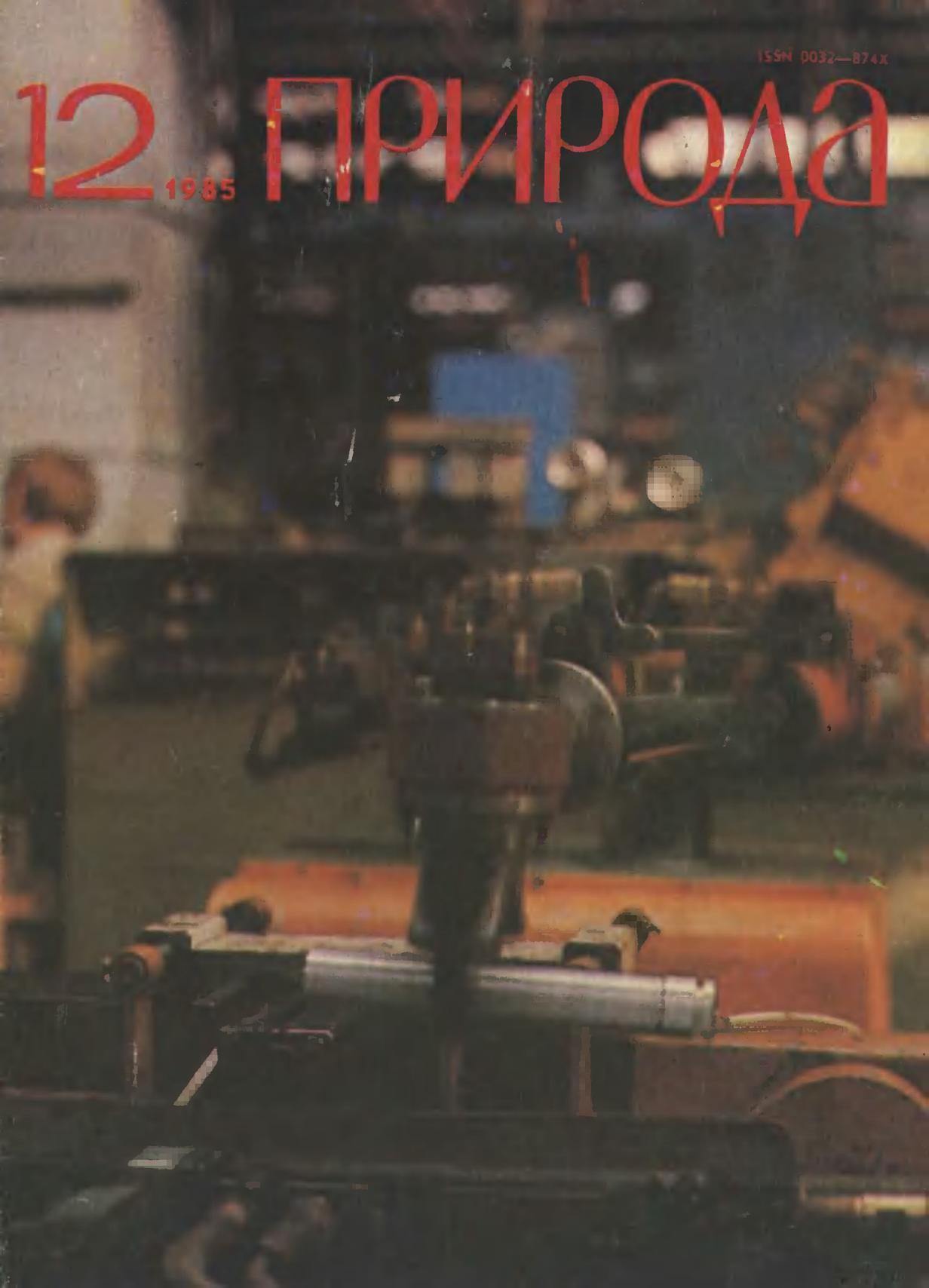


ISSN 0032-874X

# 12 1985 ПРИРОДА



Ежемесячный  
популярный  
естественнонаучный  
журнал  
Академии наук СССР



## 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

Академик  
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

Доктор физико-математических наук  
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук  
А. А. КОМАР

Академик  
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор геолого-минералогических наук  
И. Н. КРЫЛОВ

Доктор философских наук  
Н. В. МАРКОВ

Ответственный секретарь  
В. М. ПОЛЫНИН

Доктор исторических наук  
П. И. ПУЧКОВ

Заместитель главного редактора  
академик  
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Доктор философских наук  
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора  
доктор биологических наук  
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР  
А. А. СОЗИНОВ

Академик  
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук  
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора  
кандидат технических наук  
А. С. ФЕДОРОВ

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

Член-корреспондент АН СССР  
В. Е. ХАИН

Доктор физико-математических наук  
А. М. ЧЕРЕПАЩУК

Доктор физико-математических наук  
В. А. ЧУЯНОВ

На первой странице обложки. Робот «Циклон-5» на автомобильном заводе им И. А. Лихачева (Москва) обрабатывает деталь коробки передач. См. в номере: Попов Е. П. Роботы и информатика. Фото Н. Н. Алексеева.

На четвертой странице обложки. Планетарий Института биологии АН ЛатвССР, специально построенный для изучения астроориентации мигрирующих птиц. См. в номере: Кац Е. Б. Роль солнца в стартовой ориентации мигрирующих птиц. Фото В. Климиньша.

**В НОМЕРЕ**

Попов Е. П. Роботы и информатика	3
Пуннинг Я.-М. К. Динамика материковых оледенений	11
Черкасов В. Б., Шердаков В. Н. Естествознание и этика	20
Портнов А. М. Как открывали новый минерал	28
Хотинский Н. А., Фоломеев Б. А., Александровский А. Л., Гуман М. А. Куликово поле: природа и история последних 6 тысяч лет	30
Кац Е. Б. Роль солнца в стартовой ориентации мигрирующих птиц	39
Витовский Н. А., Эланго М. А. Электронные возбуждения и дефекты в кристаллах	49
Левин Г. М. Дикий гранат	58
Кунин Н. Я. Сейсмическая стратиграфия	60
Кобзарев Ю. Б. Первые шаги советской радиолокации	72

## АРТУР ХОКАРТ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД В ЭТНОГРАФИИ

83

При изучении прошлого историки, как правило, более всего доверяют прямым свидетельствам — описаниям очевидцев, архитектурным памятникам, археологическим находкам. Однако часто такие свидетельства представляют собой лишь эпизоды в историческом процессе. Восстановить явления в целом помогает сравнительный анализ разных культур, подчас далеко отстоящих друг от друга.

Иванов Вяч. Вс. «Труды и дни» Артура Хокарта

83

Хокарт А. М. Критерии оценки свидетельств

88

## ЗАМЕТКИ, НАБЛЮДЕНИЯ

Якоби В. Э. Птицы и техника

97

## НОВОСТИ НАУКИ

99

Запуски космических аппаратов в СССР (июль — август 1985 г.) (99) • Экспедиция на «Салют-7» (июль — август 1985 г.) (99) • «Джотто» (100) • Солнечный ветер исследуется активными методами (101) • Параметр Хаббла и эффект гравитационной линзы (101) • M 81 — галактика с кольцом (102) • Новый способ голографической записи информации (104) • Необычная сжимаемость кристаллов цеолита (104) • Управляемая связь коаксиальных световодов (105) • Обратимая аморфизация твердых тел (105) • Джекалин — новый активирующий белок (106) • Гербицид избирательного действия (106) • Воздействие космического фактора на синтез РНК у крыс (106) • Взаимодействие между В- и Т-лимфоцитами (107) • Меченые тромбоциты выявляют тромбы (107) • Регуляция сборки и функционирования микротрубочек (107) • Половое поведение у насекомых (108) • Вторичный паразитизм у насекомых (108) • Волк-синантроп (109) • Алкоголь препятствует адаптации (109) • Новый корм для скота (110) • Крылоногие моллюски и круговорот углерода (110) • Реинтродукция золотистой игрунки (111) • Водные ресурсы мира (111) • Магнитный полюс переместился (111) • Гидротермы в Атлантике (112) • Вулканизм срединно-океанических хребтов (112) • Возраст воздуха из ледникового льда (112) • Почти полный скелет Homo erectus (113) • Новый свет был заселен в голоцене (113) • В Пскове найдена печать князя Игоря? (114)

## РЕЦЕНЗИИ

Новиков И. Д. Теория тяготения вчера, сегодня и завтра (на кн.: Ю. С. Владимиров, Н. В. Мицкевич, Я. Хорски. Пространство, время, гравитация)

115

## НОВЫЕ КНИГИ

117

Физика XX века: развитие и перспективы (117) • Справочник по биологии (117) • Соколов В. Е. Пятиязычный словарь названий животных. Млекопитающие. Латинский — русский — английский — немецкий — французский (117) • Арнагельдыев А., Костюковский В. И. Пустыня Каракумы (118) • Васильева Т. В. Афинская школа философии. Философский язык Платона и Аристотеля (118)

Тематический указатель журнала «Природа» 1985 года

119

Авторский указатель журнала «Природа» 1985 года

127

## НАВСТРЕЧУ XXVII СЪЕЗДУ КПСС

## Роботы и информатика

Е. П. Попов



Евгений Павлович Попов, член-корреспондент АН СССР, доктор технических наук, профессор. Заведующий кафедрой «Робототехнические системы» Московского высшего технического училища им. Н. Э. Баумана, руководитель Научно-учебного центра «Робототехника» АН СССР и Министерства высшего и среднего специального образования СССР, председатель секции научно-технического совета по робототехнике и гибким производственным системам того же министерства, заместитель председателя Научного совета АН СССР по той же проблеме, председатель научно-методического совета Министерства высшего и среднего специального образования СССР по образованию в области робототехники. Основная сфера научной деятельности — автоматическое управление, робототехника. Автор ряда монографий по этим вопросам, в том числе: Прикладная теория нелинейных автоматических систем. М., 1973; Теория линейных систем автоматического управления. М., 1978; Теория нелинейных систем автоматического управления. М., 1979; Манипуляционные роботы. Динамика и алгоритмы (в соавторстве с А. Ф. Верещагиным и С. Л. Зенкевичем). М., 1978. Лауреат Государственных премий СССР.

На апрельском и октябрьском (1985 г.) Пленумах ЦК КПСС, июньском (1985 г.) совещании в ЦК КПСС по вопросам ускорения научно-технического прогресса поставлена задача коренной интенсификации народного хозяйства, значительного увеличения производства продукции на существующих промышленных предприятиях при том же и даже меньшем числе работающих. Это возможно лишь при техническом переоснащении предприятий на основе комплексной автоматизации технологических процессов с резким сокращением доли ручного труда.

Практика показала, что во многих случаях ручной труд на производстве нельзя механизировать, используя традиционные средства автоматизации. Иными словами, автомат должен совершать движения, напоминающие движения человеческих рук. Поэтому в наше время возникла насущная потребность в создании и широком применении промышленных роботов, основное исполнительное устройство которых — манипулятор, т. е. многозвенный механизм с управляемыми приводами во всех сочленениях звеньев. Благодаря совершенной автоматической системе управления робота, его манипулятор выполняет действия, подобные

действиям человека в процессе трудовой деятельности.

На упомянутом совещании в ЦК КПСС особое внимание обращалось на необходимость разработки гибких производственных систем, легко перенастраиваемых при смене продукции и введении новой технологии и обслуживаемых гораздо меньшим числом людей, чем существующие ныне. Именно робот, соединенный с ЭВМ, представляет собой машину нового типа, у которой система управления отличается легкой перестройкой на самые разнообразные виды «ручных» операций. Таким образом, промышленный робот, управляемый ЭВМ, должен стать одним из основных элементов гибких автоматизированных производств в заводских цехах, шахтах, под водой и т. д.

Робототехнические системы принято подразделять на следующие классы: манипуляционные, мобильные, а также информационные и управляющие.

Мобильные системы содержат платформу (шасси), движением которой управляет автоматика по программе, задающей маршрут движения и адрес цели и обеспечивающей автоматическую погрузку и

разгрузку. В производственных цехах в этой роли выступают специальные тележки для автоматической подачи заготовок и инструмента к станкам и обработанных деталей — от станков к складам. В различных практических сферах мобильные робототехнические системы бывают не только колесными, но и гусеничными, шагающими, плавающими, летающими и т. п.

Информационные и управляющие системы представляют собой комплексы измерительно-информационных и управ-

ляющими устройствами и автоматической кино- или фотоаппаратурой, приспособленными для определения свойств воды и дна, для поиска, обнаружения и опознавания тех или иных предметов, а также для автоматической обработки и выдачи информации.

Манипуляционные системы, в свою очередь, делятся на автоматические, дистанционно управляемые и непосредственно связанные с движением рук (а иногда и ног) человека. Наибольший интерес, конечно, представляет первый вид мани-



**Функциональная схема промышленного робота.** Действия робота, выполняющего определенную технологическую операцию (подачу заготовок на станок или под пресс, сварку либо сборку деталей и т. п.), синхронизированы с работой соответствующего оборудования, составляющего часть рабочей среды, с которой роботу приходится взаимодействовать. «Органы чувств» робота представляют собой различные датчики, реагирующие на те или иные характеристики рабочей среды. Данные с датчиков, преобразованные средствами обработки информации, поступают в систему управления, вырабатывающую сигналы управления приводами, которые, в свою очередь, приводят в движение манипуляторы, воздействующие на изделие.

ляющих средств, автоматически производящих сбор, обработку и передачу информации, а также использующих ее для формирования различных управляющих сигналов. В промышленных цехах это, например, системы автоматического контроля и управления производственными процессами, в подводных условиях — плавающие обитаемые аппараты, снабженные измерительными приборами, управ-

ляющими устройств и автоматической кино- или фотоаппаратурой, приспособленными для определения свойств воды и дна, для поиска, обнаружения и опознавания тех или иных предметов, а также для автоматической обработки и выдачи информации. Манипуляционные системы, в свою очередь, делятся на автоматические, дистанционно управляемые и непосредственно связанные с движением рук (а иногда и ног) человека. Наибольший интерес, конечно, представляет первый вид мани-

пуляционных роботов. Они применяются преимущественно в промышленности, тогда как дистанционно управляемые системы используются главным образом в экстремальных условиях (при повышенной радиации, загазованности, взрывоопасности, высоких или низких температурах и давлениях). Третий вид предназначен в основном для погрузочно-разгрузочных и других особо тяжелых работ.

Существуют три поколения (рода) автоматических манипуляционных роботов: программные, адаптивные и «интеллектуальные».

Программные роботы (роботы первого поколения) имеют управляемые приводы во всех «суставах» манипулятора, а их система управления легко перенастраивается с одной операции на другую. Но после каждой перенастройки они многократно повторяют одну и ту же жесткую программу в строго заданной обстановке с определенным образом

расположенными предметами. Таково большинство современных промышленных роботов, выполняющих различные вспомогательные операции у станков, прессов, штампов, литейных машин и т. д.

Второе поколение — адаптивные роботы — могут самостоятельно (в большей или меньшей степени) ориентироваться в нестрого определенной обстановке и работают, адаптируясь (приспосабливаясь) к ней. Для этого они снабжаются, во-первых, специальными датчиками, реагирующими на обстановку (своеобразными «органами чувств»), и, во-вторых, системой обработки информации, поступающей от этих датчиков, и формирования сигналов адаптивного управления, т. е. гибкого изменения программы манипулятора в соответствии с фактической обстановкой. В таких системах широко используются различные микропроцессорные устройства.

Адаптивные роботы незаменимы во всех случаях, когда трудно создать строго фиксированную обстановку — при необходимости обхода различных препятствий, работе с движущимися на конвейере деталями, сборке, сварке и на других операциях. Отдельные варианты таких роботов уже разработаны и применяются на производстве.

«Интеллектуальные» роботы представляют собой результат дальнейшего развития адаптивных систем и оснащены значительно более разнообразными «органами чувств» и микропроцессорными системами обработки информации, могут распознавать обстановку и автоматически принимать решения о своих дальнейших действиях для выполнения нужных операций в неопределенной или меняющейся сложным образом обстановке, иными словами, обладают элементами искусственного интеллекта.

Каждое поколение состоит из роботов разных типов. Они могут отличаться принципами построения и конструкцией управляющих устройств, приводов в «суставах» манипуляторов, числом их звеньев, грузоподъемностью, видом «ощущения», математическим программным обеспечением и т. п.

Робот наиболее эффективен как элемент комплексно автоматизированной технологической линии. В отличие от человека он может произвольно располагаться относительно производственного оборудования на полу, стене, подвесе или даже прямо на станке. Поэтому технологическое оборудование для роботизированного

производства нет необходимости подгонять под уровень глаз или рук человека — его размещают наимыгоднейшим способом (без высоких станин, с любой планировкой по горизонтали и вертикали).

Широкое использование промышленных роботов имеет огромное экономическое значение.

Во-первых, многофункциональность и легкая переналадка робототехнических систем позволяют резко сократить время и затраты на совершенствование и перестройку производства, на освоение новых технологий и изделий, создают благоприятные условия для автоматизации мелкосерийного и многономенклатурного производства.

Во-вторых, как показывает опыт, применение нескольких роботов, связанных с ЭВМ, в технологических линиях повышает их производительность в среднем в два — четыре (а иногда и в шесть — восемь) раза по сравнению с единичной системой «робот — станок», включенной в обычную технологическую линию.

Далее, достигается серьезная экономия трудовых ресурсов (сегодня около 40 % всех рабочих заняты именно ручным трудом, который вполне под силу роботам). При применении роботов, исключающих участие человека непосредственно в процессе производства, облегчается переход на двух- и трехменную работу, а также работу без выходных дней, что значительно повышает степень использования остального технологического оборудования. Исключение человека с его эмоциями, усталостью, возможной невнимательностью, способствует более четкому соблюдению всех технологических требований и стандартов, в результате чего сокращается брак и заметно улучшается качество изделий.

При отсутствии человека у станка, участка, линии упрощается рабочая обстановка, отпадает необходимость в обеспечении определенного комфорта на рабочем месте, освещенности, чистоты воздуха, допустимого уровня шумов, снимается вопрос о вредности производства, медицинской профилактике и помощи, а следовательно, становятся ненужными и связанные со всем этим затраты.

В роботизированном производстве ритмичность производственного процесса соблюдается в любое время суток, недели, месяца и года, что также оказывается важнейшим фактором организации

производства и, стало быть, значительного роста его эффективности.

Применение роботов резко снижает стоимость работ в экстремальных условиях. Дистанционно управляемые роботы позволяют обойтись без непосредственного участия людей при выполнении многих операций под водой и в шахтах, удешевить и обезопасить добычу полезных ископаемых и другие процессы в горнодобывающей промышленности.

