровую «ядерную зиму». Трудно поверить, что совокупность всех этих факторов не окажется для них фатальной. «Ядерные сумерки», которые наступят в связи с засорением тропосферы сажей, сильно поглощающей солнечное излучение, и длительная «ядер-

<sup>1</sup> Александров В. В., Стенчиков Г. Л. — Ж. вычисл. мат. и мат. физики, 1984, т. 24, № 1, с. 140.

ная зима» станут суровым испытанием для всего живого на Земле. Сложные формы жизни могут не выдержать суммарного действия всех неблагоприятных последствий ядерной войны.

**Н. К. Лукьянов,**  
кандидат технических наук  
Москва

местности хвойных пород, а затем коммерческая рубка неизбежно приведет к полному нарушению экологического характера всего района.

*New Scientist*, 1983, v. 100, № 1386,  
p. 644 (Великобритания).



Охрана природы

## Реорганизована охрана природы Аляски

С тех пор как в 1980 г. в США было принято решение о расширении и реорганизации системы охраны природы Аляски — крупнейшего по территории (147,6 млн га) и сравнительно мало затронутого индустриализацией штата — под тот или иной вид охраны взято 41 684 тыс. га наиболее легко ранимых ландшафтов, служащих убежищем для редких или исчезающих видов животных и растений. Создано 5 новых национальных парков, 10 национальных заповедников, 2 национальных памятника природы; 25 рек провозглашены охраняемыми ландшафтами; территории многих ранее охранявшихся объектов расширены. При этом удалось оставить доступными для освоения почти 95 % тех районов штата, где имеются геологически обоснованные свидетельства возможности добычи нефти и газа. Не затронут новым законом также весь потенциально богатый полезными ископаемыми шельф Аляски.

В разнообразных экологических системах полуострова обитают стада дикого северного оленя карibu, серый медведь гризли, бурый и белый медведи, овцебык, волк, россомаха, лось, дикая овца Далля, тюлени, морская выдра калан, морж; в реках встречается лосось, форель, щука, хариус; на полуострове насчитывается примерно 400 млн птиц, среди которых многие — перелетные.

Население штата ныне составляет всего 406 тыс. человек. Из них около 1/6 — эскимосы, алеуты и индейцы. В их распоряжение выделена территория в 17,8 млн га. Чтобы

удовлетворить традиционные потребности этих народностей в охоте, рыбной ловле и собирательстве, введен новый вид охраняемой территории — национальный заповедник (National preserve), где все эти виды деятельности разрешены только им. Во всем остальном статус этих территорий не отличается от национальных парков. В отличие от общих существующих в системе национальных парков США установок, во вновь создаваемых национальных парках Аляски облегчение доступа посетителям не будет приоритетной целью, т. е. не будет поощряться строительство дорог, гостиниц и т. п.

Главная трудность состоит в том, чтобы обеспечить соблюдение всех новых правил охраны этой огромной территории на Аляске в условиях, когда ассигнования, а также штаты Службы национальных парков и Службы рыболовства и охоты США сильно урезаны. Отдельные связанные с промышленными кругами группы уже пытаются сократить площадь заповедных земель этого штата на 4,75 млн га, но встречают сильное сопротивление общественности.

*Ambio*, 1983, v. XII, № 1, p. 14—19  
(Швеция).



Охрана природы

## Природа Тасмании взята под охрану

— Намерение построить на р. Франклин в штате Тасмания (Австралийский Союз) целую систему плотин и водохранилищ, которые заняли бы значительную площадь на юго-западе о-ва Тасмания, где расположен Тасманийский национальный парк, вызвало резкий протест австралийской общественности. Это обусловлено тревогой за сохранность чрезвычайно живописного района, где произрастают реликтовые и редкие виды хвойных, а по берегам р. Франклин расположены пещеры, в которых более 20 тыс. лет назад обитал первобытный



Охрана природы

## Природный британский ландшафт исчезает

Совет охраны природы Великобритании опубликовал официальный отчет о состоянии ее традиционного ландшафта. Начиная с 1949 г. страна потеряла 95 % площади низменных сенокосных лугов, 80 % пастбищ на известковых почвах, 50—60 % вересковых пустошей на кислых почвах, 30—50 % первичных лесов, 50 % подболоченных земель, топей и болот — источников рек и ручьев, 30 % суходольных сенокосов и пустошей и т. д.

Большая часть таких земель используется ныне под интенсивное сельское хозяйство, коммерческое лесное хозяйство или занято водохранилищами. По мнению научного руководителя Совета охраны природы Д. Ратклифа (D. Ratcliffe), подобный процесс привел к «катастрофической потере лица» британским ландшафтом. В отчете перечисляются 20 имевших место за последнее время случаев, когда в нарушение Закона об охране природы 1981 г. серьезный ущерб наносился даже угольям, определенным как «местность, имеющая особый научный интерес». Сторонники защиты природы добиваются отмены планов искусственного лесоразведения в коммерческих целях на склонах одного из нагорий на севере Шотландии: этот район — один из последних во всей Шотландии, где еще сохранились нетронутыми крупные вересковые пустоши, предгорные луга, подболоченные участки, наконец, скалы, где гнездятся беркуты. Массовая посадка несвойственных данной

человек<sup>1</sup>. Затопление такой уникальной области, как Тасманийский национальный парк, несомненно, уничтожило бы один из последних на территории Австралийского Союза нетронутых уголков природы, что причинило бы непоправимый ущерб археологии и экологии страны.

В 1983 г. Верховный суд Австралии принял решение, в соответствии с которым федеральное правительство вправе запретить строительство плотин на р. Франклин, поскольку это вытекает из подписанной правительством Международной конвенции об охране объектов, признанных достоянием всего человечества. Планы строительства отменены, разрабатываются меры, которые позволят компенсировать населению Тасмании экономический ущерб, связанный с таким решением.

New Scientist, 1983, v. 99, № 1365, p. 8 (Великобритания).

<sup>1</sup> Подробнее см.: Древние тасманийцы.— Природа, 1984, № 5, с. 119.

Геология

## 91-й рейс «Гломара Челленджера»

В январе—феврале 1983 г. в южной части Тихого океана проходил 91-й рейс научно-исследовательского бурового судна «Гломар Челленджер». Руководили работами Г. У. Менард и Дж. Натланд (H. W. Menard; J. Natland; Скриппсовский океанографический институт, Сан-Диего, США). В задачу рейса входило проведение в районе о-вов Тонга специального сейсмического эксперимента, подобного тому, который был выполнен в 88-м рейсе на северо-западе Тихого океана<sup>1</sup>.

JOIDES Journal, 1983, v. IX, № 2, p. 22; 87-й и 88-й рейсы «Гломара Челленджера».— Природа, 1984, № 1, с. 116.

Таблица  
Скважины 91-го рейса

№ скважины	Координаты		Глубина океана, м	Глубина скважины, м	Выход керн, %
	ю. ш.	з. д.			
595	23°49'	165°32'	5596	123,8	42
596	23°51'	165°39,5'	5701	76	94

На ложе Южной котловины Тихого океана к востоку от островной дуги Тонга пробурены две близко расположенные друг от друга скважины — 595 и 596. В первой из них был установлен трехкомпонентный сейсмометр, а на дно океана помещена регистрирующая система, связанная со скважинным прибором кабелем<sup>2</sup>. Сейсмический эксперимент включал: изучение методом преломленных волн структуры земной коры и верхней мантии в данном районе Тихого океана; исследование уровня собственных шумов океана (в этом эксперименте и «Гломар Челленджер», и сопровождавшее его сейсмическое судно Скриппсовского океанографического института «Мелвил» лежали в дрейфе с выключенными двигателями); регистрация сейсмической активности сетью донных сейсмометров. Эксперимент продолжался 5 дней, а записи землетрясений выполнялись в течение 45 дней.

Каков же возраст океана, структура коры и мантии в том месте, где проходило бурение скважин в 91-м рейсе? До начала работ высказывалось предположение, что дно океана образовалось в мезозое. Предварительная съемка дна, выполнявшаяся «Гломаром Челленджером», выявила магнитные аномалии предположительно юрского возраста (150 млн лет), однако палеонтологических исследований в рейсе не проводилось. Если возраст дна действительно окажется юрским, это будет означать, что в Тихом океане впервые за всю историю глубоководного бурения вскры-

ты наиболее древние горизонты океанической коры.