Социальное значение широкого применения робототехники во всех отраслях народного хозяйства также трудно переоценить.

Прежде всего, это освобождение человека от однообразного и утомительного ручного труда. Количество людей у роботизированной автоматической линии значительно уменьшается, хотя все же остается персонал для настройки и наблюдения за ее работой. Однако, пожалуй, самый важный социальный аспект автоматизации производства состоит в том, что человек перестает быть придатком машины, а становится истинным ее повелителем. Это коренным образом меняет характер и повышает культуру труда как рабочего, так и инженера.

Рутинной работы много не только у станков и прессов, но и на контроле изделий, при изготовлении чертежей и выполнении расчетов. Все это тоже способен взять на себя робот. Ему не обязательно обрабатывать деталь, собирать узлы или изделия, пользуясь чертежами и техническими картами — их заменяют числовые программы, созданные в системе автоматизированного проектирования.

Освобождение человека от всех видов однообразного и непривлекательного труда позволит ему сосредоточиться на более интересной интеллектуальной деятельности, потребность в которой у нашего общества непрерывно растет. Это будет способствовать духовному развитию человека, повышению его квалификации и общей культуры. Робототехника в сочетании с вычислительной техникой преобразует характер деятельности людей на производстве, устраняя различия между умственным и физическим трудом.

Велико социальное значение робототехники и в решении проблемы нехватки трудовых ресурсов. Без массового применения хотя бы простейших робототехнических систем (наряду с традиционными средствами механизации и автома-

тизации производственных процессов) во всех отраслях народного хозяйства полностью эту проблему не решить.

Замена ручного труда машинным с участием роботов и манипуляторов ликвидирует многие профессиональные заболевания, поскольку человек избавляется от утомительных и тяжелых работ вблизи горячих печей, в условиях повышенного содержания пыли, вредных испарений, от усилий, вызывающих перенапряжение тех или иных человеческих органов при наличии вибраций, шумов и т. д.

Современная научно-техническая революция неразрывно связана с развитием электроники, вычислительной техники и информационных систем. Это уже привело к невиданным ранее разнообразным формам автоматизации различных видов человеческой деятельности, и буквально преобразило все стороны научно-исследовательских и производственных работ. Теперь же, с развитием робототехники и микроэлектроники, наступает новый революционный этап умножения человеческих возможностей. Используя достижения механики и кибернетики, робот объединяет в себе выполнение трех функций человека в процессе его трудовой деятельности: восприятие внешней среды с помощью органов чувств, обдумывание и принятие решений, активное воздействие на внешнюю среду. Эта принципиально новая машина неизмеримо расширяет возможности комплексной автоматизации производства, создания гибких и почти безлюдных производственных систем.

По мере развития робототехники, при переходе от первого поколения роботов ко второму и третьему, как в создании роботизированных систем, так и в их применении на производстве все большую роль играют процессы переработки информации. Большинство задач адаптации и искусственного интеллекта роботов решаются именно информационными программно-алгоритмическими средствами вычислительной техники.

Внутри самого робота для этого предусмотрены различные датчики (тактильные, локационные, зрительные, силовые и т. п.), а также микропроцессоры для обработки принятой от датчиков информации с целью анализа внешней обстановки и распознавания предметов в рабочей среде. В результате автоматически формируются соответствующие сигналы управления, поступающие на приводы

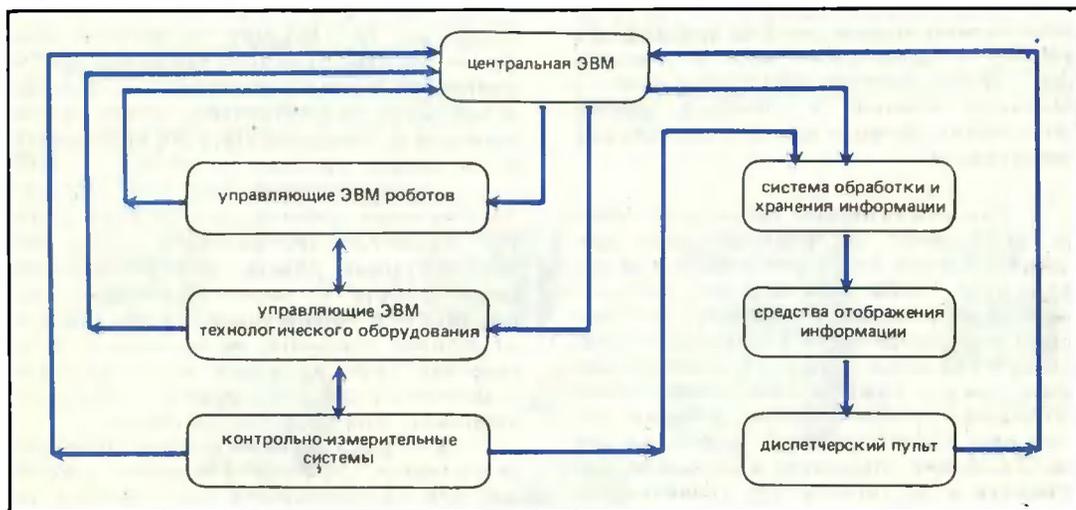
манипулятора для выполнения той или иной технологической операции с помощью другого оборудования.

Переходя от отдельных роботов к роботизированным технологическим системам, необходимо рассмотреть информационные задачи, связанные с организацией совместной работы группы роботов и основного технологического оборудования, которое управляется автоматически в едином комплексе с помощью ЭВМ. При этом поток информации делится на ряд составных частей:

лекса и о ходе технологических процессов.

Такой комплекс организуется в масштабах либо технологической линии, либо целого цеха.

Примером робототехнического комплекса с комбинированным управлением, сочетающим автоматическое действие с использованием дистанционно управляемых манипуляторов, может служить разрабатываемая с участием Московского высшего технического училища им. Н. Э. Баумана (МВТУ) система обслуживания термо-



Структура системы управления роботизированным технологическим комплексом. Такой комплекс включает ряд объектов цехового оборудования (линию, участок), обслуживаемых промышленными роботами и взаимосвязанных информационными и управляющими средствами, главную часть которых составляют микро- и мини-ЭВМ. На диспетчерском пульте воспроизводится ход автоматизированного технологического процесса, ведется учет результатов работы. Диспетчер через центральную ЭВМ может корректировать ход процесса.

ядерной энергетической установки типа токамак. В этой системе комплекс роботов и источники информации помещаются в рабочей зоне, а посты дистанционного управления — в безопасном помещении.

передача сигналов от роботов и оборудования после первичной обработки в собственных микро-ЭВМ к центральной управляющей ЭВМ;

прием и обработка информации в этой ЭВМ;

передача переработанных сигналов к управляющим системам роботов и другого оборудования;

автоматический контроль за работой всего комплекса;

выдача диспетчеру необходимых сведений о состоянии всех подсистем комп-

Организация и техническая реализация обработки информации в робототехнических системах обладают некоторыми особенностями. В частности, весь сложный информационный комплекс роботизированного производства, описанный выше, должен иметь наиболее экономное и простое алгоритмическое и программное обеспечение. Это необходимо, во-первых, чтобы управление осуществлялось в реальном времени технологического процесса (а не тормозило его), и, во-вторых, для простоты и надежности системы. Отсюда вытекают и специфические требования к характеристикам управляющей ЭВМ, встроенных микропроцессоров роботов и другого оборудования.

Специфичны, кроме того, и сигналы от каждого из датчиков робота и приборов контроля.

Обычно вся информация обрабатывается микропроцессорами, микро- и мини-ЭВМ. Недавно в Таганрогском радиотехническом институте Министерства высшего и среднего специального образования РСФСР разработаны новые интегрирующие цифровые структуры, позволяющие параллельно интегрировать несколько электрических сигналов. Проведенный в МВТУ эксперимент показал, что их применение совместно с микро-ЭВМ в системах обработки информации может повысить скорость выдачи сигналов управления в десятки и даже сотни раз. Это открывает новые перспективы управления в реальном времени в сложных робототехнических системах при большом объеме информации.

При использовании датчиков (особенно в системах с телевизионным зрением) зачастую поступает избыточная информация. Чтобы удовлетворить сформулированному выше основному требованию — необходимости обработки информации в реальном времени и простейшими средствами, в каждом конкретном случае приходится из всего потока отбирать тот минимум данных, который необходим для распознавания предметов в определенных условиях и достаточен для решения поставленной технологической задачи (в частности, из полной телевизионной картины выделяется лишь контур нужного предмета). С другой стороны, иногда необходимо использовать дополнительную информацию. Так, если детали, в принципе, можно различить по площади, то для достоверности вводится дополнительный признак (скажем, число углов в очертании детали). Тогда робот с большей вероятностью выберет нужную деталь из двух или нескольких, находящихся в рабочей зоне. Иногда для увеличения надежности и точности управления роботом одну и ту же величину параллельно измеряют двумя датчиками, основанными на различных физических принципах. Например, в некоторых роботах мгновенное положение звеньев манипулятора определяется одновременно потенциометрами и импульсными датчиками. Последние используются постоянно для управления с помощью ЭВМ, а первые служат для сравнения и коррекции при сбое счета импульсов, а также в начальном и заданных контрольных положениях.

О средствах очувствления роботов можно составить представление на примерах разработок кафедры «Робототехнические системы» МВТУ.

Кроме телевизионной нами создана также фотоматричная система технического зрения, размещенная непосредственно в кисти манипулятора промышленного робота. Система выполнена в двух вариантах. В первом из них матрица состоит из  $16 \times 16$  фотодиодов и позволяет различить две градации яркости (черное и белое), во втором — матрица из  $32 \times 32$  элементов различает автоматически до 16 градаций яркости в изображении наблюдаемого предмета. Фотоматричная система дешевле, компактнее и надежнее телевизионной, менее требовательна к освещенности и ее колебаниям и в целом удобнее в условиях цеха.

Сконструированы и датчики силового очувствления роботов, содержащие упругие элементы с наклеенными на них тензорезисторами. Кисть электромеханического робота с такими датчиками изменяет свою конфигурацию в зависимости от формы предмета, автоматически подстраивая свое движение в соответствии с величиной рабочего усилия, что важно, например, при сборочных работах.

Для ряда технологических операций (в частности, соединения шлангов) и вообще для самонаведения кисти робота на предмет разработана ультразвуковая локаторная система очувствления, в центре которой находится малогабаритный излучатель, а по краям — четыре приемника. С ее помощью измеряются углы в двух плоскостях и расстояния с погрешностью не более 5%.

Все эти приспособления значительно расширяют возможности действующих и проектируемых роботов.

В создаваемых сегодня гибкоперестраиваемых автоматизированных производствах исключается ручной труд не только в выполнении технологических операций, но также в проектировании изделий и разработке технологий их изготовления. При этом информация о конструкции деталей и об их обработке поступает в цех уже не в виде чертежей и технологических карт, а в виде числовой программы, записанной на тех или иных носителях и направляемой непосредственно в ЭВМ для управления складами заготовок, деталей и инструментов, транс-



Связи между ЭВМ в гибких автоматизированных производственных системах. Для гибкого автоматизированного производства характерна комплексная автоматизация не только производственного процесса, но также предшествующего ему проектирования самого изделия и технологии его изготовления. Для этого используются системы автоматизированного проектирования (САПР), созданные на базе ЭВМ.

Подобные комплексы ЭВМ и другой аппаратуры для обработки информации, связанные между собой и с основным производственным оборудованием, обеспечивают оптимальную организацию всех процессов и многократное повышение эффективности производства при минимальном числе обслуживающего персонала.

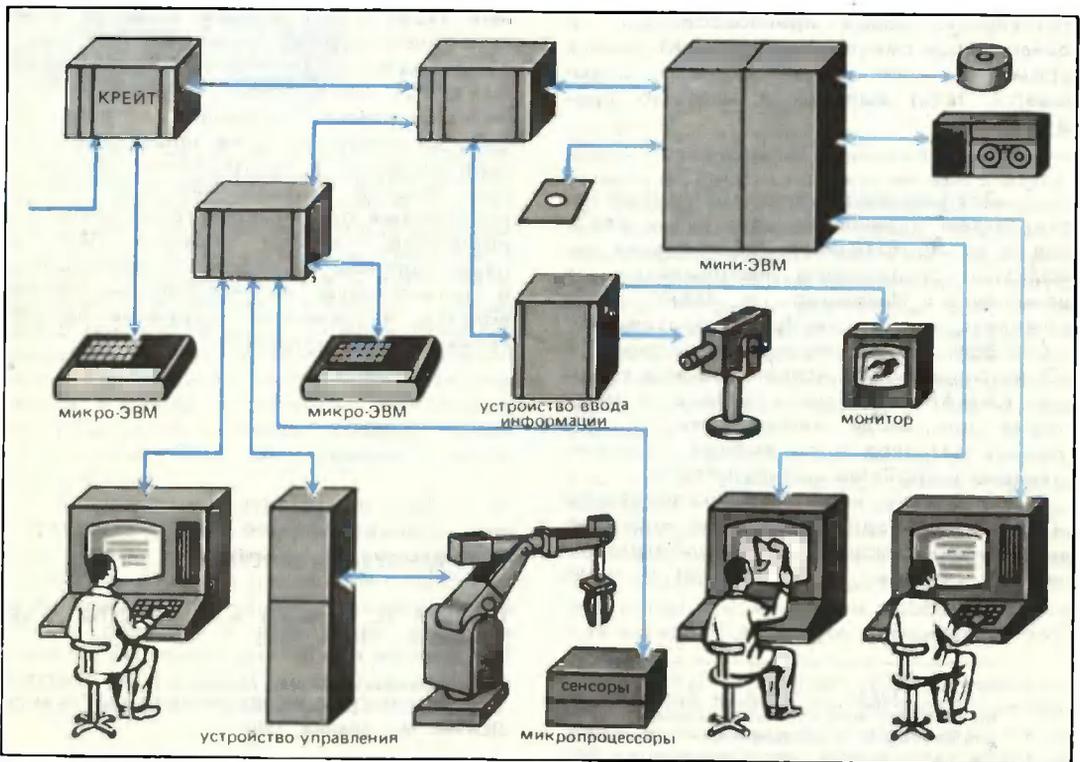


Схема инструментального комплекса для отработки управления и программного обеспечения робототехнических систем. Этот комплекс создан на базе микро- и мини-ЭВМ с богатым набором периферийных устройств, позволяющих специалистам вести работу в интерактивном (диалоговом) режиме, не только кон-

тролируя ее ход на экранах дисплеев, но и активно влияя на него (внося непосредственно в ЭВМ необходимые поправки на любой стадии процесса). Различные электронные схемы комплекса объединены в модули, которые вставляются в специальные каркасы — крейты КАМАК.

портными устройствами, технологическими линиями, средствами контроля и испытаний и т. д. — вплоть до упаковки и отправки готовых изделий.

Многokратное увеличение эффективности производства при использовании гибких комплексно автоматизированных систем — в основном результат оптимальной организации и взаимной увязки всего производственного оборудования в единый ритмично функционирующий организм с помощью информационно-управляющей вычислительной техники, а также применения передовых технологий.

Когда отдельные части производства разрознены, этот эффект в значительной мере пропадает. Из-за отсутствия единого ритма приходится создавать лишние (и подчас немалые) межоперационные запасы деталей и узлов, вообще ненужные при комплексной автоматизации всего производства в целом. В этом случае отпадают также многие операции по изготовлению новых приспособлений и оснастки при смене продукции, экономится время и число людей в цехах, повышается темп выпуска и качество продукции.

Для разработки информационной части систем управления адаптивных роботов и их программного обеспечения используют специальные инструментальные комплексы. Например, в МВТУ такой комплекс создан на базе управляющей мини-ЭВМ СМ-4 и нескольких микро-ЭВМ «Электроника-60» с использованием системы КАМАК<sup>1</sup> для связи между ними, а также для ввода информации от различных датчиков и ее вывода на управляющие устройства манипуляторов.

В данном комплексе исследованию и отработке подлежит именно информационно-управляющая часть робототехнической системы, а ее датчики и мани-

пуляторы подключаются к нему, как говорится, в натуральном виде, со всеми их достоинствами и недостатками. Комплекс снабжен дополнительными блоками памяти, дисками, дисплеями и печатающими устройствами. Предусмотрен диалоговый режим работы, т. е. непосредственное обращение пользователя к комплексу со своего терминала, а также выдача результатов на графические дисплеи и печатающие устройства для контроля.



Роль информатики в развитии промышленной робототехники вообще и гибких автоматизированных производств в частности трудно преувеличить. Очевидна и необходимость широкого использования различных ЭВМ, микропроцессоров и многих других сопрягаемых с ними технических средств, образующих разнообразные информационно-управляющие системы. Разумеется, остается много нерешенных задач и в механике роботов, в их приводных устройствах (особенно в электроприводах с числовым управлением), но среди центральных проблем все в большей степени выступают вопросы обработки информации, ее эффективное алгоритмическое и программное обеспечение. Именно с ними, как и с новыми принципами организации технологических процессов, связаны главным образом наши надежды на коренную перестройку и значительную интенсификацию производства, на заметное ускорение научно-технического прогресса.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Попов Е. П., Ющенко А. С. РОБОТЫ И ЧЕЛОВЕК. М.: Наука, 1983.

Белоцерковский О. М., Макаров И. М. РОБОТОТЕХНИКА И ГИБКОПЕРЕСТРАИВАЕМАЯ ТЕХНОЛОГИЯ. М.: Знание, 1983.

РОБОТОТЕХНИКА. Под. ред. Попова Е. П. и Юревича Е. И. М.: Машиностроение, 1983.

Белянин П. Н. ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ. М.: Машиностроение, 1983.

Попов Е. П., Медведев В. С. РОБОТЫ И ЭВМ. М.: Знание, 1985.

<sup>1</sup> Англ. САМАС — Computer Application for Measurement And Control (применение ЭВМ для измерения и управления) — универсальная система связи между различными ЭВМ и подключаемыми к ним внешними устройствами. Одинаковость прочтения слова в обе стороны символизирует возможность передачи информации от измерительной аппаратуры к ЭВМ и обратно. Подробнее см., напр.: Маталин-Слущкий Л. А., Колпаков И. Ф. Автоматизированные системы научных исследований и аппаратура КАМАК. — Природа, 1984, № 2, с. 79.

## Динамика материковых оледенений

Я.-М. К. Пуннинг



Яан-Мати Карлович Пуннинг, доктор географических наук, заведующий сектором изотопной геологии Института геологии АН ЭССР. Специалист по геохимическим методам исследований в приложениях к геохронологическим и палеогеографическим реконструкциям.

Палеогеографов и геологов, специализирующихся на изучении четвертичного периода (последние 1—1,5 млн лет), давно привлекают мощные ледниковые покровы, широко распространенные в прошлом в Европе, Северной Америке и Азии. Материковые оледенения интересны прежде всего тем, что их динамика во многом определила смену климата на огромных территориях обоих полушарий, эволюцию флоры и фауны, закономерности миграции первобытного человека, создала облик географической среды в средних и высоких широтах.

Однако, несмотря на все усилия специалистов, до сих пор нет единого мнения даже о количестве оледенений за последние 1—1,5 млн лет. Не существует и динамических моделей, отражающих все стадии развития и деградации того или иного ледникового щита. В чем же причина?

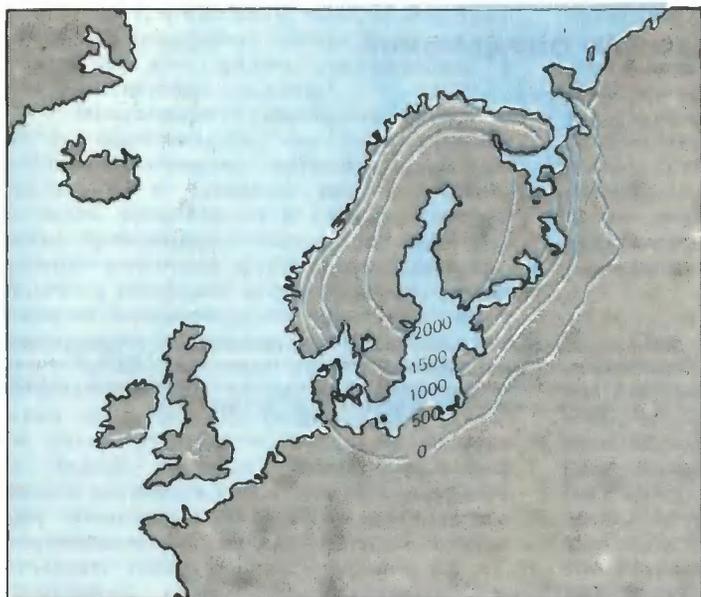
### СЛЕДЫ ПРОШЛЫХ СОБЫТИЙ

На первый взгляд изучение материковых оледенений представляется не такой уж сложной задачей. Ведь каждый цикл наступления ледников оставляет после себя легко распознаваемые ледниковые отложения. А специфические ледниковые формы рельефа — ледниковые валы и возвышенности, ложбины выпахивания, ледни-

ковые отторженцы и многие другие — позволяют проследить, как менялись контуры ледникового щита на разных стадиях его жизни. Остается только построить геоморфологическую карту, отражающую все особенности той территории, которую некогда покрывал ледниковый щит. А уж с этим при наличии аэрофотосъемки и космической съемки, позволяющей получить любые по масштабу геоморфологические карты всей планеты, вполне можно справиться.

Но все оказалось не так-то просто. При любой динамической реконструкции основным параметром является время. Следовательно, ни о какой реконструкции не может быть речи, пока мы не определим время возникновения всех тех форм рельефа, которыми мы хотим воспользоваться для изучения динамики материковых оледенений.

Чтобы определить возраст конкретных ледниковых форм рельефа, необходимо в перемещенной ледником толще пород выявить те отложения, которые лучше других хранят память о прошлых событиях. Самыми информативными оказались органогенные отложения: они позволяют реконструировать условия, благоприятные для обитания того или иного вида флоры и фауны, к ним же можно применить радиоуглеродный метод определения воз-



Очертания и рельеф Северо-европейского ледникового щита, существовавшего 18—20 тыс. лет назад.

-  Высота ледникового покрова, м  
 Предполагаемая граница ледникового покрова

раста пород. Но, к сожалению, органогенные отложения сохранились далеко не везде. Кроме того, отсутствуют полные разрезы, которые отражали бы смену природных условий за длительные промежутки времени.

Лучше всего органогенные отложения сохранились в перигляциальной зоне — полосе суши, непосредственно примыкающей к ледниковым покровам. В этой зоне, где лессовые комплексы перемежаются с погребенными почвами, можно найти разрезы, в которых осадки накапливались в течение нескольких миллионов лет. Всестороннее исследование таких разрезов позволило реконструировать динамику развития среды в перигляциальной зоне. Но все эти реконструкции нельзя прямо распространить на ледниковые области, где события из-за резко отличных климатических условий могут иметь совершенно иное течение, чем за пределами ледникового щита.

За последние годы выяснилось, что возможны и другие подходы к исследованию динамики оледенений. Дело в том, что консервация воды в ледниках вызвала ее дефицит в Мировом океане. По расчетам Р. К. Клиге, объем последнего ледникового покрова Земли составлял около 60 млн км<sup>3</sup>, а согласно данным М. Г. Гроссвальда, даже превышал 100 млн км<sup>3</sup>. В результате такого колоссального перераспределения воды уровень Мирового океана понижался на 100—160 м. Для наших реконструкций важно, что большие коле-

бания уровня океана нашли отражение в строении береговых террас. По этой причине определение возраста береговых террас (радиоизотопным, палеонтологическим или каким-то другим методом) дает ценную информацию о развитии оледенений. Разумеется, это касается лишь тех береговых террас, которые расположены в тектонически спокойных районах Земли.

Огромная дополнительная нагрузка масс льда ведет к нарушению изостатического равновесия земной коры (гляциоизостазия) и ее погружению. После снятия этой нагрузки начинается медленный подъем земной коры до полного восстановления равновесия, нарушенного оледенением. Наблюдение за этими процессами — еще один путь к изучению динамики материковых оледенений. Интересные работы по исследованию гляциоизостазии, теперь уже ставшие классическими, были проведены в Фенноскандии. Выяснилось, что суша в северной части Ботнического залива за 10 тыс. лет, прошедших со времени деградации последнего материкового оледенения, поднялась местами на 160 м.

Таким образом, определив скорость поднятия отдельных участков суши и выявив, как менялся уровень Мирового океана на интересующем нас отрезке геологической истории, мы можем восстановить мощность ледниковых щитов, проследить за ходом их таяния. Но это лишь первый шаг к реконструкции динамики материковых оледенений. Более детальные исследования, которые в последние годы интен-

сивно развиваются в нашей стране и за рубежом, основаны на определении изотопного состава льда современных ледниковых щитов. Это новое направление получило название изотопной гляциологии.

### ИЗОТОПЫ И ПАЛЕОГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

Существующие ныне многочисленные горные ледники, а также мощные ледниковые щиты в Антарктиде и Арктике представляют собой законсервированные палеоосадки, химический и изотопный состав которых, грубо говоря, не менялся за время, истекшее с момента их выпадения. Поэтому, прежде чем обсуждать, какие факторы сказываются на изотопном составе льда, обратимся к современным атмосферным осадкам.

Теоретически доказано и подтверждено экспериментами, что изотопный состав современных осадков находится в прямой зависимости от температуры их конденсации. А она, в свою очередь, определяется высотой, на которой эта конденсация осуществлялась, и количеством циклов конденсация — испарение в системе «океан — атмосфера — океан (водоемы суши)», т. е. дальностью переноса атмосферной влаги.

В первом приближении можно считать, что основную долю атмосферной влаги дают тропические и субтропические широты океанов. А так как изменения среднегодовых температур на этих широтах невелики, то температуру испарения можно рассматривать как величину постоянную. Далее, в ходе передвижения воздушных масс в умеренные и высокие широты в каждом из циклов конденсация — испарение осадки из-за фракционирования изотопов будут становиться все более и более изотопно-легкими. Можно предположить, что такой же механизм работал и в прошлом.

Изучение распределения изотопов в разрезах существующих ныне ледниковых щитов и привязка конкретных концентраций изотопов к шкале времени — все это позволяет нам восстановить ход былых физико-географических процессов и прежде всего выяснить, как изменялась температура в прошлые эпохи. Естественно, что основное внимание специалистов по изотопной гляциологии привлекли крупные ледниковые щиты Антарктиды и Гренландии. В вертикальном разрезе этих щитов представлен лед, который непрерывно на-



Южная граница паковых льдов во время нульминации Североевропейского оледенения (18—20 тыс. лет назад) и в настоящее время и научно-исследовательские станции Кэмп-Сенчури (I) и на о. Девон (II).

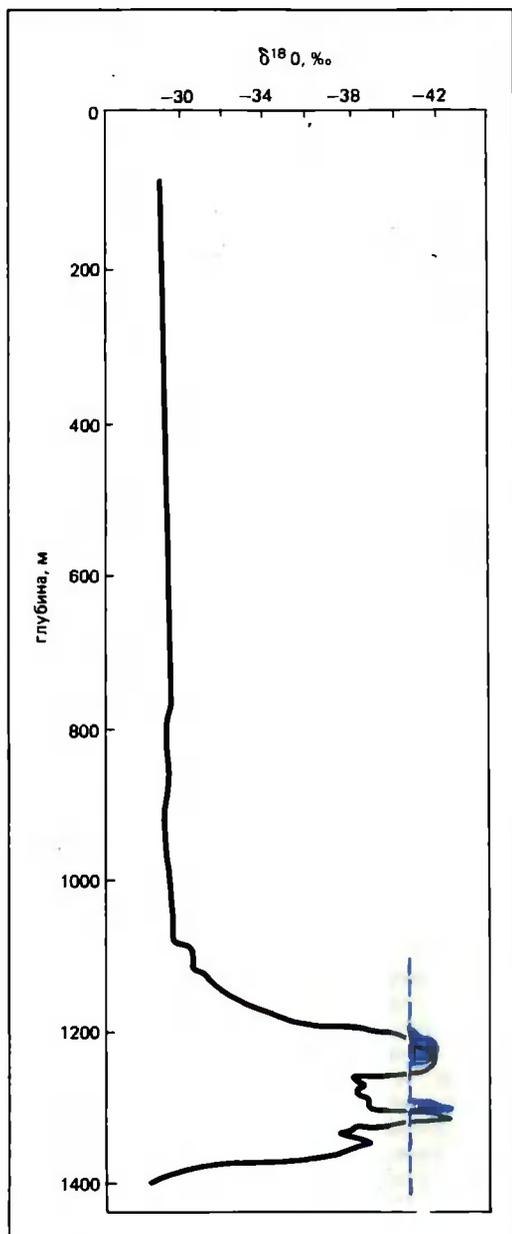
Южная граница паковых льдов:



капливается в течение последних десятков и даже сотен тысяч лет. Следовательно, по изотопному составу ледникового керна здесь можно восстановить палеоклиматические условия в позднем плейстоцене и голоцене<sup>1</sup>.

Особенно интересны изотопно-кислородные профили Гренландии и антарктических станций Берд и Восток, отражающие зависимость изотопного состава кислорода ледниковых толщ от палеотемператур. Эти профили легли в основу многих палеоклиматических реконструкций. Однако, чтобы были понятны результаты, полученные в Гренландии и Антарктиде, следует отме-

<sup>1</sup> Поздний плейстоцен — последний завершённый отрезок четвертичного периода, охватывающий интервал от 130 до 10 тыс. лет назад; голоцен — следующая эпоха, составляющая последний, еще не завершившийся отрезок четвертичного периода.



Изотопно-кислородный профиль, отражающий динамику Северо-европейского оледенения. Профиль построен по ледниковому ядру станции Кэмп-Сенчури. Хорошо видно, что лед, залегающий на глубине 1200—1300 м, накопился в условиях, резко отличающихся от современных. Причем изменение величины  $\delta^{18}\text{O}$  вызвано главным образом изменением высоты накопления осадков и длины пути их транспортировки и лишь частично изменением температурных условий (цветная область).

тить, что изотопный состав льда (как, впрочем, и воды в атмосферных осадках) зависит не только от температуры, но и от многих других природных факторов. Наиболее существенные из них проявляются в виде хорошо известных географам континентального и высотного эффектов.

Континентальный эффект связан с нарушением влагообмена при переносе атмосферной влаги над сушей. В среднем этот эффект вызывает «облегчение» изотопного состава кислорода на  $1^0/00$  при перемещении воздушных масс на  $1^\circ$  широты. Естественно, эта величина сильно меняется в зависимости от локальных условий.

Столь же заметно на изотопном составе осадков сказывается увеличение высоты, на которой выпадают осадки — высотный эффект. Для Гренландии, например, установлено, что относительное содержание тяжелого изотопа кислорода в атмосферных осадках уменьшается примерно на  $0,65^0/00$  на каждые 100 м высоты<sup>2</sup>.

Во всех палеоклиматических реконструкциях, основанных на исследовании изотопного состава кислорода в ледниковом ядре, оба эти эффекта непременно должны быть учтены. Ведь в прошлом существенно менялись как высота ледниковых щитов, так и условия активного обмена водяного пара между атмосферой и гидросферой. В качестве примера можно привести изотопно-кислородные профили станции Кэмп-Сенчури в Гренландии и станции на о. Девон в Канаде<sup>3</sup>. Самый значительный сдвиг  $\delta^{18}\text{O}$  (он отражает отклонение изотопного состава кислорода исследуемых образцов от стандарта, за который принята «средняя» океаническая вода) в ледниковых ядрах этих станций связан с переходом от последнего оледенения к теплым условиям голоцена. Для станции Кэмп-Сенчури он составляет  $13^0/00$ , а для станции на о. Девон —  $10^0/00$ . Зная по современным осадкам, что изменение  $\delta^{18}\text{O}$  на  $0,6^0/00$  соответствует изменению температуры на  $1^\circ\text{C}$ , легко определить, на сколько при этом повысилась температура. Получается, что температурный скачок составил 22 и  $17^\circ\text{C}$  соответственно. Но, как уже было сказано, необходимо внести поправки на высотный и континентальный эффекты.

Прежде всего надо определить, какой была высота поверхности ледниковых

<sup>2</sup> Dansgaard W.— Tellus, 1964, v. 16, № 4, p. 436.

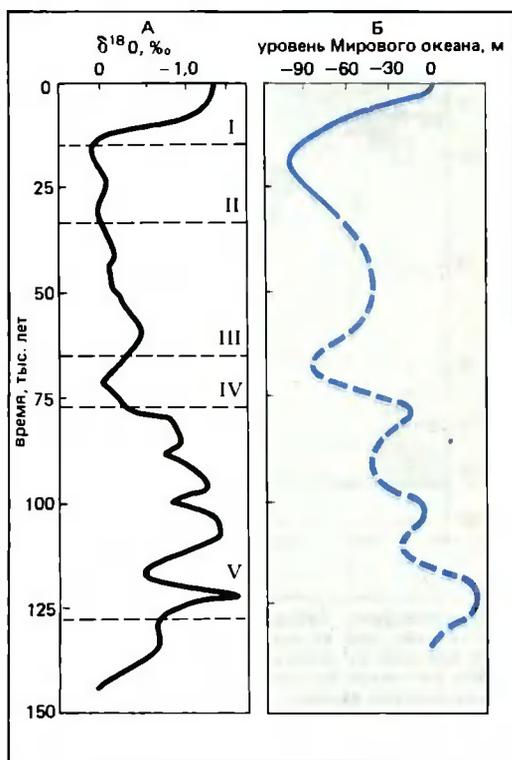
<sup>3</sup> Пунниг Я.-М. К. — Известия АН СССР, сер. геогр., 1981, № 1, с. 20.

щитов во время максимума материкового оледенения. Судя по составу газовых включений в ледниковом керне, а также учитывая амплитуды гляциоизостатических поднятий, можно предположить, что в рассматриваемое нами время ледниковый щит Гренландии был выше современного примерно на 300—400 м. Так как высотный эффект изменения  $\delta^{18}\text{O}$  составляет для Гренландии около  $0,65\text{‰}$  на 100 м высоты, то во время максимального развития оледенения изотопный состав осадков, выпадающих на ледниковом куполе, был на  $2\text{‰}$  «легче» современного.

На изотопном составе кислорода льда сказались и другие факторы. По данным А. А. Величко, во время последнего оледенения южный край морских паковых льдов проходил примерно на  $8^\circ$  южнее, чем в настоящее время. Но, как известно, перенос влаги через покрытое льдами море вызывает такое же изменение изотопного состава осадков, как и перенос влаги через континент (все тот же континентальный эффект). В данном случае увеличение пути атмосферной влаги над покрытым льдами океаном привело к сдвигу изотопного состава осадков на  $7\text{--}8\text{‰}$ . Если к тому же учесть перемещение ледниковых толщ на 30—50 км к побережью Гренландии, то получается, что на долю температурного эффекта остается не больше  $2\text{‰}$ . А это соответствует снижению температуры конденсации осадков всего на  $3^\circ\text{C}$ .

Однако, по данным разных авторов, среднегодовые температуры в Центральной Арктике во время последнего оледенения снижались относительно современных на  $5\text{--}20^\circ\text{C}$ . Отсюда следует, что палеогеографические реконструкции, базирующиеся на исследовании изотопного состава льда, нуждаются в уточнении другими методами.

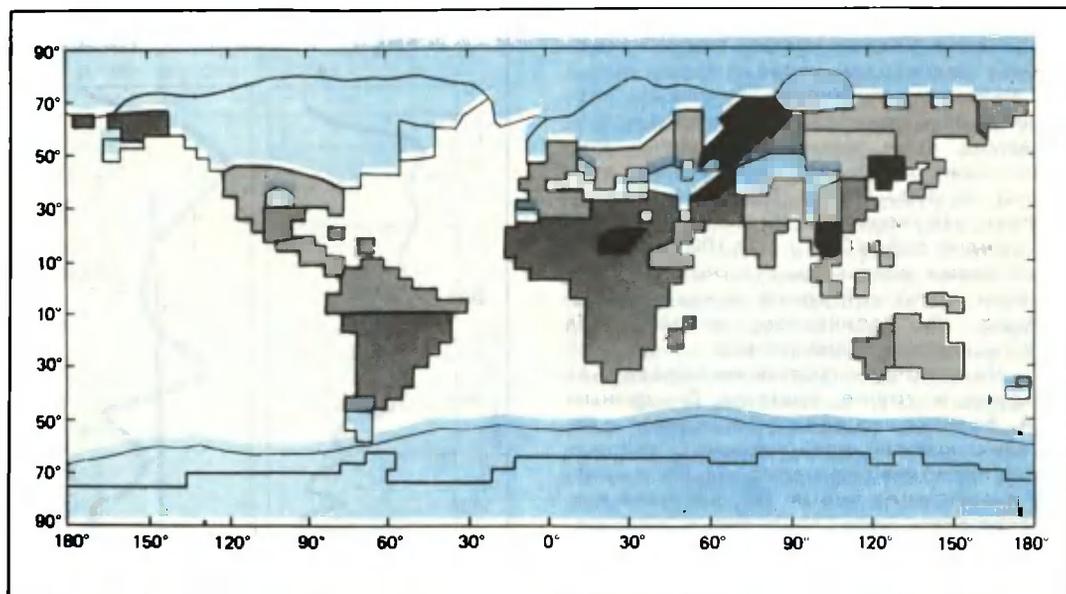
Еще один подход к восстановлению древних гляциологических обстановок основан на изучении изотопного состава кислорода в карбонатных отложениях. Дело в том, что соотношение легких и тяжелых изотопов кислорода в раковинах пелагических бентосных фораминифер, в раковинах моллюсков, а также в озерной извести зависит от температуры, при которой накапливались осадки, и от изотопного состава воды в тот период. В ледниковые эпохи, когда общее количество воды в Мировом океане уменьшалось, средний изотопный состав кислорода океанической воды существенно «утяжелялся». Происходило это из-за преимущественного испарения изотопно-легкой воды. Следствием та-



Изотопный состав кислорода в карбонатных скелетах фораминифер из глубоководных донных отложений Карибского моря [А], отражающий изменение климата за последние 125 тыс. лет. Выделяются пять стадий изменения климатических условий, вторая и четвертая из которых соответствуют кульминациям оледенений. Изотопные данные хорошо согласуются с колебаниями уровня Мирового океана [Б], отражающими изменение объема ледников. Опорным районом для построения графика Б послужил о. Барбадос, где определен возраст серии древних террас.