Обращает на себя внимание тот факт, что, несмотря на предполагаемую исключительную древность фундамента, осадочный чехол здесь очень тонок — всего 70 м. По разрезу скважины верхние 30—40 м составляют пелагические глины, а ниже лежат металлоносные глинистые осадки, которые с глубиной залегают все более обогащены окислами железа и марганца. Кремнистый биогенный материал редок, а карбонатный вообще отсутствует. Эти данные могут свидетельствовать, что с момента своего происхождения этот участок коры постоянно находится на значительном удалении от материков — источников сноса, а водные массы, располагавшиеся над ним, характеризовались исключительно низкой биологической продуктивностью. Однако пока материалы не обработаны, нельзя исключить и разрыв ранее существовавших осадков.

По залегающим ниже базальтам и андезитам было пробурено более 50 м. Породы оказались сильно измененными, что косвенно подтверждает их значительный возраст.

А. Е. Сузюмов,  
кандидат геолого-минералогических наук

Москва

Гляциология. Техника

## Доставка айсбергов неэкономична

Управление науки и техники Австралии опубликовало отчет о результатах изучения вопроса об эффективности

<sup>2</sup> Подробнее см.: Сейсмическая станция под океаническим дном.— Природа, 1984, № 3, с. 113.

транспортировки к берегам этой страны айсбергов в целях водоснабжения засушливых районов.

Чтобы отобрать подходящий айсберг, его необходимо «космотреть» с помощью эхосондирующей аппаратуры, дабы убедиться в отсутствии структурных нарушений в его теле, которые могли бы привести к разрушению в процессе транспортировки. Такую аппаратуру можно смонтировать на борту самолета-лаборатории, однако ближайший к месту нахождения крупных айсбергов в районе Южного океана аэродром расположен не менее чем в 1 тыс. км.

Масса заслуживающего доставки айсберга будет составлять около 100 млн т. Для транспортировки подобной массы существующие суда не подходят, следовательно, необходимо строить специальные плавсредства.

Толщина типичного айсберга достигает 250 м, причем над водой выступает около 40 м. Это приводит к значительной парусности и зависимости от сильных в антарктических водах ветров и течений.

Ближайшие к Антарктиде крупные порты Австралии (Аделаида — на южном и Перт — на юго-восточном ее побережье) не могут принять айсберг с осадкой, составляющей даже после таяния в пути около 150 м. Швартовка же айсберга вдали от суши потребует строительства водопроводов длиной до 20 км.

Наконец, 20 % массы айсберга будут загрязнены морской водой и при таянии не дадут пресной воды, солоноватая же может не найти себе применения достаточно близко от порта доставки.

Экономисты подсчитали, что доставка 1 м<sup>3</sup> айсберговой воды Аделаиде обойдется в 97 центов, а в Перт в 56 центов, тогда как стоимость воды сейчас в Аделаиде составляет 16 центов, а в Перте 10 центов. Таким образом, хотя ныне и существуют технические возможности обнаружения, отбора, буксировки и использования айсбергов для водоснабжения, стоимость транспортировки и расплавления айсберга в нынешних условиях, даже при

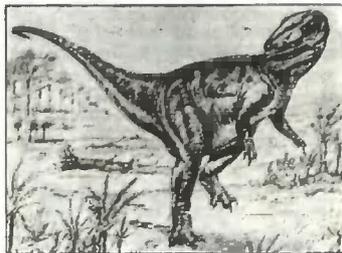
оптимальной эффективности процесса, делает его нерациональным.

New Scientist, 1983, v. 99, № 1368, p. 268 (Великобритания).

Палеонтология

**В Англии найден новый динозавр**

Палеонтолог - любитель У. Уокер (W. Walker) обнаружил в глиняном карьере, находящемся в графстве Суррей на юге Англии, окаменелый коготь крупного ископаемого животного. Прибывшие на место специалисты во главе с А. Чарингом (A. Charig; Южно-Кенсингтонский музей естественной истории, Лондон) нашли части черепа этого животного, че-



Так мог выглядеть суррейский динозавр.



Обнаруженный палеонтологом-любителем коготь суррейского динозавра. Обращает на себя внимание его непропорционально большой размер (30 см), что выделяет обладавшего им животное из ряда известных ископаемых динозавров.

люстную кость с тремя изогнутыми зазубренными зубами, отдельные зубы, позвонки, лопатку, тазовые кости и несколько важных для палеонтологического анализа пальцев нижних и верхних конечностей.

Как выяснилось, эти остатки принадлежат динозавру, достигавшему в длину (включая хвост) 6 м, а в высоту (животное передвигалось на мощных задних конечностях) — от 3 до 4 м. Масса его тела могла составлять около 2 т. Обитал динозавр на территории нынешних Британских о-вов примерно 124 млн лет назад, в начале мелового периода, когда климат здесь был значительно теплее, чем ныне.

Эта находка представляет чрезвычайный интерес не только благодаря своей редкой сохранности (в музеях мира насчитывается немного сравнимых по полноте скелетов хищных динозавров), но в особенности потому, что заполняет существенный пробел в знаниях о раннемеловых хищных динозаврах. До сих пор были известны их юрские представители (в частности, мегалозавр *Eustreptospondylus*, тоже найденный на Британских о-вах в юрских породах графства Оксфордшир и имевший возраст 160 млн лет); достаточно хорошо изучены также позднемеловые формы (например, обитавший в Северной Америке 12-метровый тираннозавр).

Хотя суррейский динозавр значительно меньше тираннозавра, от того вел весьма активный хищный образ жизни, охотясь на игуанодонов и других травоядных динозавров и представителей современных ему видов крокодилов, черепах, мелких млекопитающих. Найденный динозавр жил вблизи низменной дельты реки, на заболоченном морском побережье, и не исключено, что в его рацион входила также рыба.

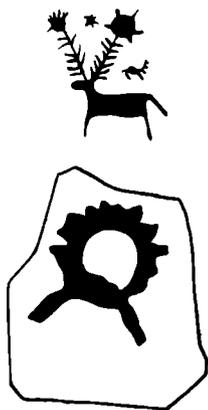
Пока остатки суррейского динозавра не будут полностью извлечены из вмещающей их породы, палеонтологический анализ не может быть завершен. Специалисты пока еще не дали ему и названия.

New Scientist, 1983, v. 100, № 1379, p. 74 (Великобритания).

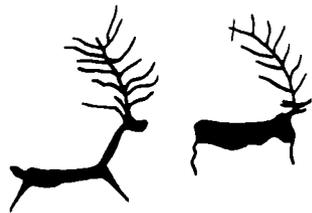
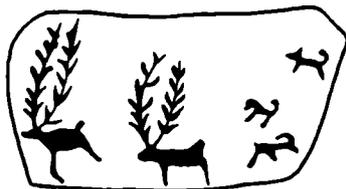
## Петроглифы Горного Алтая

В последние годы стали широко известны наскальные изображения Горного Алтая. Эти рисунки — свидетельства духовной жизни их создателей — принадлежат многим поколениям, населявшим Горный Алтай в древности и в средневековье. Среди множества отдельных животных, антропоморфных существ и целых мифологических сцен особенно выделяются изображения оленей и баранов. Большое число древних наскальных рисунков этих животных встречено среди обследованных нами в 1959, 1982 и 1983 гг. петроглифов долины Каракол, а также при частичных исследованиях в долине Елангаша — самого значительного на Горном Алтае скопления наскальных изображений<sup>1</sup>; эти памятники на протяжении многих лет изучались экспедицией под руководством А. П. Окладникова<sup>1</sup>.

Олень и баран — наиболее распространенные сюжеты петроглифов Горного Алтая. Причем различия между этими животными улавливаются главным образом по рисунку рогов. Рога изображены по-разному: в виде прямых или загнутых отростков, арок с отростками, круто завитых спиралей, необыкновенно длинных елочек со множеством ответвлений и т. п. Очевидно, такое многообразие в трактовке рогов связано с неоднозначностью их



«Солнечные» животные: олень-солнце (Елангаш, участок 3) и баран-солнце (Чанкыр-Кёль, участок IX).



Петроглифы, изображающие животных, рога которых символизируют Древо жизни (вверху — Сары-Сатак, участок XIII, внизу — Сары-Сатак, участки VIII и VII). По материалам, опубликованным А. П. Окладниковым и др.

относится к эпохе бронзы. Впоследствии эти образы устойчиво развиваются в скифское время и в средневековье.

Образ оленя-солнца трактуется по-разному: солярный знак в виде круга или лучистого диска изображается то на самой фигуре животного, то рядом с ним, то внутри рогов. О том, что именно рог символизировал идею солнца, солнечного божества древних скотоводов, говорят рисунки, на которых рога животных завершаются на концах солярными знаками. В этом сложном образе оленя-солнца воплощается и солнечное божество, и идея зарождения жизни, и, очевидно, вообще представление обо всем, что связано с солнцем (сияние, удача, благополучие и т. д.).

Вторая группа изображений символизирует другую идею — возрождение жизни, круговорот в природе, своеобразное мировое Древо жизни, но уже не в представлении земледельцев, где Древо жизни действительно ассоциировалось с деревом, а в представлениях скотоводов горных долин, у которых непосредственным символом дерева был растущий рог. Способность к росту, а также некое внешнее сходство делали рог и дерево аналогами, носителями одной и той же идеи. В изобразительном отношении эта идея передается достаточно убедительно: на алтайских писаницах рога ни по своим размерам, ни по характеру отростков не похожи на рога животных — это настоящие деревья или пышные кусты, значительно превосходящие по величине туловище самих животных, которое к тому же часто изображено весьма схематично.

Особенно интересно изображение оленя с древесными рогами, на концах которых сияют солнечные диски. Здесь сочетаются оба образа: олень-солнце и олень-дерево. В этом соединении символа роста (дерево, рог) с животным проявляются уже знакомые нам идеи таинства роста, круговорота в природе, идея множественности зарождения жизни.

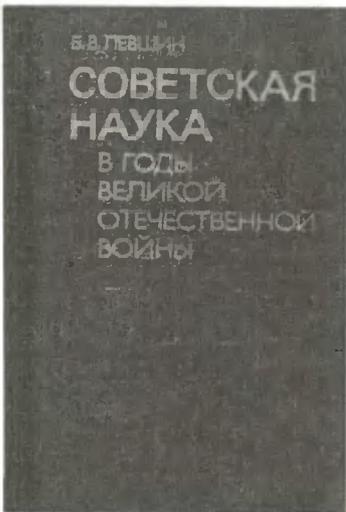
А. И. Мартинов,  
доктор исторических наук  
Кемерово

<sup>1</sup> См.: Окладников А. П., Окладникова Е. А., Запорожская В. Д., Скорынина Э. А. Петроглифы долины реки Елангаш (юг Горного Алтая). Новосибирск, 1979; Они же. Петроглифы Горного Алтая. Новосибирск, 1980; Они же. Петроглифы Чанкыр-Кёля. Новосибирск, 1981; Окладников А. П., Окладникова Е. А., Запорожская В. Д. и др. Петроглифы урочища Сары-Сатак. Новосибирск, 1982.

смыслового содержания. Образ оленя (барана, козла) занимал видное место в сложных мифологических представлениях древних обитателей горных долин Алтая и соседних территорий Алтая-Саянского нагорья. Однако при всем изобразительном многообразии этих животных можно легко выделить две наиболее характерные сюжетные группы: олень-солнце и олень-дерево, возникновение которых

## О роли науки в победном завершении войны

А. С. Федоров,  
кандидат технических наук  
Москва



Б. В. Левшин. СОВЕТСКАЯ НАУКА В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ. Отв. ред. М. П. Ким. М.: Наука, 1983, 384 с.

Весной будущего года советский народ, все прогрессивное человечество отметят замечательную историческую дату — 40-летие победы нашей страны в Великой Отечественной войне. Славному подвигу советских ученых, их самоотверженному труду в годы войны посвящена рецензируемая книга, которая по существу является первым глубоким исследованием организации и развития нашей науки в годы Великой Отечественной войны.

Книга Б. В. Левшина — итог его многолетнего труда по сбору, анализу и обобщению

огромного массива фактических материалов. В ней цитируется тысяча источников, из которых большую часть составляют архивные материалы, впервые введенные автором в научный оборот. Особенно широко использованы фонды Архива Академии наук СССР, Центрального государственного архива народного хозяйства СССР, Центрального государственного архива Октябрьской революции, а также архивов ряда министерств и ведомств.

Приступая к работе над книгой, автор хорошо понимал, насколько многопланова разрабатываемая им тема. Поэтому он максимально конкретизировал свою задачу. Цель его труда состояла в том, чтобы «рассмотреть в общем виде конкретно-исторический процесс перестройки научных учреждений в условиях войны, сосредоточить главное внимание на общих направлениях организации и развития советской науки, ее конкретном вкладе в оборону и народное хозяйство страны, в победу над врагом» (с. 6).

Монография Б. В. Левшина дает впечатляющую картину быстрой перестройки организации науки в начале войны и последующего бурного развития научной деятельности, освещает роль науки в совершенствовании боевой техники, а также мобилизации ресурсов страны на нужды обороны. В книге рассказывается о том, что еще в годы войны советские ученые приступили к решению глобальных проблем будущего науки, связанных с развитием атомной энергетики, ракетной техники, интенсификацией производственных процессов в основных отраслях народного хозяйства, созданием новых материалов и др.

Перед Великой Отечественной войной Советский Союз располагал значительным научным потенциалом. В стране работало более 1800 научных учреждений, в том числе 786 круп-

ных научно-исследовательских институтов. Была успешно решена задача государственной системы организации науки. Разработкой фундаментальных областей знания занималась Академия наук СССР и ее филиалы и базы в ряде союзных республик и крупнейших центрах Российской Федерации. До войны были образованы республиканские академии наук на Украине, в Белоруссии, Грузии и Литве, созданы Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина и Академия архитектуры СССР. Большое число отраслевых научно-исследовательских институтов работало в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте, в органах здравоохранения, просвещения и культуры. Научная работа велась также на кафедрах и в лабораториях 817 высших учебных заведений.

В тяжелые годы войны особенно ярко проявился патриотизм советских ученых. Многие из них сражались на фронте, оставшиеся в тылу сосредоточили свои усилия на разработке проблем военного значения, создании новой боевой техники, мобилизации сырьевых ресурсов на нужды обороны.

В первой главе подробно рассказано о титанической работе, проведенной по перебазированию многих научных учреждений в восточную часть СССР, где они, как и эвакуированные из прифронтовых районов производственные предприятия, в короткий срок развернули свою деятельность.

В целях наиболее эффективного использования научного потенциала страны в условиях военного времени партия и правительство разработали новые формы управления наукой. Для усиления партийного руководства организацией научных исследований был создан Отдел науки ЦК ВКП(б). По линии Государственного Комитета Оборона руководство наукой осуществлял уполномоченный

ГКО по науке. Он возглавлял Научно-технический совет, состоящий из виднейших ученых и координирующий работу всех исследовательских учреждений и вузов, направляя ее на решение наиболее актуальных проблем. Чтобы лучше укрепить связь важнейших отраслей народного хозяйства с наукой, в руководящий состав министерств и ведомств был введен ряд крупных ученых (И. П. Бардин, А. И. Берг, Б. Е. Веденеев, А. В. Винтер, Н. Т. Гудцов, В. Н. Образцов и др.).

Наиболее совершенной формой организации науки стали комплексные комиссии, которые не только разрабатывали крупные научные проблемы, но и осуществляли быстрое внедрение результатов исследования в производственную практику.

Одной из первых, 29 августа 1941 г., была создана Комиссия по мобилизации ресурсов Урала на нужды обороны. Ее возглавил президент АН СССР В. Л. Комаров. Помимо учреждений Академии наук в сфере деятельности Комиссии находилось около 60 местных и эвакуированных научных организаций и свыше 600 научных работников. Вскоре деятельность Комиссии была распространена на районы Западной Сибири и Казахстана. В годы войны Комиссия провела большую и плодотворную работу по расширению сырьевой базы страны. Ею были организованы десятки геологических экспедиций, открывших новые месторождения цинка, меди, железных, никелевых и марганцевых руд, нефти и других полезных ископаемых. В июне 1942 г. под руководством академика Е. А. Чудакова начала работать Комиссия по мобилизации ресурсов Приволжья и Прикамья на оборонные нужды. Такие же комиссии были созданы в республиках Средней Азии, в ряде краев и областей.

Деятельность этих комиссий помогла поднять добычу руды, угля, нефти и другого стратегически важного сырья, увеличить производство черных, цветных и редких металлов, расширить старые и создать новые рудники, шахты и заводы.