кого изотопного фракционирования стал тот факт, что изотопный состав фораминифер отражает прежде всего увеличение или уменьшение массы льда (изотопные кривые по фораминиферам часто так и называют палеогляциологическими). Тем не менее следует оговориться, что и фораминиферовый метод не дает однозначных результатов, поскольку на изотопном составе фораминифер сказываются такие осложняющие общую картину факторы, как удаленность исследуемых отложений от ледника, гидродинамика бассейна, видовой состав фауны (каждый вид имеет избирательное пристрастие к тому или иному изотопу) и другие.

Таким образом, хотя в распоряже-



Распространение Североευропейского оледенения (18—20 тыс. лет назад) и отклонение температур того времени от современных. Схема представляет собой результат математической обработки палеоклиматических данных.

Ледники

Паковый лед

Современная температура по сравнению с температурой оледенения:

ниже

выше на 0—5 °С

выше на 5—10 °С

выше более чем на 10 °С

нии специалистов, занимающихся изучением главного геологического фактора позднего плейстоцена — оледенения, имеется целый комплекс методов, построение палеогляциологических реконструкций остается сложным делом. Только многосторонние исследования смогут увенчаться успехом и позволят привести в систему существующие ныне противоречивые взгляды на динамику оледенений.

#### ЭВОЛЮЦИЯ ОЛЕДЕНЕНИЯ В ПОЗД- НЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ

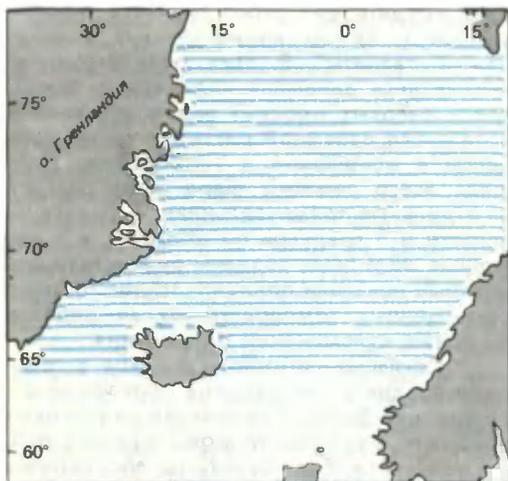
Из-за отсутствия подходящих методов датирования континентальных отложе-

ний до недавнего времени существовали две точки зрения относительно длительности позднего плейстоцена, охватывающего последнее крупное межледниковье и последующий период оледенения. По мнению сторонников «короткой» шкалы, с начала позднего плейстоцена прошло 70—80 тыс. лет. Сторонники же «длинной» шкалы считают, что поздний плейстоцен начался 120—130 тыс. лет назад. Изотопные исследования глубоководных донных отложений свидетельствуют о правильности «длинной» шкалы.

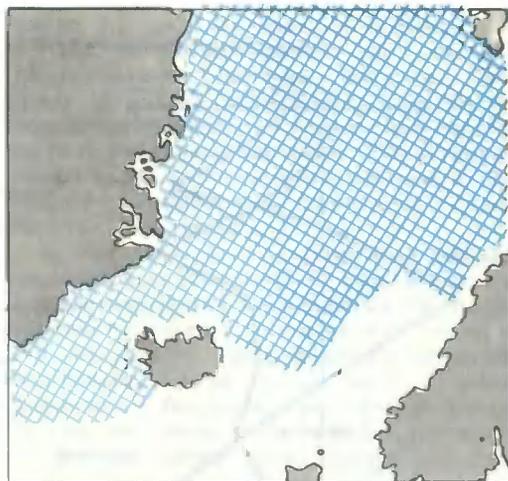
Работы последних лет показали, что 120—125 тыс. лет назад средние температуры были несколько выше нынешних, а общий объем льда на суше был меньше. Об этом же говорит изотопный состав створок фораминифер, а также тот факт, что уровень Мирового океана в это время немного превышал современный.

В последние годы удалось датировать отложения этого периода и на суше. На западе Норвегии недалеко от г. Бергена были исследованы толщи морских отложений, поднятые ныне над уровнем моря<sup>1</sup>. Остатки теплолюбивой флоры и фауны говорят о теплых условиях их обитания. А из определенных их возраста термолюминесцентным методом следует, что данный комплекс пород накопился 120 тыс. лет назад.

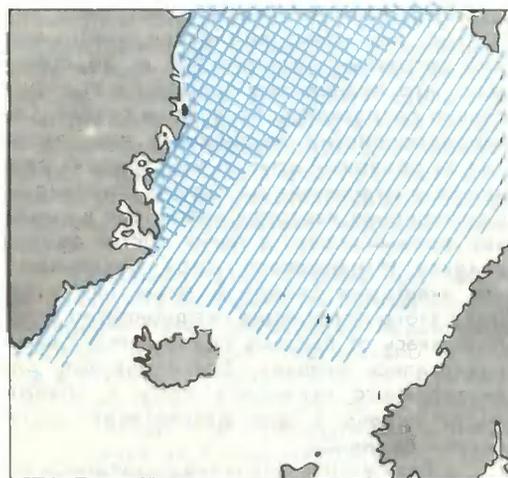
<sup>1</sup> Mangerud J., Sonstegaard E., Sejrup H.-P., Haldorsen S.— *Boreas*, 1981, v. 10, № 2, p. 137.



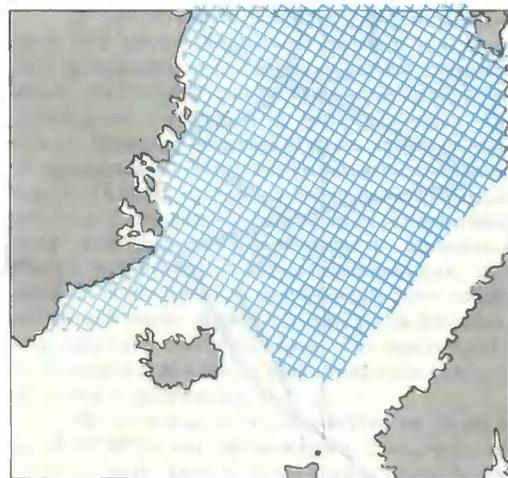
128—115 тыс. лет назад



75—64 тыс. лет назад



64—32 тыс. лет назад



32—13 тыс. лет назад

Некоторые стадии позднелейстоценового оледенения в Северной Атлантике. Реконструкция автора по данным Т. Келлога и др.

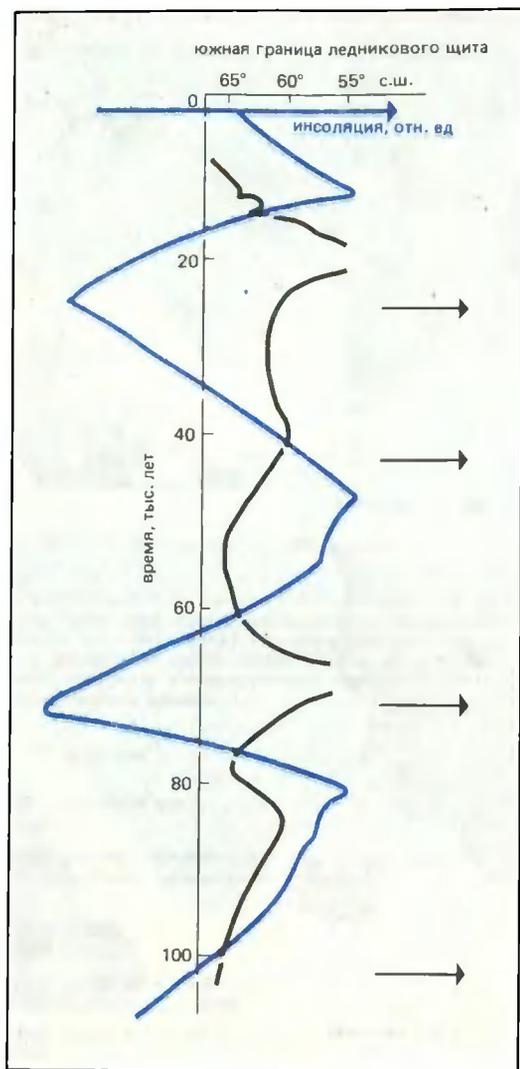
-  Паковый лед
-  Сезонный лед
-  Чередование пакового и сезонного льда

Колебания уровня Мирового океана и вариации  $\delta^{18}\text{O}$  в колонках глубоководных донных осадков указывают, что на первых этапах позднелейстоценового оледенения объем ледников неоднократно менялся. Исследования, проведенные на Шпицбергене, позволяют выделить несколько периодов наступления ледников в интервале

115—105 тыс. лет назад. По-видимому, первый этап позднелейстоценового оледенения был непродолжителен и не привел к проникновению ледников в умеренные широты.

Следующий этап активизации оледенения, который приходится на интервал 80—60 тыс. лет назад, отличался большой интенсивностью, что нашло отражение в изотопном составе раковин фораминифер. По продолжительности этот этап мало отличался от последующего, кульминация которого, согласно наиболее достоверным данным, полученным для Северной Америки, наступила 22—20 тыс. лет назад<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Dreimanis A., Goldtwaith R. P.— Geol. Soc. Am., Memoir 136, 1973, p. 71.



Сопоставление положения южной границы Северо-европейского ледникового щита в позднечетвертичное время (черная кривая) с основными этапами активизации оледенения на архипелаге Шпицберген (стрелки) и тепловым потоком от солнца (цветная кривая). Имеется определенная асинхронность в развитии крупного ледникового щита и оледенения на высоких широтах и хорошая корреляция развития этого щита с изменением инсоляции.

Поскольку кульминация оледенения должна была сопровождаться экстремальными природными условиями, группа исследователей — участников Международного проекта по палеоклиматическим реконструкциям поставила перед собой за-

дачу создать для этого времени модели зимних и летних климатических условий нашей планеты<sup>6</sup>. В этих реконструкциях учитывались динамика ледниковых покровов и паковых морских льдов, изменения в развитии наземной растительности, процессы в атмосфере и гидросфере. Площадь всего земного шара была разбита на отдельные прямоугольники (4 градуса по широте и 5 градусов по долготе), и с помощью ЭВМ были созданы реконструкции, которые показали принципиальное отличие современных температур от температур во время кульминации оледенения.

Согласно изотопным данным, в середине позднего плейстоцена произошла относительно быстрая регрессия ледниковых покровов, а уровень Мирового океана резко повысился. Если судить по абсолютным величинам  $\delta^{18}\text{O}$ , то 60—50 тыс. лет назад уровень моря был на 30—50 м ниже современного. Если же учесть и тот факт, что 20 тыс. лет назад амплитуда максимальной регрессии достигла 100 м, то станет ясно, что ледниковые покровы в эту пору сильно сократились. Во всяком случае, Северо-европейский ледниковый щит отступил за полярный круг, о чем говорят ледниковые отложения на севере Финляндии. Соотношение изотопов кислорода в створках фораминифер, а также состав донных осадков Норвежского моря доказывают, что акватория Северной Атлантики в период этого потепления неоднократно освобождалась от паковых льдов и тем самым создавались условия, благоприятные для интенсивного испарения влаги с поверхности океана и для разрастания арктических ледников.

Хотя вторая половина безледного интервала была холоднее, в то время имела место еще одна морская трансгрессия, следы которой обнаружены во многих районах земного шара. В ледниковых районах органические отложения этого периода представлены прослоями торфа, содержащего пыльцу холодолюбивых древесных пород.

Хронология гляцио-климатических циклов, установленная изотопными методами, довольно точно совпадает с данными о летней радиации Солнца. Согласно этим данным, минимальные летние температуры в умеренных широтах Северного полушария были 116, 72 и 22 тыс. лет назад. Это свидетельствует о синхронности развития

<sup>6</sup> CLIMAP. The surface of the ice-age Earth.— Science, 1976, v. 191, № 4232, p. 1131.

Североевропейского и Североамериканского ледниковых покровов с основными циклическими изменениями природных условий Земли в позднем плейстоцене.

Однако на динамике ледниковых процессов наряду с общепланетарными изменениями сказались и местные вариации природных условий. Поэтому полное совпадение отдельных фаз оледенения в отдельных регионах вряд ли возможно. Мнение об асинхронном развитии природы неоднократно высказывалось многими известными палеогеографами и геологами. Но веские аргументы в пользу этой концепции появились только благодаря применению количественных, и в первую очередь изотопных, методов, позволяющих более точно охарактеризовать ход и интенсивность прошлых событий. Например, удалось доказать, что в позднем плейстоцене интервалы активизации оледенения на архипелаге Шпицберген приходились преимущественно на начальные и конечные фазы кульминации ледниковых покровов в Европе. Именно в это время здесь при относительно низких температурах создались условия, благоприятные для перемещения несущих влагу атмосферных масс в высокие широты, увеличилось количество осадков, и в результате ледники стали расти.

Особенно четко влияние местных и региональных особенностей проявилось на последних этапах деградации ледниковых покровов. Вторжение относительно теплых вод в котловину Норвежского моря (о чем свидетельствует изотопный состав раковин фораминифер) стало переломным моментом в развитии Североевропейского ледникового покрова и ледников европейской части Арктики. На фоне общей ускоренной деградации ледникового покрова усилилось разрастание ледников в высоких широтах. На это время, по-видимому, приходится максимум оледенения на Шпицбергене и в некоторых районах Канадского арктического архипелага.

Не исключено, что во время деградации последнего материкового оледенения образовались и самые нижние (базальные) слои льда на станциях Кэмп-Сенчури и на о. Девон. Во всяком случае, выявленные по вариациям  $\delta^{18}\text{O}$  изменения температуры на 2—3 °C хорошо сопоставимы с колебаниями температур в период деградации оледенения.

Время завершения оледенения можно определить, анализируя кривые поднятия земной коры. Согласно этим данным, дегляциация в Фенноскандии завершилась

около 8,5 тыс. лет назад, а в Канаде — 6,5 тыс. лет назад<sup>7</sup>. Маломощные ледники деградировали, конечно, быстрее. Скорость поднятия архипелага Шпицберген показывает, что снятие ледниковой нагрузки (она равнялась давлению 300-метровой толщи льда) в центральных районах о. Западный Шпицберген произошло около 10,5 тыс. лет назад<sup>8</sup>.

Итак, комплекс самых разных данных, позволяющих восстановить общие закономерности развития ближайшего к нам позднеплейстоценового оледенения, показал, что медленное первоначальное развитие ледниковых щитов 20—25 тыс. лет назад сменилось быстрым их разрастанием 10 тыс. лет назад и начавшейся тогда же (10 тыс. лет назад) деградацией.

\*

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что количественный подход к изучению динамики ледниковых щитов существенно расширил наши знания о развитии природных условий в четвертичном периоде. Причем, ведущую роль здесь сыграло внедрение изотопно-геохимических методов. Только привязка отдельных географических событий к шкале времени позволила определить длительность основных этапов оледенения, восстановить его динамику. Выяснилось, например, что поздний плейстоцен длился в два раза дольше, чем принято было считать, что наступания ледников в отдельных регионах происходят не всегда синхронно и т. д.

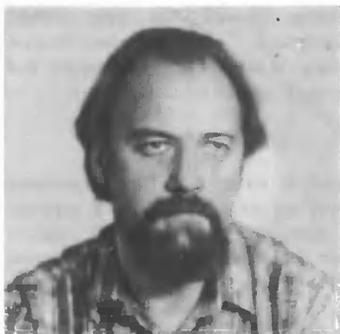
Исследуя изотопный состав льда и древних морских организмов, специалисты поняли, что они располагают своеобразными палеотермометрами, позволяющими восстановить ход температуры за последние тысячи и даже миллионы лет. Естественно, чем дальше отстоят от нас события, тем меньше четкость показаний этих термометров. По этой причине модели последних этапов оледенений, созданием которых мы заняты в настоящее время, могут стать основой для раскрытия общих закономерностей развития природной среды на нашей планете.

<sup>7</sup> Грачев А. Ф., Долуханов П. М. Последледниковое поднятие земной горы на Кавказе и в Фенноскандии по данным радиоуглеродных датировок. — В сб.: Балтика. Т. 4. Вильнюс, 1970, с. 297.

<sup>8</sup> Пуннинг Я.-М. К., Троицкий Л. С. Движение земной коры в районе архипелага Шпицберген в голоцене. — В сб.: Четвертичная геология и геоморфология. Дистанционное зондирование. М., 1980, с. 76.

## Естествознание и этика

**В. Б. Черкасов, В. Н. Шердаков**



Валерий Борисович Черкасов, кандидат философских наук, заведующий редакционно-издательским отделом Ленинградского государственного института театра, музыки и кино. Область научных интересов — эстетика и история философии.



Владислав Николаевич Шердаков, доктор философских наук, старший научный сотрудник Института философии АН СССР. Специалист в области этики. Основные книги: *Евангельская нравственность и гуманизм*. Л., 1965; *Социально-психологический анализ христианской этики*. Л., 1973; *Иллюзия добра*. М., 1983.

Связь естественных наук с этикой обычно осмысливается прежде всего в ракурсе моральной ответственности ученого за то, на благо или во зло людям пойдут результаты его деятельности. Отношение естествознания и этики выявляется здесь опосредованно — через оценку последствий воздействия науки на жизнь общества. Речь идет не столько о самих открытиях, сколько об их использовании. При этом остается возможным считать, что всякое приращение знаний в принципе — благо, что служение науке всегда содействует прогрессу человечества. Дело только в том, чтобы результаты исследований были употреблены на пользу людям. Эта позиция еще не противоре-

чит существованию сциентистской и технофетишистской идеологии, а также убеждению, некогда казавшемуся бесспорным, что служение науке ради самой науки всегда является благороднейшим делом.

### НАМ НУЖНА ЧЕЛОВЕЧНАЯ НАУКА

Ситуация, сложившаяся в середине XX в., заставила посмотреть на эти вопросы с более широкой точки зрения, усомниться в том, что недавно еще считалось само собой разумеющимся. М. Борн на опыте своей жизни убедился в несостоятельности старого идеала — служения знанию ради самого знания. «Мы верили, что это служение никогда не сможет

обернуться злом, поскольку поиск истины есть добро само по себе. Это был прекрасный сон, от которого нас пробудили мировые события»<sup>1</sup>.

К. Воннегут в романе «Колыбель для кошки» дал образ гениального физика Ф. Хонникера — одного из «отцов» атомной бомбы, который был глух и безразличен ко всему, что выходило за пределы его научной работы; его не интересовало, кто и как использует его открытия, его не волновали людские судьбы, в том числе жизнь его жены, его детей. Оказывается, что гениальный физик — недочеловек, это нравственный урод, при всей своей исключительной интеллектуальной одаренности и преданности науке. Знаящий его с детства владелец мастерской по изготовлению надгробий говорит: «Иногда я думаю, уж не родился ли он покойником?»<sup>2</sup>.

«Что есть истина?» — спрашивал Пилат Христа. «Что такое бог? Что такое любовь?» — спрашивает Хонникер<sup>3</sup>.

В те далекие времена, когда Аристотель высказал мысль, что наука начинается там, где знание становится самоцелью, трудно было предвидеть всю возможную пагубность нравственной «стерилизации» познания. В условиях капиталистического общества, когда наука становится все более мощной силой, стало предельно ясно, что духовность не сводится к знанию; она включает в себя отношение к знанию, осознание человеком себя и мира в их целостности, включает в себя просветленную разумом волю человека, его устремленность к нравственным ценностям. В буржуазной философии широко распространено представление о нейтральной науке, свободной от ценностей, бесстрастной и равнодушной к проблемам человека. Здесь наука обретает видимость самостоятельности, превращается в отчужденную от человека самодовлеющую силу, развивающуюся по своим собственным законам и не подчиненную никаким иным целям. Но это лишь видимость, прикрывающая зависимость науки и научной деятельности от капиталистического способа производства, маскирующая ее товарный характер. Ведь дело не только в использовании данных науки, но в самом положении, социаль-

ном статусе науки, направленности и смысле научной деятельности.

Английский ученый П. Харпер, проводивший исследования в области физиологии мозга, заявил о своем отказе от их продолжения: «Нельзя идти дальше, пока мы не выясним, что выбрали верный путь... Сейчас нам нужна человеческая наука... Наука как самоцель — все равно, что наркотик: она опасна и ведет к ужасным последствиям». На возражение, что вся экономика ныне связана с научным прогрессом, он ответил: «Давайте изменим экономику». Когда же ему возражали, что новая экономика предполагает общество нового типа, он сказал: «Значит, нам нужно общество нового типа»<sup>4</sup>.

Действительно, есть основания задуматься, находится ли деятельность науки в капиталистическом обществе в соответствии с действительными потребностями человеческого прогресса.

## ДЕМОНЫ НАУКИ

Направление развития естествознания в Европе, начиная с Нового времени, было обусловлено потребностями буржуазной цивилизации. Еще Петрарка уловил сдвиг познавательных интересов в сторону внешнего мира, в сторону рационально-практического отношения к природе. Люди исследуют моря и горы, небо и землю, но забывают о глубинах своей собственной души. Отношение человека к природе мыслилось в основном в понятиях противоборства с ней и ее покорения. Сциентизм, техницизм, физикализм, потребительство, достигшее своего высшего выражения в наше время, содержались в самом зародыше буржуазной цивилизации. В научном мышлении и технике отразились ее типичные черты; в них выразилось отношение к человеку и природе, характерное для социально-экономического строя капитализма, его политических и духовно-мировоззренческих основ.

В романе Ф. М. Достоевского «Идиот» вполне определенно высказано предчувствие отрицательных последствий НТР. Лебедев высказывает там мысль, что железные дороги и есть та апокалипсическая звезда «Польнь», которая, упавши на землю, замутит источники жизни. Железные дороги — чисто символическое обо-

<sup>1</sup> Борн М. Моя жизнь и взгляды. М., 1973, с. 17.

<sup>2</sup> Воннегут К. Романы. М., 1978, с. 219.

<sup>3</sup> Там же, с. 211.

<sup>4</sup> Цит. по: Литерат. газета, 21 октября 1970 г.

значение, и сам Лебедев поясняет: «Собственно одни железные дороги не замутят источников жизни, а все это в целом-с проклято, все это настроение последних веков, в его общем целом, научном и практическом, может быть и действительно проклято... Чем вы спасете мир и нормальную дорогу ему в чем отыскали,— вы, люди науки, промышленности, ассоциаций, платы заработной и прочего?»<sup>5</sup>. Аргументацию представителей буржуазного прогресса — развитие науки приведет к материальной обеспеченности, всеобщей солидарности и равновесию интересов — Лебедев отвергает контрвопросом: «Не принимая во внимание никакого нравственного основания, кроме удовлетворения личного эгоизма и материальной необходимости?»<sup>6</sup>.

Научно-технический прогресс в условиях буржуазного общества порождал, с одной стороны, надежды на разрешение проблемы всеобщего материального благополучия, с другой стороны, тревоги и опасения, возраставшие по мере того, как все яснее обнаруживались последствия, грозящие гибелью как человеку, так и среде его обитания. Оптимистические прогнозы стали уступать место настроениям тревоги и кризиса, общим отрицательным оценкам НТР как явления разрушительного, несущего в себе зло («дьявольскую силу»). Действительно, дальнейшее развитие цивилизации по тому пути, который прокладывает капиталистическая экономика в союзе с НТР, порождает обоснованные опасения за само биологическое существование человеческого рода. Становится очевидным, что прогресс человечества нельзя измерять ныне исключительно развитием производительных сил в направлении, какое оно имеет в странах капитала. К. Маркс писал: «Капиталистическое производство... развивает технику и комбинацию общественного процесса производства лишь таким путем, что оно подрывает в то же самое время источники всякого богатства: землю и рабочего»<sup>7</sup>. Главный порок состоит не в том, что экономические отношения капитализма сдерживают дальнейший рост производительности труда, а в том, что продолжающийся рост идет во вред обществу и природе, ибо экономика, наука и система общественных отношений ориентированы на главную цель — получение

прибыли горсткой имущих. Развитие науки, техники и новейшей технологии в условиях Запада было бы неправильно рассматривать вне связи с социальным организмом, внутри которого они выросли и где особенно сказывается наносимое ими зло. О необходимости решительного изменения технологии, переориентации НТР, коренного изменения условий труда, отношения к природе говорят ныне на Западе леворадикальные мыслители, представители экосоциализма. Критика капитализма ведется не только с чисто экономических позиций, но и с нравственных — научно-техническому прогрессу противопоставляется «прогресс человека». Так называемые новые социальные движения, широко распространенные в развитых странах Запада, облекают свою критику капитализма в антииндустриализм, антитехнизм, антисциентизм. Их поиски новых «стилей» и «качества жизни», их разнообразные «гражданские инициативы» свидетельствуют о негативном восприятии людьми «техники и комбинации общественного процесса производства» (К. Маркс) не только по причине их разрушительного воздействия на окружающую среду, но и в силу отрицательного духовно-нравственного воздействия на человека.

В условиях капитализма прогрессирует отчуждение трудовой деятельности, которая превращается из источника радости и самоутверждения личности в средство обеспечения потребительских интересов. Центр тяжести в интересах личности перемещается в сферу потребления. Именно эта сфера становится своеобразной компенсацией отсутствия творческого труда.

Парадоксальность сложившейся ситуации обнаруживает себя в том, что одни и те же завоевания научной и технической мысли, которые могут открыть для человека качественно новые измерения созидательной жизни, могут обернуться и демонами, грозящими положить конец всякой творческой, преобразовательной деятельности и вывести его за пределы космической эволюции — в результате гибели в огне ядерной катастрофы или же медленного нравственного самоубийства. Ядерная бомба, основанная на величайших достижениях науки и техники, является символом всеобщей смерти.

Одним из древнейших моральных постулатов, с которого начинается моральное сознание человечества, считается заповедь — «не убий!». Поэтому символична угроза всеобщего убийства, переросшая рамки

<sup>5</sup> Достоевский Ф. М. Соч. в 10 т. Т. 6. М., 1957, с. 422.

<sup>6</sup> Там же.

<sup>7</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 23, с. 515.

чьего-либо злого умысла и явившаяся определенным итогом развития общества. И сколько же других способов массовой гибели освобождено уже из ящика Пандоры. Серьезные опасения вызывают не только последствия открытий в области физики ядра или плазмы, но и, скажем, опыты по воздействию химических веществ на психику человека, исследования, делающие возможным вмешательство в генетический код и т. д. Здесь сходятся концы и начала, противоположности взаимно проникают друг в друга...

### ГУМАНИЗАЦИЯ НТР

Громадные трудности, с которыми встретилась наша страна с самого начала социалистического строительства, обусловили то, что забота о как можно более быстром росте производства заставляла использовать «технику и комбинацию общественного процесса производства», развитые капитализмом, иногда в большей мере, чем создавать новую технологию и соответствующие форму организации и условия труда. Но лозунг «догнать и перегнать!» было бы неправильно трактовать в том смысле, что мы соревнуемся с капитализмом на одном и том же пути. Принципиальной разницей между капиталистическим производством и социалистическим является то, что при социализме «человек... выступает как цель производства»<sup>8</sup>, поэтому производство включает в себя нравственные параметры, ибо нравственность — одна из существенных черт внутреннего облика человека. Созидание новой цивилизации предполагает не только использование достижений капитализма, но и глубокую переориентацию материального производства и духовной жизни людей, переориентацию научного и технического мышления в соответствии с целями и потребностями социалистического строя. Сейчас хорошо известно, что наука связана, осознают это ученые или нет, с социальным целью и из него получает свои цели и познавательные стимулы. Направленность познания определяется не просто любознательностью и последовательностью в движении к истине, она всегда свидетельствует о человеке и обществе. Европейская наука сложилась под определяющим воздействием капиталистического производства и соответствовала иной духовной ориентации, чем, скажем, средневе-

ковая, античная, древнеиндийская и т. д. Область познания безгранична, направленность же познания на те или иные стороны действительности и научный метод исторически и социально детерминированы. Европейская психология прошлого столетия, познакомившись с достижениями древнеиндийской мысли, обнаружила, что не знает о внутреннем мире человека многое из того, что было известно индусам 2,5 тыс. лет назад.

Новое социальное общество и новый человек отличаются от буржуазного общества и буржуазного типа личности в духовно-нравственном плане. Этот фактор должен оказать решающее влияние и на научное познание, на технический прогресс. Конечно, в настоящее время многое определяется противостоянием, конфронтацией двух систем, которое обязывает нас к соревнованию и в тех областях (прежде всего в области вооружения), где нам его навязывают. Но в общем и целом нужно говорить не просто об использовании НТР, о соединении ее с преимуществами социализма, но и о перестройке и ускорении научно-технического прогресса в соответствии с интересами социалистического общества, хотя, разумеется, речь не идет об отказе от достижений науки и техники капитализма. Общее направление этой перестройки можно охарактеризовать как гуманизацию науки. Гуманизация НТР предполагает и изменение отношения к природе.

### «НЕ ТО, ЧТО МНИТЕ ВЫ, ПРИРОДА...»

Казалось бы, отношение естествознания к природе всегда однозначно: природа — это объект познавательного отношения. Однако история науки показывает, что это не совсем так. Знание включает в себя нравственное и эстетическое отношения. Поэтические прозрения иной раз превышают и обгоняют научную и философскую мысль<sup>9</sup>. В нача-

<sup>9</sup> «Неученый, преисполненный при виде цветущего дерева тайной вездесущей воли к жизни, обладает большим знанием, чем ученый, который исследует с помощью микроскопа или физическим или химическим путем тысячи форм проявлений воли к жизни, но при всем его знании процесса проявления воли к жизни не испытывает никакого волнения перед тайной вездесущей воли к жизни, напротив, полон тщеславия от того, что точно описал кусочек жизни... Всякое истинное познание переходит в переживание...» (Швейцер А. Культура и этика. М., 1973, с. 305).

<sup>8</sup> Там же, т. 46, ч. 1, с. 476.

ле XX в. была подорвана теоретическая основа представлений о природе как лишенной жизненности, статичной совокупности вещественных объектов, слагающихся из остающихся всегда себе равными первоэлементов. Когда естественнонаучному материализму, строившему картину мира согласно принципам классической механики, был нанесен удар со стороны новой механики микромира и новой теории пространства и времени, возникла необходимость осмысления мира в его целостности и динамизме с новых позиций.

Выдающийся физики XX в., чьи открытия явились толчком для революции в естествознании, одними из первых увидели не только ошибочность подхода к науке как самоцели, но и в личном опыте выявили глубинную связь современного естествознания с этикой. Для А. Эйнштейна «гармония сущего» — это диалектическое единство истины и добра. Тема взаимосвязи науки и этики была затронута им и в известном разговоре с немецким публицистом А. Мошковским. «... Если вы спросите, что вызывает сейчас во мне наибольший интерес, — заявил Эйнштейн, — то я отвечу: Достоевский!.. Достоевский дает мне больше, чем любой научный мыслитель, больше, чем Гаусс». В пояснение физик отметил то «этическое удовлетворение», которое дает ему чтение «Братьев Карамазовых»<sup>10</sup>. Суть дела в том, что математические методы современной физики не определяют физический смысл устанавливаемых закономерностей. Как заметил Б. Рассел, математика — наука, которая не знает, о чем говорит, и не знает, истинно ли то, что она говорит. Новая физика подошла к таким рубежам, на которых стала очевидной необходимость мировоззренческого, философского и этического осмысления своего предмета. Поэтому так ценил Эйнштейн творческое наследие Достоевского. Ведь не случайно он сравнивает его с математиком Гауссом, а не с Шекспиром или Гете. «В настоящее время, — писал Эйнштейн, — физик вынужден заниматься философскими проблемами в гораздо большей степени, чем это приходилось делать физикам предшествующих поколений. К этому их вынуждают трудности их собственной науки»<sup>11</sup>. Из этих слов ясно, что отвергнуть уже и самый общий из заветов Ньютона — «физика, берегись метафизики» — Эйнштейна побудила не

только потребность в более широком подходе к физическим проблемам, но и то ценностно-мировоззренческое содержание, которое обнаружилось в физике.

Взаимосвязь естествознания и этики была замечена, собственно, еще в древнейшие времена. Науки о природе имеют своей высшей задачей создание миро- и жизнепонимания. Познавая мир, человек постигает и свое место в этом мире, понимает свое значение. В естественном законе человек должен найти ответ на вопрос, что он такое и что он должен делать. На этой позиции стояли досократические школы Древней Греции, даосизм в Древнем Китае и другие философские направления. Космологические, натурфилософские школы были пропитаны этическим содержанием. Противоположное направление, исходящее из того, что смысл может быть открыт человеком лишь на основе самопознания и самоовладения (Сократ, Конфуций и др.) в сущности решало те же проблемы, но подходило к ним с другого конца. Хотя пути этих школ мысли расходились весьма существенно, до противостояния, все же ведь ясно, что наука о человеке не может быть совершенной, если она не будет опираться на знание природы. Человек — создание природы, выражение ее возможностей. С другой стороны, столь же бесспорно, что природа может быть понята естествознанием только тогда, когда будет понята высшая на земле точка роста космической эволюции — человек, общество. Говоря о разделении наук о природе и наук об обществе, человеке, К. Маркс писал: «Впоследствии естествознание включит в себя науку о человеке в такой же мере, в какой наука о человеке включит в себя естествознание: это будет одна наука»<sup>12</sup>. Развитие физики и биофизики становится на этот путь, по крайней мере, в мышлении наиболее видных ее представителей.

И подорван казавшийся бесспорным тезис о ценностной нейтральности частных наук. Он сохраняет свое правдоподобие только до известных пределов. Конечно, имея в виду какую-либо физическую (биологическую, геометрическую, химическую и т. д.) закономерность, трудно извлечь из нее какой-либо этический смысл. Однако, во-первых, частные науки, взятые вместе, призваны дать общую картину мира. Их цель не ограничивается установлением отдельных истин.

<sup>10</sup> Эйнштейн А. Собр. науч. тр. Т. 4. М., 1967, с. 248.

<sup>11</sup> Там же.

<sup>12</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Из ранних произведений. М., 1956, с. 595—596.

Высшая же цель, имеющая характер трансцендентной по отношению к частным, заключается в установлении общей истины, совокупного, жизненного знания. Таковое же знание не может быть ценностно нейтральным. Оно всегда включает в себе миро- и жизнепонимание. Это было ясно древним, пока философия включала в себя все частные знания о природе и человеке и объединяла их в общее виденье. С разделением и дифференциацией наук общая цель теряла очертания под микроскопом специальных подходов. Во-вторых, и частные истины не являются все же этически (как и эстетически) нейтральными, если не упускать из виду процесс их возникновения и реального бытия в сознании людей. Они не существуют сами по себе, а всегда составляют часть мировоззрения. Включенные в мировоззрение, эти частные истины обретают ценностный смысл, зависящий от целого, и, с другой стороны, как части целого участвуют в создании мировоззрения.

Естествознание XX в. с очевидностью обнаруживает, что открываемые им закономерности и складывающаяся на их основе научная картина мира обладает не только когнитивным, но и ценностным, в частности нравственным, содержанием. Это нравственное содержание является имманентным самой науке, а не привнесением в нее извне. Такая постановка вопроса позволяет, с другой стороны, рассматривать и этику как имеющую онтологический смысл, т. е. имеющую непосредственное отношение «к природе вещей». Такая постановка вопроса, далее, проливает свет и на проблему соотношения фактов и ценностей в целом.