В начале 1942 г. Президиумом АН СССР был организован ряд других комиссий, ко-

торые возглавили научные исследования в интересах усиления военно-экономического потенциала и развития народного хозяйства страны. Среди них назовем Комиссию по научно-технологическим военно-морским вопросам, Военно-инженерную комиссию, Военно-санитарную комиссию, Комиссию по пищевым ресурсам, Комиссию по геолого-географическому обслуживанию Красной Армии и др. «Новые формы организации научной деятельности,— подчеркивает автор монографии,— обеспечивали наиболее эффективное участие науки в обороне страны» (с. 58—59).

Великая Отечественная война не приостановила развитие сети учреждений науки. К концу войны в Советском Союзе работало 2061 научное учреждение, в том числе 914 научно-исследовательских институтов. В военные годы были основаны академии наук в Армении, Азербайджане, Узбекистане, а также Академия медицинских наук СССР и Академия педагогических наук РСФСР, преобразованная в 1966 г. в АПН СССР.

В трудный период войны партия и правительство проявляли большую заботу о подготовке научных кадров. Было защищено более 12 тыс. докторских и кандидатских диссертаций. В 1943 г., в дни решающих битв с фашизмом, в результате проведенных выборов Академия наук СССР пополнилась 36 академиками и 58 членами-корреспондентами.

К концу 1943 г., когда в ходе войны произошел решительный перелом, перед советскими учеными встали новые задачи. Усилия в большей мере сосредоточились на фундаментальных научных проблемах. Сессия АН СССР, состоявшаяся в сентябре 1943 г., поставила перед учеными задачу, наряду с решением первоочередных проблем оборонного значения, определить наиболее важные направления научных исследований на ближайшую перспективу. «Академия наук,— отмечается в рецензируемой книге,— как штаб научной работы в стране, должна была разработать генеральную перспективу развития советской науки. Это важное

государственное мероприятие стало одним из ведущих направлений деятельности Академии наук в 1944—1945 гг.» (с. 139). На страницах книги подробно рассказано о начавшихся еще в годы войны фундаментальных исследованиях советских ученых, приведших к замечательным свершениям науки и техники второй половины XX в, выдвинувших нашу науку на передовые рубежи науки мировой.

Заключительные главы монографии содержат огромный фактический материал, показывающий самоотверженный труд советских ученых, конструкторов и инженеров по созданию новых типов самолетов и танков, артиллерийского и стрелкового вооружения, развитию боевых радиотехнических средств и другой военной техники. Здесь же говорится об успехах медицинской науки в годы войны, расширении топливно-энергетической базы, неустанным и тяжелом труде специалистов сельского хозяйства по обеспечению бесперебойного продовольственного снабжения армии и населения.

Советские ученые обеспечили непрерывный качественный рост советского оружия и непрерывно нарастающие темпы его выпуска. В период войны радикально изменилось вооружение Советской Армии. Появились скоростная и высотная авиация с дальним радиусом действия, первые реактивные самолеты. Был налаженточный выпуск высокоманевренных танков с могучей броней, ствольная артиллерия была дополнена ракетными боевыми системами большой поражающей силы, на вооружение поступили и другие высокоэффективные боевые средства.

Монография Б. В. Левшина, как уже отмечалось, является серьезным научным исследованием. Она содержит большой подсобный материал в виде примечаний. Кроме обширной библиографии, приведенной именной указатель, где упомянуто почти пятьсот ученых, о чьем труде рассказано в книге. Имеется также указатель многочисленных научных учреждений и высших учебных заведений, работа которых нашла отражение в рецензируемой книге.

Книга хорошо иллюстрирована фотографиями видных советских ученых и конструкторов военной техники. Остается пожалеть, что обстоятельная и весьма нужная работа Б. В. Левшина, особенно в связи с приближающимся 40-летием Победы советского народа в Великой Отечественной войне, вышла небольшим тиражом (всего 3400 экз.) и быстро исчезла с прилавков книжных магазинов.

По-видимому, издательству «Наука» следует подумать о втором издании книги. При этом, нам кажется, было бы логичным несколько изменить расположение материала — главу «Мобилизация ресурсов страны на нужды обороны» поставить перед главой «Научно-техническое совершенствование вооружения и боевой техники». Желательно также более подробно рассказать о деятельности ряда видных ученых — создателей военной техники. Например, имя члена-корреспондента АН СССР Н. Л. Духова (1904—1964) только один раз вскользь упоминается в книге (с. 172). Однако работа этого выдающегося конструктора тяжелых танков, одного из первых трижды Героев Социалистического труда, лауреата Ленинской и пяти Государственных премий СССР, заслуживает более широкого освещения.

Полагаю, что в новом издании книги Б. В. Левшина целесообразно исправить неточность, допущенную Большой Советской Энциклопедией (3-е издание, т. 17, с. 340—341), где в статье «Научно-производственное объединение» утверждается, что первые НПО появились в СССР в 1967 г. Фактически такие объединения науки и промышленности возникли еще в годы Великой Отечественной войны. Примером тому может служить организация работы в области атомной энергетики, реактивной техники, кислородной промышленности. Эти проблемы решались под руководством крупных ученых, возглавивших научно-исследовательские институты и промышленные объекты. О деятельности таких коллективов говорится в рецензируемой книге. Справедливо будет назвать их первыми НПО нашей страны.

## Мутации в природе и лаборатории

**А. В. Яблоков,**  
доктор биологических наук  
Москва



**П. М. Бородин. ЭТЮДЫ О МУТАНТАХ.** М.: Знание, сер. «Наука и прогресс», 1983, 112 с.

Казалось бы, после многих прекрасных популярных книг об основах генетики вряд ли можно написать на эту тему и в том же жанре что-то оригинальное. Однако автор рецензируемой книги, сотрудник Института цитологии и генетики Сибирского отделения АН СССР П. М. Бородин, поставил нас перед фактом, доказывающим, что это вовсе не так. В книжке «Этюды о мутантах», посвященной изучению распространения отдельных мутаций в природе и возникновению мутаций в лабораторных условиях, убедительно показано, что эти проблемы на самом деле как нельзя более актуальны и в наше время. Книжка состоит из 8 коротких глав, каждая из которых, пожалуй, кроме первой, содержащей

вводные сведения (она так и называется «Кто такие мутанты?»), представляет собой прекрасно написанный самостоятельный очерк, насыщенный новыми сведениями и новыми, порой неожиданными, взглядами на старые, давно известные факты.

Главки «Кошки и гены» и «Великое переселение мутантов» содержат рассказ о широко развернувшихся в последнее десятилетие во всем мире работах по изучению частот генов у кошек. Автор показывает, что даже беглые наблюдения каждого из нас могут оказаться интересными, если, во-первых, чуть-чуть знать о генетике кошек, а во-вторых, чуть-чуть интересоваться проблемами эволюционной генетики.

Двадцать генетически обусловленных признаков-маркеров фенотипа легко отметить даже издали на соседском коте. Сложив подобные наблюдения, вы можете получить достаточно точную картину генотипического состава популяций кошек вашего города или района. А эта картина, в свою очередь, может оказаться камешком в общей мозаике распределения генов кошек в Европе, Азии или вообще в мире. По этой мозаике можно, как выяснилось, реконструировать пути, по которым проходили средневековая экспансия викингов, вторжение европейцев в Северную и Южную Америку, великое переселение народов и скандинавское влияние на Русь.

Оказалось возможным также установить, что преобладание черных кошек в городских местностях не случайно, а, по всей видимости, связано с плейотропными действиями гена, определяющего черную окраску: он одновременно делает черных кошек более спокойными и дружелюбными, более устойчивыми к действию стрессов.

Столь же интересно и сохроняя такой же научный уровень, автор рассказывает о черных и красных формах божьих коровок и их связи со стабилизирующим отбором, об удивительной истории изучения бесхвостых мышей, которая привела современную генетику к важным научным результатам, об изучении мутантных лис в Институте цитологии и генетики.

Не обойдена вниманием и «королева генетики» — дрозофила. Познакомимся с посвященной ей главой «Муха из мозаики», читатель получит ясное представление о сложнейших проблемах современной «классической» генетики, иногда по своей познавательной мощности во многом превосходящей (при исследовании одних и тех же проблем) даже молекулярно-генетические подходы. В последней главе «Стресс и прогресс» так же блестяще раскрыто существо замечательных работ по генетике поведения, ведущихся в Институте цитологии и генетики Сибирского филиала АН СССР под руководством Д. К. Беляева.