### ЦЕННОСТИ: ВЛИЯНИЕ НА ПОЗНАНИЕ

Говоря о соотношении истины и добра, знания и нравственности, следует обратить внимание и на другую сторону дела: на воздействие нравственного фактора и ценностей вообще на саму науку. В этой связи можно указать и на национальные особенности развития научного и философского мышления. Так, К. Маркс говорил о тех особенностях, которые придали материализму французы в отличие от англичан. Бесспорно, что от нравственности ученого зависит в немалой степени и выбор проблематики, и глубина проникновения в суть изучаемого. Много говорилось о простоте характера (черта нравственности!) великих умов, о простоте, граничащей порой с почти детской наивностью. Бескорыстная преданность науке

(как и искусству, любому делу), конечно, давала более плодотворные результаты, чем честолюбие, эгоизм, желание материальных благ и т. п. Все в больший обиход в науке входит понятие интеллектуальной честности, которое обозначает не просто долг ученого давать только хорошо проверенные результаты, но прежде всего честность ученого в своем мышлении, честность перед самим собой.

В самом общем виде эти отдельные мысли о воздействии нравственности на науку можно выразить в следующем положении: наука есть продукт творчества человека и в ней человек выражается целиком, как он есть. Ведь наука, познание не существуют сами по себе; есть лишь человеческая наука, человеческое познание. Прогресс науки совершеняется не только путем логического осмысления фактов, в этом процессе громадную роль играют творческое вдохновение и интуиция. Творчество же, как известно, не может быть сведено к логическим операциям ума — в нем всегда есть нечто неподвластное логике. Истины науки поэтому — не только открытия, но и результат творчества. А. Эйнштейн писал, что в теоретической физике есть свободные творения человеческого разума, образующие ее «неотъемлемую часть, которая не поддается рациональной трактовке»<sup>13</sup>. Таким образом, обнаруживаются взаимосвязи науки не только с нравственным началом, но и эстетическим. Так, В. Гейзенберг выступил со статьей «Смысл и значение красоты в точных науках»<sup>14</sup>. А. Б. Мигдал публикует размышления на эту же тему в статье «О красоте науки»<sup>15</sup>. Весьма примечательно, что физики-теоретики, творцы НТР, можно сказать, наткнулись в недрах естественных наук на старый постулат о единстве добра, истины и красоты, наткнулись именно в то время, когда дезинтеграция внутреннего мира личности, ее познавательных, эстетических и нравственных сил и способностей достигла если не предела, то весьма высокой степени, когда пути искусства, науки и нравственности в условиях капиталистического общества разошлись коренным образом, когда призвания художника, ученого и праведника представлялись несовместимыми. Добро, истина и красота превратились, по выражению М. Вебера,

<sup>13</sup> Цит. по: Хофман Б. Эйнштейн — творец, бунтарь. М., 1983, с. 132.

<sup>14</sup> См.: Вopr. философии, 1979, № 12.

<sup>15</sup> См.: Наука и жизнь, 1984, № 3.

во враждующих между собой богов, тянущих человека в разные стороны.

Расхождение путей науки, нравственности и искусства — свидетельство кризисного состояния духовной жизни людей. Но в состоянии кризиса становится все более острой потребность в интеграции духовных сил и способностей, еще большая необходимость в отыскании единственного верного пути. НТР, с одной стороны, заводит в тупики и толкает в пропасти, с другой стороны, она же дает мощный стимул для решительного поворота человечества в нужном направлении.

### ПОЗНАНИЕ И ВЫБОР ЧЕЛОВЕЧЕСТВОМ ПУТИ

В отличие от всех животных, человек имеет способность воздействовать на формирование своего будущего. Эта родовая способность человека в ходе истории развивается и усиливается, поскольку наука и техника представляют колоссальные возможности выбора и осуществления разных путей и целей. Но где гарантии, что способность к самоопределению будет направлена на благо? Человечество может пойти и по гибельному для себя пути. Если нет предначертанной человечеству дороги, что может быть пределом его завоевания, произвола? Как отличить правый путь от неправого? Этот путь человечество отыскивает, руководствуясь познанием действительности, нравственным опытом и чувством, эстетическим чувством. Если смотреть на человека не как на случайную игру природы, а как на выражение возможностей, заложенных в ней, то вне природы смысл и назначение человеческой жизни найдены быть не могут. История человечества — продолжение истории природы, и, стало быть, правомерно искать общий смысл совершающегося процесса. Выше человека можно понять только через познание низших ступеней, как и наоборот, низшие ступени эволюции становятся явными только в связи с высшим продуктом этой эволюции, проясняющим смысл предшествующих этапов. «Человек есть непосредственный предмет естествознания... природа есть непосредственный предмет науки о человеке», — писал К. Маркс<sup>16</sup>.

Путь и предназначение человека имеют некоторые свои исходные предпосылки вне его — в природе и предшествующей истории. Попытки найти ответ на

вопросы, «как следует жить?, в чем смысл бытия?» в познании законов природы не лишены определенных оснований, хотя и ограничены и не дают полного ответа. Отношение человека и природы неправильно было бы мыслить как константу. Нет абсолютной родовой, природной, общеисторической меры, нормы человека, он меняется сам, и, следовательно, меняется его отношение к природе. С марксистской точки зрения, сущность человека — совокупность общественных отношений. Это не значит, однако, что сущности человека как таковой и вообще нет, что она каждую эпоху совершенно иная. Человек, действительно, меняется в истории, но всю историю можно трактовать как процесс становления и раскрытия человеческой сущности, как движение к обретению подлинной сущности. Когда в общем эволюционном процессе появился человек, природа как бы «прорвалась к свободе», обретая способность творить дальнейшую историю с участием сознания, участием, возрастающим по мере прогресса. И существует лишь единственный достойный человека способ жизни — творчество, и в этом творчестве должно быть найдено согласование устремлений человека с природой, как внешней, так и его собственной, внутренней. Идеал не берется готовым из знания природы и истории. Познание сущего еще не определяет должного. Человек несет ответственность за свой выбор в любом случае — и когда подчиняется внешней силе, и когда отказывается следовать принуждению. Познание человеком своей собственной природы может быть указанием — как быть самим собой. Но почему нужно быть самим собой? Этот вопрос вполне правомерен. Возможно допустить, что я должен быть иным, чем есть, должен преодолевать себя, переделаться в другое.

Человек открыт в будущее. Его развитие безотнотительно к какому-либо заранее установленному масштабу<sup>17</sup> является самоцелью исторического процесса. Это не значит, однако, что не существует вообще никакого масштаба, никаких ориентиров и меры. Идеал и мера вырабатываются самими людьми в ходе развития. За вседозволенность, абсолютный произвол («будем как боги») люди расплачиваются. В известном смысле можно говорить о «законе возмездия за зло». Родион Раскольников в полной мере ощу-

<sup>16</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Из ранних произв., с. 596.

<sup>17</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 46, ч. 1, с. 475—476.

тил это после совершения убийства. «Не старуху я убил, а самого себя убил», — вот вывод, к которому он пришел после тяжелейших переживаний и раздумий. Потеря себя — самая большая из потерь. Более того, нравственное преступление в некотором смысле есть и преступление против природы вообще, поскольку назначение человека в той или иной мере определяется и всем ходом развития природы, подготовившим его появление. Нравственность — это не сумма правил поведения, условных и относительных, а в общем плане — одно из главных условий, движущих человека и человечество вперед, стимулирующих его развитие, совершенствование. Духовно-нравственное состояние человечества выражается во всех его действиях, оно запечатлевается и на лице природы. В наше время становится все более ясным, что экологические проблемы — не только экономические, но и нравственные.

### К ГАРМОНИИ С ЖИЗНЬЮ

Человек не может найти гармонии существования на путях насилия, покорения, эксплуатации природы, противопоставляющих его внешнему миру. Чтобы установить согласие и взаимопонимание с природой, а без них невозможно и согласие человека с самим собой, нужно многое изменить как в технологии, так и во внутреннем мире человека. Речь идет не только о бережном, заботливом отношении к природе, о чувстве родства с ней, о сострадании к живому и защите его. Человечество не может считать своей задачей сохранение природы не только в силу утопичности этой цели (собственно «нетронутой», «девственной» природы уже и не осталось на Земле), но и потому, что миссия его значительно серьезнее: преобразование природы в соответствии со своими идеалами. Преобразование это, конечно, не должно носить чисто утилитарного характера или быть просто рациональным использованием, оно должно быть творчеством и совершенствованием. В этом смысле можно говорить об «историзации», «антропологизации» природы<sup>18</sup>.

А. Швейцер выдвинул в качестве всеобъемлющего, основного принципа этики — благоговение перед жизнью. Этот принцип, безусловно, входит как момент в состав нравственного сознания. Вместе

с тем он ограничен, ибо не включает созидательно-творческого отношения человека к природе. Человек выступает не только как существо, уважающее жизнь как таковую, но и как творец, продолжающий развитие природы и преобразующий ее. Нравственная суть отношения человека к природе более соответствует концепции ноосферы, выдвинутой В. И. Вернадским, поскольку ноосфера, означающая сферу взаимодействия человека и природы, включает в себя организующую и преобразующую человеческую деятельность, освоенную природу и технику.

Чем более искусственной, изолированной от природы жизнью живет человек, тем острее он чувствует неудовлетворенность собой, тяготение вернуться к истокам, освободиться от уз городской жизни. В известном смысле можно говорить и о возвращении человека к самому себе, об обретении им естественности. Но это возвращение не может и не должно быть движением назад («назад к природе!»), оно должно быть обретением подлинно человеческой сущности. Мера этого обретения — то, «насколько стала для человека природой человеческая сущность... в какой мере человек... стал для себя человеком... в какой мере естественное поведение стало человеческим, или в какой мере человеческая сущность стала для него естественной сущностью...»<sup>19</sup>.

Во все эпохи социального неравенства человек испытывал воздействие общественных антагонизмов и был расколот, противоречив. Противоречия между «умом и сердцем», «долгом и склонностью», «идеалами и действительностью», «добрыми намерениями и поступками», «мыслью и действием» — все это составляло сумму так называемых «проклятых», или «вечных», проблем существования. И сам нравственный долг лишал личность естественности и органичности, поскольку требовал подавления так называемых «естественных склонностей».

Проблема обретения естественности — это та же проблема гармонии, цельности, органичности существования. Разрешение коренных социальных проблем, начатое социалистической революцией, явилось поэтому началом обретения человеком самого себя, своей подлинной сущности, и установления гармоничных отношений с природой.

<sup>18</sup> См.: Григорьян Б. Т. Философия о сущности человека. М., 1973, с. 244—246.

<sup>19</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 42, с. 115—116.

## Как открывали новый минерал

**А. М. Портнов,**  
кандидат геолого-минералогических наук

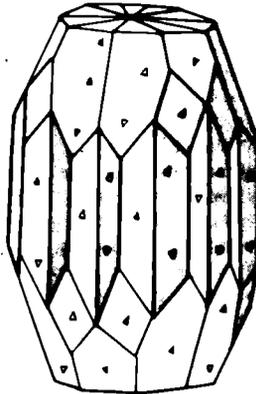
Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт Министерства геологии СССР  
Москва

Ландауит — редчайший минерал, в состав которого входят соединения титана, цинка, марганца и натрия. Обнаружен он в СССР, и в его названии угадывается имя крупнейшего советского физика-теоретика Л. Д. Ландау. Хотя ландауит — родственник широко распространенного ильменита, пока это единственная находка нового минерала.

Муратаит — тоже очень редкий минерал. Он содержит титан, цинк, иттрий, натрий и фтор. Этот минерал был найден в США в штате Колорадо и назван в честь известного американского геохимика К. Мураты. И вот недавно муратаит был обнаружен в СССР в виде тонкой примеси в ландауите. Что свело вместе эти редчайшие соединения?

История открытия ландауита и муратаита в нашей стране интересна тем, что она демонстрирует сложности, с которыми часто сталкиваются исследователи новых и малоизученных минералов. Ведь, в соответствии с традицией, научные публикации содержат лишь позитивные результаты исследований. Между тем самая трудная часть работы — поиски, сомнения, ошибки — остается скрытой от глаз непосвященных.

Очень редко теперь случается, чтобы новый, неизвестный науке минерал был обнаружен в кусках размером с баранью голову. Обычно это мельчайшая, почти неразличимая фаза, которую раньше не



Кристалл редчайшего минерала ландауита, на гранях которого видна «пыль» другого очень редкого минерала — муратаита. Увел. в 25 раз.

замечали именно потому, что выделить и изучить ее очень трудно. Тем не менее год за годом открывают все новые и новые минералы. Так, советский минералог Е. И. Семенов поставил своеобразный мировой рекорд, открыв более 40 минералов.

Интерес к новым минералам определяется тем, что за ними стоят неизвестные природные химические реакции, новые сочетания химических элементов, вещества с неизученными структурами и свойствами. Сейчас за новыми минералами видятся необычные геологические процессы, ведущие к возникновению редчайших соединений, т. е. их стали воспринимать как индикаторы аномальных условий кристаллизации.

В начале 60-х годов открытие таких новых минералов, как стишовит и коэзит (разные модификации кремнезема), образующихся исключительно в условиях сверхвысоких давлений,

позволило оценить условия образования загадочных кольцевых структур Земли. Найденный в глубинных породах минерал джерфшерит — удивительное соединение калия, серы и железа — дал возможность по-новому осмыслить поведение калия в мантии. А целая россыпь новых минералов, обнаруженная в уникальной жиле среди щелочных пород Кольского п-ова, говорит о том, что она возникла в условиях необыкновенно высокой концентрации щелочей и редких металлов.

Открытие нового минерала — задача нелегкая. Здесь наряду с кропотливым исследованием необходима и самая обыкновенная удача. Мне действительно повезло, когда в щелочных пегматитовых жилах на крутых склонах гольцов Северного Прибайкалья я увидел странные, ни на что не похожие, черные блестящие кристаллы. Это был будущий ландауит. Доцент кафедры минералогии Московского геологоразведочного института Е. И. Ильменев потратил больше пяти лет, прежде чем ему удалось установить, что здесь имеются сростания сразу двенадцати кристаллов. Любопытно, что подобный тип образования кристаллических двойников был теоретически обоснован немецким исследователем Г. Баумхауэром еще в прошлом веке, но до сих пор в природе не встречался.

Химический анализ показал, что перед нами неизвестное ранее соединение титана, цинка, марганца и железа. При проведении анализа был отмечен и натрий, но поскольку окружающие породы переполнены натриевым полевым шпатом — альбитом, было решено отнести этот элемент в разряд посторонних примесей. Позже выяснилось, что это была ошибка: натрий входит-таки в состав ландауита.

Минерал оказался действительно новым. Он был утверж-

ден Комиссией по новым минералам Всесоюзного минералогического общества (ВМО) и передан в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана АН СССР. Встал вопрос о названии. Посоветовавшись с соавторами, я поехал к академику Л. Д. Ландау. Надо было узнать, не будет ли возражений у Л. Д. Ландау, если новый минерал будет назван его именем.

— Не возражаю, но ведь я ничего не понимаю в геологии, — улыбнулся Л. Д. Ландау.

— А я ничего не понимаю в физике...

Новый минерал сразу же заинтересовал кристаллографов, и сотрудницей Института кристаллографии АН СССР Л. И. Николаевой был проведен структурный анализ ландауита. «Не очень верю», — написал академик Н. В. Белов, даря мне отписку статьи в «Докладах АН СССР», посвященный структуре ландауита. Н. В. Белов сомневался не случайно: австралийские исследователи Дж. Грей и Б. Гейтхауз получили в Минералогическом музее два крохотных кристаллика ландауита. При детальном исследовании они обнаружили в составе ландауита небольшие количества окиси натрия. В структурном же отношении этот минерал оказался натриево-цинковым аналогом широко распространенного минерала ильменита.

Статья австралийских ученых<sup>1</sup> заставила нас заново проанализировать ландауит, теперь уже с помощью электронного микроскопа. При этом выяснилось, что в ландауите на фоне сравнительно низкого содержания натрия существует тончайшая примесь богатой натрием фазы. И это вовсе не хорошо всем известный натриевый полевой шпат — альбит. При больших увеличениях в микроскопе стала видна мелкая «пыль», содержащая, подобно ландауиту, титан и цинк, но отличающаяся высоким содержанием натрия и иттрия.

Неужели еще один новый минерал?..

С большим трудом из

порошка ландауита была выделена красная пыль неизвестного минерала. Рентгеновский анализ показал, что известных аналогов этот минерал вроде бы не имеет. С этим согласилась Комиссия по новым минералам ВМО АН СССР. Данные были высланы в Японию президенту Международной минералогической ассоциации М. Като. И вот ответ: «Минерал имеет много общего с описанным в США в 1974 г. новым минералом муратаитом». Различие: у американцев в состав минерала входит более 5 % фтора, а у нас фтора нет.

Лазерно-микроскопический анализ самых крупных (размером до 30 мкм) зерен неизвестной минеральной фазы в ландауите не выявил этого элемента. Значит, мы имеем дело с бесфторной разновидностью муратаита? Действительно, хорошо известен имеющий некоторое сходство с муратаитом минерал пирохлор (щелочной фтор-ниобат редких земель), в котором фтор нередко замещен гидроксильной группой или кислородом. Но определить их в микрозернах пока нет возможности.

Как же попала в ландауит муратаитовая «пыль»?..

Она знаменовала собой конец бурной истории кристаллизации многих редких минералов. В массивах нефелиновых сиенитов Северного Прибайкалья, вообще очень богатых калием и натрием, поздние стадии кристаллизации минералов сопровождалась еще более высокой концентрацией щелочных элементов. В такой ультращелочной среде накапливались столь редкие элементы, как цирконий, церий, лантан, иттрий, бериллий, ниобий. Этот поздний расплав застывал в виде пегматитовых жил сиенитового состава, содержащих такие редчайшие минералы, как пиррофанит, кальциокатаплевит, редкоземельно-стронциевый апатит и силикат бериллия — лейкофан, обнаруженный ранее лишь в пегматитах Норвегии и Кольского п-ова. Но все эти редчайшие «аристократы» царства минералов неохотно впускали в свою кристаллическую структуру элемент иттрий, и он нашел себе собственную структуру, объеди-

нившись с цинком (тоже «изгоем») и вездесущим титаном в новую фазу, получившую название «муратаит».

Воздействие более поздних натриевых растворов повлекло за собой снижение щелочности, уничтожение ранее образованных минералов и появление новых минералов: сейдозерита, ториево-редкоземельных минералов и прежде не встречавшихся в СССР меланозерита и перрьерита. Титаносиликат церия перрьерит вообще раньше был найден только в одном месте на земном шаре — в долине р. Неттуно, в Италии.

Дальнейшее повышение кислотности привело к уничтожению всех этих минералов и возникновению наиболее кислотоупорных окислов титана — брукита и ландауита. Высокая концентрация натрия оказалась губельной и для муратаита. Он был растворен, но при этом все же уцелели реликты муратаита, «законсервированные» в титановой броне ландауита и брукита.

А насколько закономерна связь ландауита и муратаита?

В статье открывателей муратаита Дж. Адамса, Т. Ботинелли, В. Шарпа и К. Робинсона<sup>2</sup> я прочитал, что муратаит — это новый минерал, найденный в жилах щелочных пегматитов Колорадо в ассоциации минералов, очень похожей на ту, в которой обнаружен минерал ландауит. Круг замкнулся. Теперь остается пожелать, чтобы в Колорадо был найден ландауит. Сообщение о муратаите из Северного Прибайкалья уже опубликовано<sup>3</sup>. А это значит, что через несколько лет муратаит будет найден и в других районах, где существует эта не совсем обычная ассоциация цинка, иттрия и титана, порожденная глубинными щелочными растворами.

<sup>2</sup> Adams J. W., Botinelly Th., Sharp W. N., Robinson K. — Amer. Mineralogist, 1974, v. 59, № 1-2, p. 172.

<sup>3</sup> Портнов А. М., Дубакина Л. С., Кривоконова Г. К. — Доклады АН СССР, 1981, т. 261, № 3, с. 741.

<sup>1</sup> Grey G. E., Gatehouse B. M. — Canad. Mineralogist, 1978, v. 16, p. 63.

## Куликово поле: природа и история последних 6 тысяч лет

**Н. А. Хотинский,**  
доктор географических наук

Институт географии АН СССР

**Б. А. Фоломеев**

Государственный Исторический музей

**А. Л. Александровский,**  
кандидат географических наук

**М. А. Гуман,**  
кандидат географических наук

Институт географии АН СССР  
Москва

Куликовская битва, 600-летний юбилей которой широко отмечался в 1980 г., вызывает неослабевающий, поистине всенародный интерес. Научная, научно-популярная и художественная литература об этом величайшем сражении средневековья, расчистившем путь к национальному освобождению и образованию единого Русского государства, исчисляется сотнями статей, брошюр и книг. Авторами большинства этих работ были историки, исследовавшие письменные памятники Куликовского цикла, такие как «Задонщина», «Сказание о Мамаевом побоище» и летописи. Однако перспективы последующей расшивки этой важной страницы нашей истории связаны, как нам кажется, не только с дальнейшей интерпретацией письменных источников, но и с возможностью получения информации другого характера.

В этом деле веское слово могут сказать комплексные палеогеографические и археологические исследования на Куликовом поле, позволяющие выявить важные черты древней природы и истории района великой битвы. Эти вопросы до последнего времени оставались по существу неизученными, хотя необходимость таких работ отмечалась в ряде публикаций<sup>1</sup>.

Восполняя этот пробел, с 1981 г. на Куликовом поле работает объединенная группа палеогеографов, археологов, исто-

риков, геоморфологов, почвоведов и других специалистов — сотрудников Института географии АН СССР и Государственного Исторического музея<sup>2</sup>.

В ходе работ первостепенное значение придавалось поискам в геологических слоях района археолого-палеогеографического среза, соответствующего эпохе Куликовской битвы. Такой срез мы искали и обнаружили в пойменных отложениях на левом берегу р. Непрядвы вблизи ее впадения в Дон, примерно там, где, как считают многие, происходила переправа русских войск под предводительством московского князя Дмитрия Ивановича.

Дело в том, что пойма рек постоянно нарастает за счет ежегодного отложения приносимых паводками осадков, которые образуют своеобразную пойменную летопись. В ней зафиксирована важная палеогеографическая, а иногда и археологическая информация о событиях прошлого.

### ПОЙМЕННАЯ ЛЕТОПИСЬ

Там, где Непрядва сливается с Доном, образовалась широкая асимметричная долина: правый ее берег крутой с выходами известняков, левый — пологий с комплексом речных террас. Пойма здесь достигает ширины 300 м. Почти отвесным

<sup>1</sup> Курнаев С. Ф. Куликово поле в прошлом и настоящем. — Природа, 1980, № 9, с. 4; Флоренский К. П. Где произошло Мамаево побоище? — Там же, 1984, № 8, с. 41.

<sup>2</sup> В статье использованы результаты исследований на Куликовом поле, полученные, кроме авторов статьи, геоморфологами М. П. Гласко, Л. Н. Белинской, археологом М. И. Гоянским.



Место слияния. Непрядвы с Доном.

5—6-метровым уступом она возвышается над уровнем воды в Непрядве. Вертикальная стенка поймы сложена буровато-серыми суглинками, которые подстилают ожелезненные глины. В средней части разреза поймы выделяется более темная гумусированная толща суглинка, которая оказалась мощной луговой почвой.

Наиболее древние археологические находки были сделаны в самых низах пойменных отложений на глубине около 4 м. Здесь найдены фрагменты керамики, близкой к гребенчато-накольчатой керамике древнейших неолитических культур центра Русской равнины<sup>3</sup>. Возраст слоя пойменных отложений Непрядвы с этой керамикой по радиоуглеродным данным оказался равным  $6340 \pm 90$  лет, что соответствует началу неолита в центре Русской равнины. Несколько выше стала встречаться иная, в основном ямочно-гребенчатая керамика, характерная для огромного ареала неолитических культур, распространившихся в конце IV—III тысячелетий до н. э. на зна-

чительных территориях лесной и лесостепной зон Европейской части СССР.

Неолитическая стоянка располагалась на берегу старичного озера, ложбина которого в настоящее время занята руслом Непрядвы, и ее территория регулярно затоплялась в половодья, уровень которых был выше современного. Стоянка имела сезонный характер, а хозяйство ее обитателей было присваивающим, с ведущей ролью рыбной ловли. В культурном слое встречаются кости рыб и диких животных: лося, кабана, бобра, выдры. Аналогичный характер имели и другие неолитические стоянки, известные в районе Куликова поля. Анализ древней пыльца и спор, извлеченных из пойменных отложений Непрядвы, позволил восстановить облик ландшафтов этого периода в радиусе примерно до 10 км от устья Непрядвы. При этом учитывали, что пыльца и споры, с одной стороны, отражают историю растительности поймы Непрядвы — Дона, а с другой — водораздельных пространств собственно Куликова поля.

С учетом этих соображений растительный покров района можно реконструировать следующим образом. В эпоху неолита на Куликовом поле господствовали в основном сухие луговые степи с большим участием полыней, характерных в настоя-

<sup>3</sup> Крайнов Д. А., Хотинский Н. А. Природа и неолитический человек Русской равнины в свете новых археологических открытий. — Природа, 1978, № 5, с. 102.



Стенки поймы Непрядвы, где были обнаружены культурные слои неолита и древнерусского селища Монастырщина II (XIII—XIV вв.). В средней части разреза хорошо видна темная полоса погребенной почвы.

щее время для более южных районов. Среди лугового разнотравья встречались гвоздики, лютики, шалфей, тысячеголовник, лапчатка, клубника, различные виды клевера, щавель кислый и другие растения, которые в период цветения создавали пеструю гамму красок. На этом фоне кое-где колыхались по ветру седые перья ковылей, уже существовавших на поле около 6 тыс. лет назад.

Леса были представлены небольшими березовыми колками, подобными тем, которые теперь сохранились только в лесостепи Западной Сибири. Эти лесные островки тяготели к балкам и другим увлажненным понижениям рельефа, где встречался папоротник орляк. Широколиственные лесов, и в частности дубрав, в то время на Куликовом поле почти не было.

Пойма Непрядвы — Дона в неолите заросла ольшанниками из ольхи клейкой с типичным травостоем из осок, кипрея, лютиков, василистника. Вдоль берега и стариц белели заросли таволги вязолистной, а также росли реликты каменноугольной эпохи — хвощ, ужовник, гроздовник. Каких-либо ясных следов изменения естественной растительности под воздействием хозяйственной деятельности неолитических

племен в районе Куликова поля в это время не обнаруживается.

Непосредственно над неолитическим слоем залегают находки энеолитического времени, относящиеся к концу III — началу II тысячелетия до н. э. Здесь вместе с фрагментами сосудов с гребенчато-ямочным орнаментом встречены кости не только диких, но и домашних животных. Особый интерес представляет найденное здесь глиняное изображение головы тельца с небольшими округлыми ушами, крутым лбом, вытянутой мордой, заканчивающейся уплощенным широким носом. В этом периоде на Верхнем Дону начинает складываться производящее хозяйство, но оно еще не стало определяющей отраслью, а имело подчиненное значение в хозяйстве присваивающего типа.

Природная обстановка этого времени способствует развитию скотоводства. Около 4 тыс. лет назад на Куликовом поле появляются значительные участки широколиственных лесов, представленные в основном липовыми рощами и дубом. Но степи еще продолжали господствовать на поле, хотя облик их изменился: они приобрели более влаголюбивый характер. Количество полыней сократилось, а ковылей и других злаков увеличилось. Появляются первые признаки сельскохозяйственной деятельности человека, в том числе злостный сорняк — марь белая, которая обычно распространяется с навозом,

так как ее семена сохраняют хорошую всхожесть при прохождении через пищеварительный тракт животных. Увеличивается количество щавеля и васильков — растений, не поедаемых скотом и поэтому получающих преимущества для своего распространения в условиях интенсификации животноводства.

Долговременных поселений эпохи бронзы и раннего железного века в районе Куликова поля не обнаружено. Однако часто встречаемые находки каменных сверленных топоров, фрагментов сосудов и других предметов этих эпох свидетельствуют о том, что оно не было безлюдным.

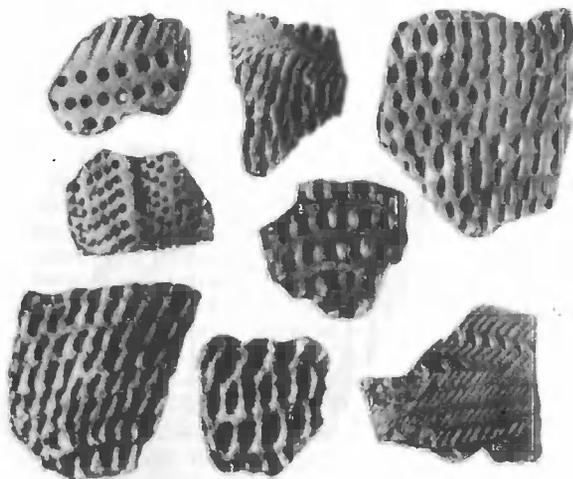
В это время отмечается снижение уровня воды в реках. Весенние паводковые воды почти не заливали пойму, резко снижается количество накапливающегося пойменного аллювия, вследствие чего на пойме Дона и Непрядвы формируются темноцветные луговые почвы. Особенно сильно пересохла реки в районе Куликова поля в период от 2,5 до 1 тыс. лет назад, когда накопление пойменных отложений Непрядвы по существу прекратилось. Этот хронологический перерыв пока нельзя заполнить палеоботаническими данными, так как в это время пыльцевая летопись прерывается и восстанавливается она только около 1 тыс. лет назад.

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ОСВОЕНИЕ ПОЛЯ

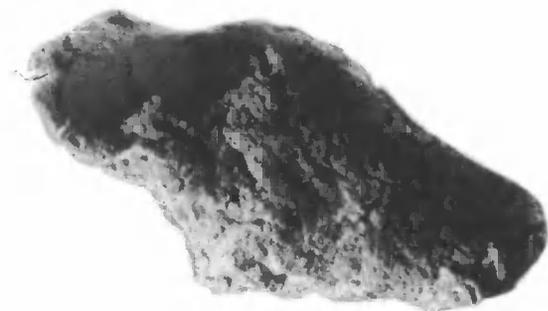
В верхней части луговой темноцветной почвы был обнаружен культурный слой древнерусского селища XIII—XIV вв. н. э. При раскопках найдены остатки наземного жилища с глинобитным очагом, хозяйственными ямами, скоплениями белой глиняной керамики с линейным и волнистым орнаментом. Исключительный интерес вызывают находки железных наконечников стрел-срезней. До монгольского нашествия стрелы этого типа не были известны на Руси. Символично, что рядом с боевыми монгольскими стрелами лежало мирное орудие древнерусского землепашца — коса-горбуша, применявшаяся на Руси для сенокоса и уборки зерновых. Не исключено, что это селище существовало вплоть до Куликовской битвы.

В последние годы археологом Государственного Исторического музея М. И. Гоняным был открыт еще ряд древнерусских селищ и городищ этого времени. На рубеже XII—XIII вв. русское население активно осваивает район Куликова поля.

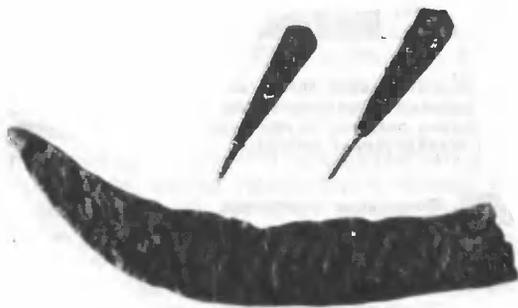
2 Природа № 12



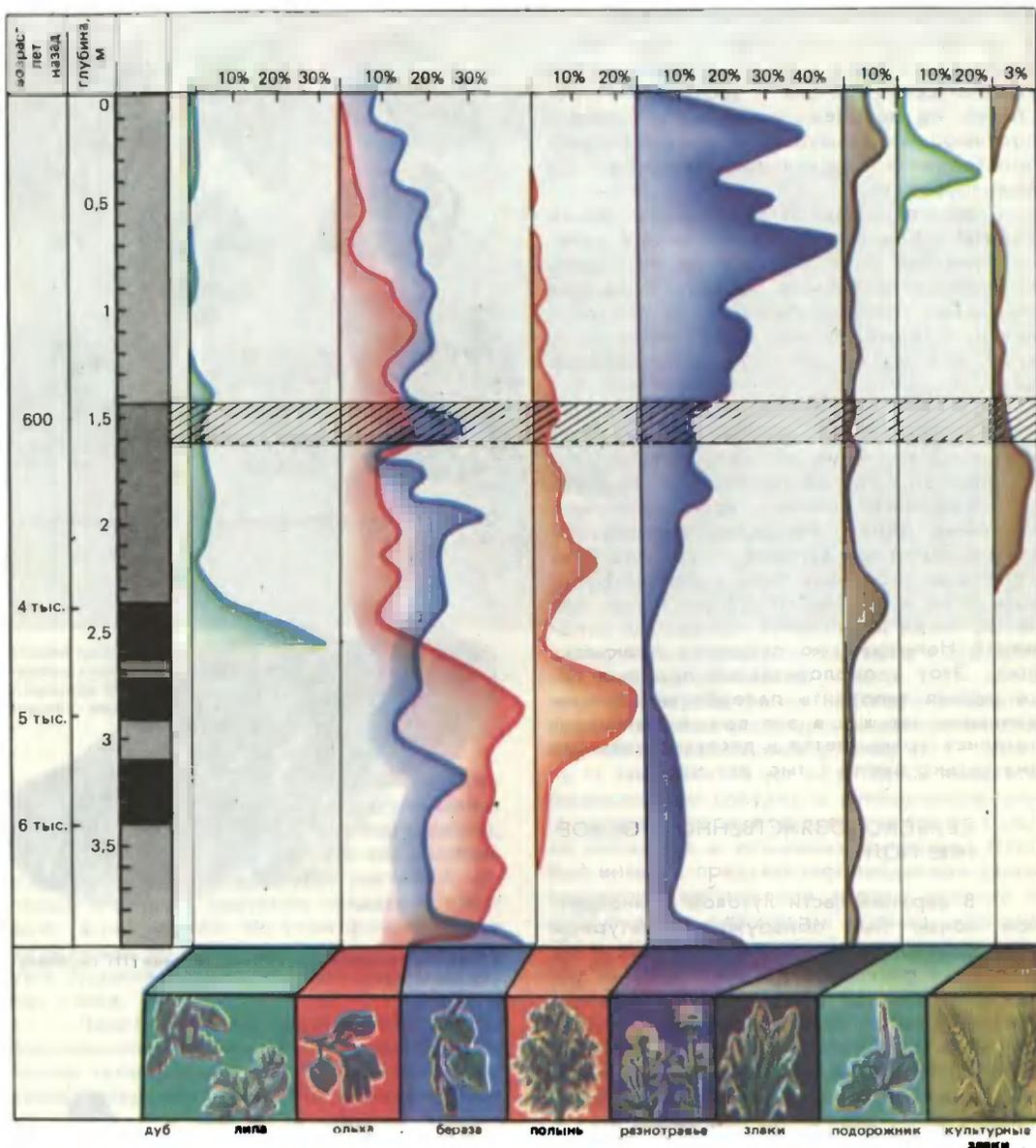
Обломки сосудов эпохи неолита [IV—III тысячелетия до н. э.].



Глиняное изображение головы теленка [III тысячелетия до н. э.].



Коса-горбуша и стрелы-срезни, обнаруженные в жилище древнерусского поселения XIII—XIV вв.



Колонка отложений поймы реки Непрядвы (слева) и диаграмма содержания обнаруженной в них пыльцы различных растений (в процентах от общего количества исследованной пыльцы).

-  Пойменные отложения
-  Погребенная почва
-  Культурные слои эпохи неолита
-  Слой, отвечающий эпохе Куликовской битвы

В это время на большей части Куликова поля существовали остепненные луга влаголюбивого характера. Следы антропогенного изменения растительности становятся все более яркими и многочисленными. Резко возрастает количество растений, расселение которых связано с выпасом скота, таких как василек (луговой, шероховатый, фригийский), щавель (малый и кислый), короставник полевой, мак, и других видов, не поедаемых животными.

Наибольшее значение имеют находки пыльцы культурных злаков, которые начи-

нают встречаться в пойменных отложениях Непрядвы ниже средневекового культурного слоя, т. е. несколько раньше времени Куликовской битвы. Здесь была обнаружена пыльца ржи, пшеницы и ячменя, а также пыльца сорной растительности, сопутствующей пашенному земледелию. Посевы сильно засорены вьюнком посевным, горцом вьюнковым, представителями семейства крестоцветных. Наиболее часто встречался василек синий — типичный сорняк озимой ржи.

Вся эта «пашенная» пыльца появляется как бы внезапно и довольно в большом количестве. Это указывает на то, что земледелие здесь не развивалось постепенно на местной основе, а было принесено русским населением, уже хорошо владевшим навыками сельскохозяйственной обработки земли. Пашня этого времени располагалась, вероятно, на пойме Непрядвы — Дона, где находились плодородные и легкие в обработке почвы, дававшие хорошие урожаи зерновых культур. Точное время появления пашни установить пока не удалось, но, несомненно, она существовала значительно раньше времени Куликовской битвы.