Автор обладает замечательной способностью говорить просто о сложных вещах. Немаловажно при этом, что практи-

чески обо всех проблемах, поднятых в книге, читатель слышит «из первых уст» — П. М. Бородин активно работает в области гено- и феногеографии кошек, и в области генетики поведения.

Конечно, идеальных книг не бывает, и к этой замечательной книге могут быть некоторые претензии. Так, автор почему-то избегает говорить о фенах, описывая многие признаки-маркеры генотипического состава природных популяций. А ведь это все именно фены — признаки, имеющие сравнительно простую наследственную обусловленность и своей частотой показывающие генетическую структуру популяции без соответствующего гибридологического исследования в каждом случае. Именно о фенах идет речь, например, в прекрасном, изящном популяционно-генети-

ческом анализе, выполненном автором на материалах более чем полусторолетней давности, — он использовал сведения о заготовках лисиц Новоархангельской конторы Российско-Американской компании в Северной Америке. Или, когда автор рассуждает о том, что С. П. Крашенинников в XVIII в. описал плейотропный эффект действия генов (связь темной — меланистической — окраски лис с особенностями их поведения), точнее было бы говорить о «полифении» (термин введен еще в 1925 г. немецким генетиком В. Хэккером).

Но все это придирки. Главное же в том, что читатели получили интересную и отличного научного качества книжку, а в отечественной литературе появился новый талантливый ученый-популяризатор.

## НОВЫЕ КНИГИ

### Общие вопросы естествознания

**РАДОСТЬ ПОЗНАНИЯ.** Популярная энциклопедия в четырех томах. Т. 1. Наука и Вселенная. Пер. с англ. под ред. А. Д. Суханова и Г. С. Хромова. М.: Мир, 1983, 296 с., ц. 6 р. 80 к.

На русском языке выйдут четыре тома популярной энциклопедии, выпущенной английским издательством «Митчелл-Бизли». Недавно появившийся у нас первый том — «Наука и Вселенная» — включает широкий круг вопросов из области математики, физики и химии, а также знакомит с современными представлениями о строении Солнечной системы и звездных миров, с историей и результатами исследований космоса. Авторы энциклопедии поясняют, что они стремились не обрушивать на читателя сразу массу разрозненных сведений, а преподнести их в виде постепенно

развертывающегося, логически связанного повествования».

Книга не просто богато иллюстрирована. Иллюстрации играют в ней главную роль, а текст — вспомогательную, комментирующую. Такой интересный способ подачи материала предопределил и оригинальную структуру тома. Он состоит из отдельных статей, объединенных в 17 достаточно крупных разделов, при этом каждая статья занимает две смежные страницы — разворот.

Издание не может претендовать на роль энциклопедии в точном понимании этого слова. Не может оно служить и настоящим справочником: избранная форма неизбежно делает изложение неполным и фрагментарным. Скорее всего, «Радость познания» можно рассматривать как яркую и полезную книгу для чтения, одной из основных задач которой является увлекательное, доступное и образное изложение основ научных представлений о мире.

### Физика. Космология

**И. Николсон. ТЯГОТЕНИЕ, ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ И ВСЕЛЕННАЯ.** Пер. с англ. А. П. Ефремова под ред. и с предисл. Н. В. Мицкевича. М.: Мир, 1983, 240 с., ц. 1 р. 20 к.

Книга известного английского популяризатора науки И. Николсона рассказывает об истории, современном состоянии и важнейших астрофизических приложениях теории тяготения. В первой части — «Эволюция представлений» — описан путь, который до создания специальной и общей теории относительности прошли представления о силах, приводящих в движение небесные тела.

Одноименная с самой книгой вторая часть посвящена астрофизическим следствиям общерелятивистской теории тяготения. Здесь изложена теория строения и эволюции звезд. Большое внимание уделено свойствам черных дыр Шварцшильда, вращающихся и заря-

женных черных дыр. Обсуждается возможность существования белых дыр. Читатель также получает представление о законе Хаббла, однородности и изотропности Вселенной, ее возрасте и будущем.

В третьей части — «Природа тяготения» — нашли отражение и другие теории тяготения: теория Бранса—Дикке с переменной гравитационной «постоянной», теория Хойла—Нарликара с переменными массами элементарных частиц и др. Книга заканчивается обзором самых горячих участков современной теоретической и экспериментальной физики: строящихся теорий Великого объединения, связывающих воедино сильное, электромагнитное и слабое взаимодействия; квантовой гравитации; попыток обнаружить распад протона и зарегистрировать гравитационные волны.

«И. Николсон, — говорит в предисловии к русскому переводу, — вводит читателя в круг новейших проблем космологии, причем делает это, не подавляя читателя своей ученостью, а пытаясь изложить сложнейшие вопросы в простой и доступной форме».

#### Физика

С. Лялль. ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ВСЕХ. Пер. с англ. З. А. Штейнграда под ред. Л. П. Гришча. М.: Мир, 1984, 503 с., ц. 1 р. 70 к.

«Еще одна книга по теории относительности для неспециалиста! Зачем? Что в ней нового?» Таким восклицанием начинается предисловие автора книги, преподавателя факультета образования для взрослых Ноттингемского университета (Великобритания). И действительно, популяризации теории относительности посвящено много книг. Но эта особенная. Она представляет собой своего рода самоучитель по теории относительности и «предназначена для тех, кто, приступая к ее изучению, знает лишь с арифметикой».

Автор строит изложение в виде непринужденной беседы с читателями, задает им вопро-

сы, предоставляя возможность сначала попробовать самим найти ответ, а затем дает подробное объяснение. В результате читатель, незнакомый даже с отрицательными числами, постепенно постигает не только специальную, но и общую теорию относительности. Читатель сам рассматривает замедление течения времени для одного из братьев-близнецов, отправившегося в межзвездное путешествие с субсветовой скоростью, выводит знаменитую формулу эквивалентности массы и энергии, находит инвариант в искривленном пространстве-времени, убеждается в том, что смещение перигелия Меркурия и искривление лучей света в поле тяготения Солнца — релятивистские эффекты. Вскользь упоминаются и такие следствия общей теории относительности, как черные дыры и гипотетические гравитационные волны.

#### Литературоведение. Биология

Г. В. СУМАРУКОВ. КТО ЕСТЬ КТО В «СЛОВЕ О ПОЛКУ ИГОРЕВЕ». М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983, 144 с., ц. 50 к.

Эта книга представляет собой интересную попытку взглянуть на известнейший памятник древнерусской литературы глазами биолога. Неоднократно перечитывая «Слово о полку Игореве», зоолог Г. В. Сумаруков обратил внимание на неестественное поведение некоторых зверей и птиц в различных эпизодах этого произведения. Неосведомленность автора «Слова» в этих вопросах допустить было трудно, поскольку другие отрывки поражают тонким и точным описанием особенностей поведения различных животных. Бросался в глаза и определенный набор ведущих себя неестественным образом зверов, галки, полозы и др.

Все это подтолкнуло Г. В. Сумарукова к мысли исследовать возникающие здесь вопросы. (Кстати, он не первый обра-

тует внимания в «Слове», об этом 30 лет тому назад упоминал зоогеограф Н. В. Шарлемань.) Сопоставление данных литературы, исторической географии, этнографии и зоологии позволило Г. В. Сумарукову выдвинуть интересную гипотезу: в «Слове» под именами тех или иных животных подчас описываются различные половые орды, а указанные животные являются их родовыми знаками — тотемами. Это позволило ему по-новому взглянуть на великий памятник нашей древней литературы и сделать ряд любопытных предположений, касающихся географии половых кочевий, выяснения пути бегства пленного князя Игоря из стана Кончака, отношения различных половецких орд к Руси и т. п.

Книга интересна и полезна, она показывает, какие необычные гипотезы могут рождаться на стыках далеких друг от друга областей знания. Приведенный в ней полный древнерусский текст «Слова о полку Игореве» и его перевод, выполненный И. Шкляревским, позволяет читателю самому проследить логику мысли автора.

#### Охрана природы

А. А. СЛЮСАРЕВ. ПРИРОДА ДОНБАССА. Научно-популярные очерки. Ред. С. П. Попов, Ф. Л. Щелотьев. Донецк: Донбасс, 1983, 103 с., ц. 45 к.

В книге донецкого автора представлен краеведческий материал — рассказывается о геологической истории Донбасса, запасах полезных ископаемых, особенностях почвы и специфике земледелия в условиях Донецкой степи, мерах по сохранению почвенного плодородия и повышению урожайности. Книга знакомит с особенностями рельефа, климата, а также факторами, влияющими на его образование; гидроресурсами, растительным и животным миром. «Пожалуй, во всей стране не сыщешь уголка, где природные ресурсы используются так интенсивно, где на природу так сильно влияет хозяйственная деятельность человека, как

в Донбассе», — пишет А. А. Слюсарев. Поэтому естественно, что знания по охране природы органично включены им в содержание каждого раздела книги. Это дает автору возможность показать влияние человека на состояние природной среды, подчеркнуть специфику охраны природы в Донбассе.

Книга читается с интересом. Любопытны сведения о реликтовых растениях (например, меловой сосне в районе Славяногорска), об окаменелых деревьях близ г. Дружковки и др. Важно воспитательное значение имеет рассказ о том, ценой каких огромных усилий многими поколениями людей создавалось лесное богатство края, как его удалось сохранить и приумножить в условиях острого дефицита воды.

Книга позволяет широким кругам читателей лучше узнать Донецкий край, глубже понять проблемы, связанные с сохранением его природного богатства.

**В. В. Червонецкий,**  
кандидат педагогических наук  
Горловка

### География

**М. Г. ГРОСВАЛЬД. ПОКРОВНЫЕ ЛЕДНИКИ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ШЕЛЬФОВ.** Отв. ред. В. М. Котляков. М.: Наука, 1983, 216 с., ц. 3 р. 40 к.

В книге М. Г. Гросвальда, обобщающей опыт 25-летних исследований автора, предлагается новая реконструкция последнего оледенения Земли.

Около 18 тыс. лет назад в Северном полушарии площадь оледенения достигала 35 млн км<sup>2</sup>. Гигантский Панарктический ледниковый покров сплошным чехлом, до 3 км толщины, покрывал территорию арктических островов, океанического шельфа, выползал далеко к югу на равнины Евразии и Северной Америки. Глубоководная часть Северного Ледовитого океана была покрыта плавучими ледниками-шельфами. Комплекс наземных, наземно-морских и плавучих ледников представлял собою единую динамическую систему, современной действующей моделью которой является

Западноантарктический ледниковый покров.

Рост Панарктического ледникового покрова происходил не столько за счет разрастания горного оледенения Свальбарда, Скандинавии, Британских о-вов и других горноледниковых систем, но главным образом за счет распространения и утолщения морских паковых льдов. Плавающие части шельфовых ледников опирались местами на мелководья и небольшие острова (точки пиннинга) и объединяли между собою наземные и наземно-морские ледниковые щиты. В полной аналогии с тем, как это наблюдается в Западноантарктическом ледниковом комплексе.

Автор доказывает, что Панарктический ледниковый покров мог существовать лишь как единая система. Стоило начать разрушаться плавучим шельфовым ледникам под воздействием океана и глобального потепления, как наземно-морские части потеряли устойчивость и начали катастрофически быстро отступать. Это произошло 11—9 тыс. лет назад. При этом возникали серджи выводных ледников (паводки ледниковых потоков, подобные современным пульсирующим ледникам в горах), и в океан выбрасывались ледяные айсберги — главная статья расхода современных и древних ледниковых покровов.

Вероятность такого развития и распада последнего ледникового покрова Северного полушария делает актуальной задачу исследования крупнейших в мире шельфовых ледников Ронне-Филхнера и Росса в Западной Антарктиде. Их отступление, наблюдаемое теперь, может ускориться и привести к их разрушению. За этим должно неминуемо последовать уничтожение современного наземно-морского ледникового покрова Западной Антарктиды и повышение уровня Мирового океана на 5—6 м.

Реконструкция, основанная на гипотезе М. Г. Гросвальда, выглядит наиболее реалистичной среди множества ей предшествующих.

**М. Б. Дюргерев,**  
кандидат географических наук

Москва

### История науки

**Т. М. Калашникова. ПРОРОЧЕСТВО БЕЗ ЧУДЕС** (К 90-летию Н. Н. Колосовского). М.: Мысль, 1983, 139 с., ц. 20 к.

Николай Николаевич Колосовский (1891—1954) известен в географическом мире как один из создателей районной школы советской экономической географии, от его имени неотрывны такие фундаментальные понятия этой науки, как «энерго-производственный цикл» или «территориально-производственный комплекс». Инженер-путевец по образованию, он встретил революцию в Сибири, и с Сибирью оказалась связанной почти вся его научная и практическая деятельность. Разрабатывая проблемы Урало-Кузнецкого комбината, Ангарского комплекса и многих других Н. Н. Колосовский долгие годы работал в Госплане под руководством академика Г. М. Кржижановского и И. Г. Александрова. С 1932 г. началась преподавательская деятельность Н. Н. Колосовского в МГУ, продолжавшаяся до его смерти. Он стоял во главе Научно-исследовательского института географии МГУ, руководил Восточно-Сибирской экспедицией географического факультета, на базе работы в МГУ были созданы его важнейшие обобщающие труды по районированию, по географии и другим вопросам. В книге Т. М. Калашниковой воссоздан портрет Н. Н. Колосовского, обрисована его страстная практическая, теоретическая и преподавательская деятельность, отмечен его исключительный вклад в организацию крупномасштабных полевых экономико-географических экспедиций. Многие из идей Н. Н. Колосовского, справедливо утверждает автор книги, продолжают жить и «работать» в наши дни.

## Маугли. Правда или миф!\*

Б. Гржимек

Франкфурт-на-Майне (ФРГ)

Некий индеец-миссионер по имени А. Л. Сингх появился в начале октября 1920 г. в деревне Годамури, жители которой были весьма рассержены на «призраков». По их словам, «призраки» уже два или три года бесчинствовали в окрестностях местечка, расположенного примерно в 130 километрах южнее Калькутты. Сингху предстояло истребить или изгнать их. Миссионер достал где-то полевой бинокль, ружья и вместе с двумя проживающими по соседству европейцами оборудовал нечто вроде наблюдательного пункта поблизости от жилища «призраков» — огромного заброшенного термитника. Недолго Сингху пришлось сидеть в засаде. Сначала из норы появились два волчонка и три взрослых волка, а вслед за ними «призрак». Вид этого существа был ужасен: тело у него было человеческое, а голова походила на большой шар. Почти

сразу выполз еще один «призрак», однако он был гораздо меньше. Спутники Сингха изготовились застрелить их, но Сингх, поняв, что это люди, помешал им.

Зная нравы своих земляков, он привел помощников из дальней деревни, где и слыхом не слыхали об истории с «призраками», и с их помощью раскопал волчью нору. Одного матерого волка, оказавшего сопротивление, убили, остальные разбжались. В круглой гладкоственной камере, где не было испражнений и остатков пищи, они обнаружили двух волчат и «призраков», свернувшихся клубочком. Рабочие унесли волчат домой, а Сингх привел двух найденных в деревню, где и отдал их под присмотр местных жителей, чтобы несколько позже увезти их с собой. Вернувшись через пять дней, он обнаружил, что они совершенно заросли грязью и погибают от голода и жажды, так как жители покинули свои жилища и убежали, движимые суеверным страхом. Обследуя найденных детей, миссионер определил, что младшей девочке около полутора лет, а старшей около восьми. Он назвал их Амала и Камала и привез в сиротский приют города Миднапура, попечителями которого являлись он вместе со своей супругой. Сингх оказался достаточно умел и никому ничего на рассказал о предьстории своих подопечных. Да и оба англичанина, свидетели того, как девочки были найдены, тоже проявили удивительную деликатность и

ни разу не обмолвились об этом и словечком.

Девочки не могли ходить как люди, а проворно, словно белочки, бегали на четвереньках. По утверждению Сингха, их голубые пронзительные глаза по-волчьи светились в темноте. Как впоследствии рассказывал Сингх, оба ребенка, во всяком случае в первое время после того как их отыскали, «лакали по-волчьи» и не потели при жаре, а охлаждались, подобно собакам, раскрыв рот и быстро, сильно дыша. Девочки срывали с себя одежду, боялись света; днем они были вялы, зато после полуночи становились весьма активными. Отказываясь от человеческой пищи, они находили по запаху падаля или мясо, даже если они были спрятаны, и алчно заглатывали их. Найденши не издавали ни звука и лишь изредка по ночам выли.

Через год с небольшим весьма серьезно заболела Амала, младшая из девочек, и обеспокоенные приемные родители позвали врача. Он оказался очень любопытным и заявил, что будет лечить маленькую пациентку только после того, как ему расскажут об ее предьствующей жизни. Супругам пришлось удовлетворить его требование, взяв, однако, с него обещание молчать. Но уже наутро история эта стала известна всему городу. И началось. Супругов стали осаждать репортеры и толпы любопытствующих, появились бесчисленные статьи в газетах, кинохроника. Фотографии детей обошли почти все газеты Германии. История по-

\* Глава из книги известного зоолога и писателя Б. Гржимека «Животные рядом с нами», которая выходит на русском языке в издательстве «Прогресс». В «Природе» печатается с небольшими сокращениями.

всюду принималась на веру, и газетчиков нельзя сколько-нибудь серьезно упрекнуть в этом, поскольку позднее даже один из американских антропологов опубликовал дневник Сингха, снабдив его к тому же ученым комментарием с доказательством того, что найденный — воспитанники волков...

Увидев, какую сенсацию произвели во всем мире Амала и Камала, индийский миссионер задним числом завел «дневник». В нем, на 126 страницах печатного текста, ретроспективно изложена история обнаружения двух найденных, их развитие в первые недели и месяцы. К сожалению, в дневнике события спутаны во времени и многое выглядит противоречиво. И тем не менее этот рассказ приводит в восхищение тем, как любовно, с каким беззаветным терпением эти супруги, и в особенности жена миссионера, заботились о бедных, беспризорных, почти слабоумных детях.

Маленькая Амала вскоре умерла от воспаления почек. Старшая из девочек, Камала, умершая в ноябре 1929 г., когда ей, по всей вероятности, было 17 лет, так и не научилась правильно говорить. Однако со временем она усвоила множество слов и фраз и могла с помощью определенных звуков выражать свои пожелания. Мало-помалу Камала перестала дичиться детей, привязалась к своей приемной матери и очень ее полюбила, научилась играть в куклы, привыкла к человеческой пище. Почему-то ко всему, что было красного цвета, она имела ярко выраженное пристрастие. Она так и не смогла научиться ходить на двух ногах, но с помощью ванн и массажа госпоже Сингх удалось распрямить скрюченные колени Камалы, так что девочка по крайней мере стала стоять. Через некоторое время она привыкла к одежде. Интересно, что она стала бояться темноты.

Согласно другому сообщению, также обошедшему все газеты ФРГ, в 1954 г. в больнице Нью-Дели за небольшую злodingную плату можно было увидеть мальчика по имени Раму, «воспитанного волками». Этот девятилетний, весь покрытый рубцами и ранами мальчик, был

привезен из джунглей и тоже заболел...

Эти дети, якобы воспитанные волками, мало отличаются от несчастных молодых пациентов психиатрических больниц. И лишь весьма сомнительные истории о том, что их якобы воспитатели волки, вызывают к ним интерес падкой на сенсации публики. Но именно эти истории, подозрительно схожие во всех случаях, в глазах знатока животных, как обстоятельно объясняет зоопсихолог профессор Отто Келлер, делают сведения о выражении детей волками совершенно неправдоподобными.

Глаза многих животных, например лошадей, крупного рогатого скота, ночных обезьян и особенно животных, ведущих сумеречный или ночной образ жизни, светятся в темноте. Это происходит потому, что на глазном дне у них существует особый отражающий слой, который отбрасывает попадающий на него свет и тем самым как бы удавляет количество света, падающего на «палочки». Глаза других животных, например обезьян, ведущих дневной образ жизни, а также человека (за редким исключением) лишены этого анатомического приспособления и, следовательно, не могут светиться. У курицы между пальцами ног не появляются плавательные перепонки или широкий клюв только потому, что она росла среди уток, ибо соматические признаки наследуются от родителей и более дальних предков. Так же невозможно, чтобы в глазном дне человека возник отражающий слой по той причине, что он взращен волками.

Подознательные реакции наследуются так же прочно и навсегда, как и наша внешность. Собака, испытывающая страх, поджимает хвост, крапивник по той же самой причине поднимает его прямо вверх, отчего кажется нам смелым, хотя на самом деле очень испуган. Радующаяся собака размахивает хвостом. Но кошка, даже растущая вместе с десятью щен-

ками, никогда не замашет хвостом от радости. Курица, глотнув воды, чтобы проглотить ее, задирает голову вверх. Зато как домашние, так и все дикие голуби пьют, олутив клюв в воду и всасывая ее. И ни один даже самый искусный дрессировщик никогда не добьется того, чтобы курица пила как голубь, а голубь как курица...

Собаки, волки, лисы и многие другие родственные им виды животных пьют, зачерпывая воду длинным языком, словно ложкой. Люди, лошади, крупный рогатый скот, овцы, обезьяны, напротив, прикоснувшись губами к поверхности воды, втягивают ее. Ну а Камала и Амала и другие приемыши волков, как без конца повторяют газеты, якобы лакали воду по-собачьи, т. е. зачерпывая ее языком. Однако каждый может убедиться на собственном опыте, что это практически невозможно. Наш рот выступает не так далеко, как волчья морда, и язык слишком короток, чтобы зачерпнуть воду и донести ее до рта.

Лошади или люди, бегущие длительное время, сплошь покрываются потом, так как потовые железы распределены у них на коже по всему телу. Собаки не потеют, потому что у них таких желез нет и им приходится охлаждаться, максимально раскрыв пасть, высунув язык и часто дыша. И, если бы у человека, растущего вместе с волками, потовые железы могли атрофироваться только потому, что их нет у волка, то было бы логично предположить, что в таком случае у молодого грека, пасущего коз, должны исподволь вырасти рога.

В Индии, в слоях наиболее отсталого и бедствующего населения доведенные до отчаяния люди порой избавляются от лишнего ребенка, особенно если это девочка или хилое, больное существо. Они становятся жертвой диких зверей или погибают от голода. Конечно, не совсем исключено, что волчица пощадит ребенка, запоздавшего в нору к выводку волчат. Некоторые хищные животные не убивают в своем жилище или близости от него. Но чтобы волчица сумела выкормить че-

<sup>1</sup> Если на них попадает луч света, например, от фар автомашины. — Прим. ред.

ловеческого грудного младенца — это чепуха. Ее молока хватает самое большее на четыре месяца. В состоянии ли в этом случае ребенок легко перейти к питанию сырым мясом или падалью, чтобы выжить? А что будет с ним, когда через несколько месяцев волчье семейство распадется и волки будут повсюду бродить стаями, и как переживет он период волчьих свадеб или когда появится новый выводок? У младен-

ца, усыновленного человекообразными обезьянами, было бы гораздо больше шансов выжить. И все же никто не может припомнить хотя бы одного такого случая, Tarzan так и останется навсегда лишь выдуманным киноперсонажем...

Истории о детях, воспитанных волками, рассказывают в северо-западной части Индии сотни лет, но именно там бытуют и поверья о вурдалаках. Вспомним, что в не столь от-

даленные времена у нас тоже верили в оборотней. Сами индийцы с давних пор не принимают всерьез этих розсканней, считая их сказками и легендами, а потому и нам, европейцам и американцам, не следует верить в это без основательных доказательств и серьезного научного исследования фактов.

Перевод с немецкого  
Ю. А. Зеленова.

## Маленький комментарий к очерку Б. Гржимека

**Л. М. Баскин,**  
доктор биологических наук  
Москва

Что-то очень привлекает нас в мифах о Маугли, легших в основу прекрасной повести Р. Киплинга. То ли это жажда единения с миром природы (вспомним заветные слова Маугли, когда он призывает на помощь волков, питона Каа, черную пантеру Багиру: «Мы с тобой одной крови, ты и я»), то ли неугасимая вера в чудесное.

Известный зоолог Б. Гржимек убедительно показывает, что, во-первых, приводимые им рассказы о детях, якобы вскормленных и воспитанных волками, изобилуют недостоверными деталями. Во-вторых, он справедливо полагает, что шансов на выживание грудных детей, попавших в волчью стаю, почти нет, поскольку темпы развития детей и волчат различны, период кормления волчицей волчат слишком короток, чтобы ребенок смог за это время успеть

«встать на ноги» и присоединиться к волчьей стае. Я бы только сделал несколько больший акцент на слове «почти». Конечно все же говорит в пользу такой возможности.

Известно, что волки похищают детей и неврелимыми проносят их на сотни метров. И в нашей стране есть люди, бывавшие в детстве в такой переделке. Подобные факты описаны в книге М. П. Павлова<sup>1</sup>. Волчица, по-видимому, способна в каких-то случаях принять ребенка в свою семью и начать выкармливать его, как, допустим, собака выкармливает котенка. Эта способность, как считает ряд этологов (и, в частности, К. Лоренц) объясняется тем, что черты, общие для детенышей многих млекопитающих (например, особенности запаха, издаваемых звуков, округлость очертаний и т. п.), часто вызывают сходные, по природе своей родительские, реакции,

которые могут быть направлены на детенышей чужих видов.

Может ли грудной ребенок приучиться сосать волчицу? Это не исключено, особенно если ребенок еще не прошел а своем развитии того критического периода, когда в его сознании формируется образ матери — представительницы его вида. Этот критический период завершается у человека в возрасте двух-трех месяцев.

Предположим оптимальный вариант, при котором ребенок около трех месяцев попал в общество новорожденных волчат и начал сосать волчицу. Период кормления волчат материнским молоком закончится, когда ребенку будет около пяти месяцев. После этого начнется кормление волчат отрыгнутой пищей, которую может есть ребенок. Обычно волчица кормит детенышей отрыжкой один-два месяца, но в исключительных случаях — в течение года. При таком условии ребенок должен был бы перейти к взрослой жизни волчьей стаи уже в полтора года. Тогда он, возможно, и смог бы выжить, так как к этому времени уже способен в ка-

<sup>1</sup> Павлов М. П. Волки. М., 1982.

кой-то мере освоить «язык» и поведение волков.

Дело в том, что у приматов, хищных, копытных и некоторых других отрядов млекопитающих большая часть репертуара поведения, в том числе и сложные его формы (ориентировка в пространстве, добыча пищи, оборонительное поведение, установление социальных отношений) формируются путем так называемого облигатного (от лат. *obligatus* — обязательный, непереносимый) обучения. Сравнительно небольшое число реакций, порядка 15% (в том числе способность волков и собак лаять, а не всасывать воду) относятся к врожденным. Часто в основе облигатного обучения лежат явления типа импринтинга, когда двигательная компонента реакции наследственно обусловлена, а стимул, который эту реакцию «запускает», запечатлевается уже в ходе обучения.

Большие пласты облигатного обучения связаны с так называемым оперантным (от лат. *operans* — деятельный) обучением и подражанием. Оперант-

ное научение — это активные поиски малышом необходимых благ и закрепление тех действий, которые приводят к их получению. Путем подражания возможно усвоение ребенком выразительных движений морды и туловища волков, звуков — короче, волчьего языка. Например, он должен освоить ритуал приветствия — припадать к земле и поскуливать, научиться выпрашивать отрывку — покусывать скулу волка и облизывать его морду и т. п.

Короче говоря, представить себе выживание грудного ребенка в волчьей стае очень трудно, но при многих допущениях все же можно.

Вероятность подобного события несколько повышается, если представить себе случай, который Б. Гржимек не рассматривает, а именно если бы в волчью стаю попал ребенок полутора-двух лет. В этом возрасте он сохраняет младенческие черты и в то же время гораздо более жизнеспособен. Тут можно представить себе другой путь сосуществования — не усыновление, а привыкание.

Однако и в этом случае проблема усвоения языка волков остается.

Известно, что взрослый человек способен научиться языку волков. Примером могут служить блестящие эксперименты по вхождению в волчью стаю, описанные Л. Крайслер и Ф. Моуэтом<sup>2</sup>. Двухлетний ребенок может многого достичь в этом отношении путем оперантного научения и подражания.

Итак, в принципе возможность существования «реальных Маугли» я бы не отвергал категорически, хотя, конечно, вероятность такого события чрезвычайно мала.

<sup>2</sup> Крайслер Л. Тропами карибу. М., 1966; Моуэт Ф. Не кричи — волки. М., 1968.

В номере использованы фотографии БОЖАНСКОГО А. Т., ГЕНДЕРОТЕ В. А., ЖИВОТЧЕНКО В. И., КАДЖАИ Т. Л., КИЗИЛЬШТЕЙНА Л. Я., ЛАНКИ В., ЛАВРЕНТЬЕВА Н. С., ЛЮБИНСКОГО Е. Г., МИЛОВИДОВА А. А., МУХИНА И. А., ШПИЦГЛУЗА А. Л., ТАСС.

Художник П. Г. АБЕЛИН

Художественные редакторы  
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Корректоры:  
Э. А. ГЕОРГАДЗЕ, Т. Д. МИРЛИС.

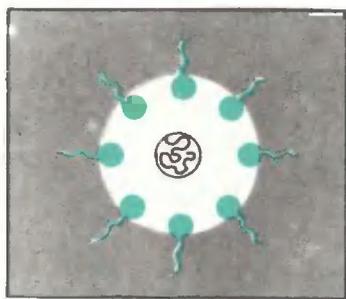
Адрес редакции:  
117049, Москва, ГСП-1,  
Мароновский пер., 26.  
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 29.03.84  
Подписано к печати 3.05.84  
Т—09645  
Формат 70×100 1/16  
Офсет  
Усл.-печ. л. 10,32  
Усл. кр.-отт. 1442,9 тыс.  
Уч.-изд. л. 15,3  
Бум. л. 4  
Тираж 53 900 экз. Заказ 892

Ордена Трудового Красного  
Знамени Чеховский  
полиграфический комбинат  
ВО «Союзполиграфпром»  
Государственного комитета СССР  
по делам издательства, полиграфии  
и книжной торговли.  
г. Чехов Московской области



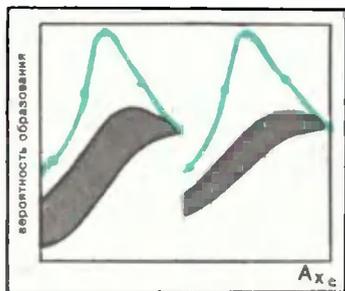
— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Этим символом обозначены материалы, которые журнал «Природа» публикует в рамках участия в деятельности этой программы.



## В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ

До последнего времени функцию ферментов не удавалось исследовать в живой клетке; обычно их изучали в водных растворах. В обращенных мицеллах, моделирующих клеточную среду, ферменты проявили новые, неожиданные свойства. Уже сейчас эти достижения нашли широкое применение в органическом синтезе, аналитической химии и в медицине.

**Мартинек К.** Мицеллярная энзимология.



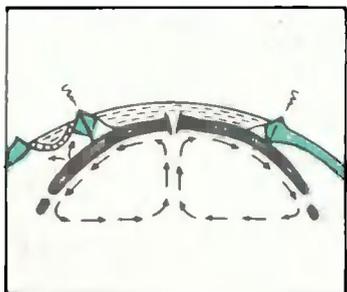
В урановой руде из природного ядерного реактора — месторождения Окло в Африке — обнаружены изотопные аномалии ксенона. Их невозможно объяснить ни одной известной ядерной реакцией. Не исключено, что аномалии вызваны делением какого-то нового изотопа.

**Шуколюков Ю. А.** Все ли понятно в феномене Окло?



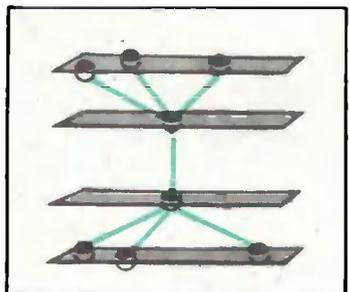
Если не поспешить с организацией национального природного парка на юге Приморья, массовый туризм может привести здесь к истощению неповторимых и разнообразных природных богатств.

**Урусов В. М.** В Приморье необходим национальный природный парк.



Теория тектоники литосферных плит является сегодня наиболее полно разработанной тектонической концепцией. Тем не менее «классическая» тектоника плит слишком схематично описывает процесс тектогенеза, что становится очевидным при переходе от глобального масштаба исследований к региональному. Кроме того, ряд особенностей тектогенеза остается за рамками плитовой тектоники.

**Хани В. Е.** От мобилизма Вегенера к неомобилизму.



То, что атомы алмаза — самого твердого материала на Земле — образуют кубическую решетку, в течение нескольких десятилетий считалось аксиомой. Излагаемый подход не только позволяет иначе взглянуть на структуру алмаза, объяснив ряд свойств, казавшихся ранее непонятными, но и предсказывает многочисленные новые регулярные формы углерода.

**Мельниченко В. М., Никулин Ю. Н., Сладков А. М.** Слоистая структура алмаза.



05777  
D. 80 non-  
eK 7707