Существует мнение, что название Куликова поля произошло от слова «кулига». В словаре В. И. Даля отмечено, что это слово означает «вид кулика и одновременно ровное, чистое и безлесное место, отличное растительностью, травой, ягодами», а также «пожню — покос, сенокос на низменных нередко пойменных лугах, по речкам». Ясно, что в словаре Даля речь идет именно о пойменной кулиге: «Река дала кулигу, колено, образовав по одну сторону сухую кулигу, мыс, по другую морскую заводь, пойменный лужок»<sup>4</sup>. Нам представляется, что под «коленом» надо понимать речной меандр, а под «морской заводью» — старичный водоем, т. е. два элемента ландшафта, типичных для древней истории долины Непрядвы — Дона.

Таким образом, мы склоняемся к мысли, что название Куликова поля имеет не «птичью», а сельскохозяйственную основу, связанную с деятельностью поселившихся здесь древнерусских земледельцев. Первоначально оно, вероятно, относилось к низинным косимым лугам и пашне на пойме Непрядвы — Дона, а в дальнейшем было, видимо, перенесено на водораздельную, ранее безымянную часть

правобережья этих рек, где произошли основные драматические события битвы.

### ЛЕВЫЙ ИЛИ ПРАВЫЙ БЕРЕГ?

Летописи и сказания, повествующие о Куликовской битве, единогласно называют место битвы «за Доном на уст Непрядве», однако не конкретизируют, на каком берегу Непрядвы она произошла. Большинство специалистов полагают, что место битвы — правый берег: территория, с севера и востока ограниченная Непрядвой и Доном и простирающаяся в глубину до раздела на 8—10 км. Однако в последнее время некоторыми исследователями, в том числе К. П. Флоренским, была высказана мысль, что битва была на левом берегу Непрядвы<sup>5</sup>.

На основе анализа обобщенной мелкомасштабной почвенной карты К. П. Флоренский отметил высокую залесенность левобережья Непрядвы и открытый безлесный характер ее правобережья в эпоху битвы. Однако его последующий вывод несколько неожидан: орды Мамаю пошли на сближение с русскими войсками не через степные, удобные для них пространства правобережья, а через лесные чащобы левого берега Непрядвы. Правда, К. П. Флоренский сам указывает на необходимость уточнения использованной им почвенной карты и на отсутствие данных о залесенности оврагов и балок. Именно эти данные могут иметь решающее значение при оценке достоверности реконструкции автора, определившего ширину открытого поля, где могла свершиться битва, для левого берега в 8, а для правого — в 16 км.

Нами была проведена крупномасштабная (1:10 000) почвенная съемка, а также составлена почвенно-растительная карта, позволяющая более точно восстановить растительный покров района для времени его максимального облесения, до массовых вырубок леса в XVII—XVIII вв. Левобережье Непрядвы почти полностью было покрыто лесами. К тому же здесь было множество глубоких крутосклонных балок. Кроме того, выяснилось, что и на правобережье ширина полностью безлесных участков, где могла происходить битва, не превышала 2—3 км. Этот вывод хорошо согласуется с многочисленными летописными свидетельствами о том, что сражающиеся «задохались от великой тесноты»

<sup>4</sup> Даль В. Толковый словарь. Т. II. М., 1955, с. 216.

<sup>5</sup> Флоренский К. П. Где произошло Мамаево побоище? — Природа, 1984, № 8, с. 41; Кучкин В. А. О месте Куликовской битвы. — Там же, с. 47.

и на Куликовом поле не могло вместиться все множество сошедшихся войск<sup>6</sup>.

К тому же, дошедшие до наших дней предметы времени Куликовской битвы обнаружены только на правом берегу Непрядвы. Таким образом, полученные нами данные позволяют отдать явное предпочтение менее залесенному правобережью Непрядвы как месту Куликовской битвы. Письменные источники также подчеркивают степной характер места битвы. На поле рос степной ковыль, «...лежать на зеленой ковыль-траве на поле Куликовом» — говорит «Задонщина»<sup>7</sup>. На степном фоне существовала разветвленная сеть балочных лесов и отдельные водораздельные дубравы.

Куликово поле располагается в северной части лесостепи, на северной окраине Среднерусской возвышенности и в наши дни представляет собой холмистую равнину со сглаженными и мягкими очертаниями.

Рельеф поля во время битвы был примерно таким же, как и теперь. Бытующее представление о том, что Куликово поле раньше было пересечено глубокими реками и изрезано болотами, не подтверждается ни геологическими, ни геоморфологическими данными. Не обнаруживаются и следы сильной заболоченности района, в частности толяного болота по берегу Смолки, в котором якобы мог утонуть всадник с лошастью.

Почвенный покров поля представлен в основном сформировавшимися под степной растительностью черноземами. Они занимают почти всю поверхность водораздельных пространств. Вместе с тем на склонах балок и долин здесь повсеместно встречаются серые лесные почвы, которые образуются под широколиственными лесами, и в частности под дубравами. Наиболее крупный участок серых лесных почв обнаружен в районе урочища Зеленая дубрава, что подтверждает сведения о существовании здесь в прошлом значительного лесного массива, в котором мог скрываться засадный полк, решивший исход сражения. Все эти древние дубравы были вырублены около 150—300 лет назад. Большинство современных лесов поля являются вторичными или посадками последнего столетия. По своему составу и расположению они не соответствуют характеру первозданных лесов района.

В настоящее время Куликово поле почти полностью распаханно. Небольшие фрагменты былой степной растительности сохранились кое-где лишь по склонам балок и долин, но и там она в значительной мере утратила свой собственный облик в связи с повсеместным распространением сорняков, связанных с хозяйственной деятельностью человека.

Антропогенные изменения, таким образом, давно исказили девственное лицо ландшафтов Куликова поля.

## ЛАНДШАФТНАЯ ПАНОРАМА

В соответствии с нашей реконструкцией Куликово поле непосредственно перед битвой выглядит таким образом. Ранняя осень: еще по-летнему зелены балочные дубравы, опоясывающие и пересекающие поле. Здесь растут могучие вековые дубы, вязы и липы. Кое-где видна уже желтеющая береза. Только начинают краснеть листья рябины с гроздьями спелых ягод. По окраинам, опушкам дубрав — липовая поросль, орешник и кустарник.

Эти кустарники могли хорошо маскировать засадный полк, затаившийся в Зеленой дубраве. Но сами дубравы на Куликовом поле были редкими, а не «дремучими», как их изображают некоторые писатели и художники, рисующие чуть ли не таежные дебри, из которых с трудом вырвалась засадная конница.

Пашня на пойме Непрядвы безлюдна, урожай хлебов уже собран и обмолочен. Уровень вод в Непрядве и Доне низкий, меженный, как это обычно бывает осенью на русских реках. Представление, что во время Куликовской битвы эти реки были судоходными, а Смолка и Дубик — полноводными, не соответствует ни палеогеографическим, ни историческим данным. Это ни в коем случае не умаляет значения переправы князя Дмитрия через Дон и твердой решимости всего русского воинства стоять насмерть, так как долина Непрядвы — Дона в любом случае являлась значительным препятствием при необходимости поспешного отступления. Летописные указания на то, что князю Дмитрию пришлось искать броды и «мостить» мосты через Дон, надо, видимо, понимать как указание на необходимость переправы не воинов, а огромного тележного обоза с военным снаряжением и продовольствием.

В 1389 г., через 9 лет после Куликовской битвы, состоялось путешествие митрополита Пимена в Царьград. Маршрут

<sup>6</sup> Сказание о Мамаевом побоище. Киприановская редакция. — В кн.: Сказания и повести о Куликовской битве. Л., 1982, с. 90.

<sup>7</sup> Задонщина. — Там же, с. 135.



Схема растительности, почва, поселений и расположения войск на Куликовом поле в эпоху битвы. Расположение русских войск показано по традиционной схеме: впереди находился сторожевой полк, за которым следовал передовой полк, а далее — основной фронт войска, состоявший из центрального большого полка и полков правой и левой руки. Кроме того, за большим полком располагался общий резерв, несколько позади левого фланга — засадный полк в Зеленой Дубраве. (Для левобережья Дона реконструкция не проводилась.)

■ Балочные широколиственные леса и перелески на серых лесных почвах

Водораздельные широколиственные леса

■ на темно-серых почвах

■ на черноземах оподзоленных

■ Пойменная растительность на луговых почвах

□ Степь на водораздельных черноземах

■ Поселение Монастырщина II

Расположение войск

■ русских

■ ордынских

проходил по Оке и ее притокам к верховьям Дона. На Дону, в районе Куликова поля, путешественники оказались в мае. Но даже в это время, в период высокого стояния вод Дон был настолько мелким, что плоскодонные струги шли по нему незагруженными, а груз следовал сухим путем<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Веневитинов М. А. По поводу пятисотлетия первого русского путешествия по Дону.— Древности (Тр. Моск. археол. об-ва), 1890, т. XIV, с. 318—319.

После Куликовской битвы пашня на пойме Непрядвы забрасывается, а русское население уходит из этого района. «В ту пору на Рязанской земле около Дона ни пахари, ни пастухи в поле не кличут, лишь вороны часто каркают над трупами человеческими», — свидетельствует «Задонщина»<sup>9</sup>. Это сообщение косвенно подтверждает вывод о том, что до битвы на поле Куликовом жили русские пахари и пастухи.

В XVII в. русские земледельцы переносят пашню на водораздельные участки Куликова поля и распахивают целинную степь. Этот этап отмечен следами интенсивных рубок леса и частых пожаров, выявляемых по распространению иван-чая и папоротника орляка. Уровень паводковых вод в Непрядве и Доне резко повышается. Пойменная луговая почва прекращает свое существование; она быстро перекрывается слабо гумусированными суглинками, которые продолжали накапливаться до настоящего времени. В этих суглинках зафиксирована история растительности района Куликова поля за последние 200—300 лет. Пыльцевые спектры отмечают заметное сокращение дубрав и исчезновение вяза. Сохранившиеся участки степей представляли собой, как и ранее, остепненные луга, из состава которых почти полностью исчезла полынь. Меньше становятся ковылей, которые теперь отмечаются ботаниками лишь на южном склоне долины Нижний Дубик и в балке на Курцах. Здесь их немногочисленные экземпляры со свитой других степных спутников находятся под угрозой полного исчезновения.

На интенсивное развитие животноводства указывает увеличение неподаваемых скотом растений. В большом количестве появляются различные виды подорожника — свидетеля существования разветвленной сети пешеходных троп, дорог и т. д. Существование в районе Куликова поля пашни отмечается по пыльце культурных злаков, при этом количество сорняков уменьшается, возможно в связи с совершенствованием культуры земледелия. Переломным этапом в хозяйственном освоении района был XVII в., когда резко возросла заселенность территории и водораздельные пространства были распаханы. Вместе с тем пыльцевые спектры отмечают близкие к нашему времени периоды запустения поля, когда пашня здесь резко сокращалась или даже исчезала. Возраст

этих периодов может быть установлен дальнейшими палеогеографическими и историческими исследованиями.

\*

Шесть веков прошло со времени Куликовской битвы. Неумолимый бег времени все более удаляет от нас великое событие истории нашей страны. Но контуры его не отступают в «туманную даль», а как бы все время приближаются, становятся все более отчетливыми. Несомненно, что еще многие природно-исторические черты эпохи битвы на поле Куликовом будут в дальнейшем открыты усилиями специалистов самого различного профиля.

До сих пор не обнаружены места захоронения павших в битве русских воинов. Этому не следует удивляться — планомерные поиски начаты лишь недавно. Надо учитывать, что значительная часть оставшихся в живых русских воинов была ранена и пришлось, в первую очередь, заботиться об их спасении. В этой драматической обстановке трудно было захоронить в одной грандиозной могиле десятки тысяч павших бойцов. Ведь для их перевозки с территории поля потребовались бы колоссальные физические усилия и несметное количество обозных телег, большинство которых должно было сразу после битвы отправиться домой с ранеными. Древние письменные источники прямо указывают на то, что были погребены не все погибшие, а только «сколько могли и успели».

\* \* \*

Некоторые природные объекты на Куликовом поле уже сейчас объявлены заповедными, но можно и нужно пойти дальше — осуществить, хотя бы на части его территории, реставрацию первозданных ландшафтов эпохи битвы. Это вполне реальное дело. Можно восстановить дубравы по контурам соответствующих им древних почв, которые укажут почвоведы. Можно превратить хотя бы некоторые участки пашни, связанные с важнейшими событиями битвы, в заповедную залежь и обогатить ее в дальнейшем элементами естественной степной растительности, сохранившейся по склонам балок. Опыт подобной реставрации степей уже имеется.

И когда седые перья ковыля, как символ умиротворенной, некогда «дикой степи», снова взметнутся и затрепещут над полем Куликовым, будет исполнен надолг перед будущим поколением — долг памяти о великом событии истории нашей страны.

<sup>9</sup> Задонщина, с. 135.

## Роль солнца в стартовой ориентации мигрирующих птиц

Е. Б. Кац



Ефим Борисович Кац, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории орнитологии Института биологии АН Латвийской ССР. Занимается изучением ориентации мигрирующих птиц.

Многие животные совершают дальние миграции; наиболее известные путешественники — птицы, рыбы, киты, морские черепахи — преодолевают сотни и даже тысячи километров. Особенно грандиозны по массовости и дальности сезонные перелеты птиц. Только в Африку из Европы и внутритропической Азии их прилетает на зимовку около 5 млрд. По приблизительным подсчетам, около 900 млн пеночек-весничек, 375 млн ласточек-береговушек, 260 млн лесных коньков, 250 млн серых мухоловок, 220 млн деревенских ласточек и множество других птиц преодолевают не менее 3 тыс. км, чтобы попасть в места зимовок<sup>1</sup>.

Есть и другие животные, способные менять место своего жительства (бабочки, пауки, лягушки и т. д.), но, как правило, путешествуют они не так далеко. Однако путь всех путешественников четко направлен, а значит, все они умеют хорошо ориентироваться в пространстве. Что служит животным ориентиром во время старта, каким компасом и какой картой они пользуются в пути — вот вопросы, над ко-

торыми уже давно задумываются зоологи, и в частности орнитологи. О некоторых современных представлениях об ориентации птиц и пойдет речь в данной статье.

\*

Птицы, благодаря присущей им способности быстро передвигаться в пространстве, заселили области земного шара, в которых условия обитания не позволяют существовать в течение всего года. Перелеты птиц — это приспособление к изменению условий окружающей среды, в частности к смене сезонов, поэтому миграции в первую очередь следует связывать с расселением вида, а направление перелетов — с направлением такого расселения. Очевидно, способность к ориентации развивалась вместе с возникновением самих перелетов, ведь без способности придерживаться определенного направления они были бы невозможны.

Эту связь легко проследить на примере прибалтийской популяции озерной чайки<sup>2</sup>. В первые месяцы жизни молодые пти-

<sup>1</sup> Moreau R. E. The Palearctic — African Bird Migration Systems. L.— N. Y., 1972.

<sup>2</sup> Вискне Я. А. О значении послегнездовых кочевок в территориальном размещении гнездящихся озерных чаек (*Larus ridibundus*) (на примере восточноприбалтийской популяции).— В кн.: Экология водоплавающих птиц Латвии. Рига, 1968, с. 167.

цы кочуют вдоль оси миграции за пределы гнездового ареала в том направлении, в котором шло расселение вида, — к северо-востоку, а с наступлением холодов поворачивают в сторону зимовки. Очевидно, во время кочевок молодые птицы «запоминают» территорию, которая впоследствии становится для некоторой их части районом гнездования.

По-иному идет расселение многих других видов птиц. Их молодое поколение не совершает столь выраженных кочевок в первые месяцы жизни, они как бы продлевают весенние миграции своих родителей и каждую весну часть молодых птиц устраивает гнезда все дальше и дальше от места своего рождения.

Дальность сезонных перелетов обусловлена экологическими потребностями птиц (например, водоплавающие зимуют южнее границы замерзания водоемов), способностью конкурировать за пищу на зимовках с другими видами и, безусловно, зависит и от истории вида.

Судя по новейшим сведениям, около 80 % птиц, гнездящихся в неарктической части Северного полушария, летят на зимовку ночью. Почему это так, если большинство перелетных птиц ведут дневной образ жизни? Видимо, в таком распорядке есть свои преимущества. Первое из них — возможность избежать столкновения со своими врагами, дневными хищниками (хотя ночные хищники все же остаются), и второе — возможность использовать светлое время суток для добывания пищи. Вероятно, ночные миграции — эволюционно более позднее приспособление по сравнению с дневными, более того, оно развилось в результате постепенного разделения миграционной и других форм активности. Начало отлета со временем отодвигалось на более поздние часы, свободные от необходимости добывать пищу. Именно ночная миграция наиболее интересна для исследователей, так как ее можно анализировать в чистом виде, проводя эксперименты.

Первый вопрос, связанный с перелетами птиц и, вероятно, возникающий у каждого любознательного человека: как птицы находят дорогу к местам зимовок? Самый простой ответ был дан давно: взрослые птицы показывают дорогу молодым и знание миграционных путей передается из поколения в поколение. Однако сейчас вряд ли найдется специалист,

который полностью придерживается такого взгляда, поскольку есть множество противоречащих ему примеров. Так, молодые птицы многих видов улетают на зимовку раньше взрослых и возвращаются на родину тоже отдельно от них. Имеются и экспериментальные опровержения передачи знаний миграционных путей от взрослых к молодым. Молодых птиц тех видов, которые летят на зимовку вместе со взрослыми, задерживали и выпускали только после отлета старшего поколения, и тем не менее они летели в характерном для данного вида направлении.

Другая точка зрения возникла значительно позже первой и кажется более правдоподобной: информация о направлении полета заключена в генетической программе и передается по наследству. Врожденное чувство направления подтверждают успешные самостоятельные перелеты молодых птиц на свою первую зимовку. Однако и такая гипотеза не может объяснить некоторых фактов.

Гнездится в низовьях р. Оби очень редкая птица — белый журавль, или стерх. Зимуют стерхи обской популяции в заповеднике Гхана-Бхаратпур в Центральной Индии. Этот заповедник — точка на карте, и можно только удивляться точности навигации стерхов, которые преодолевают не менее 5 тыс. км, пролетая над Средней Азией, Афганистаном, Пакистаном, Гималаями, чтобы попасть на зимовку в заповедник.

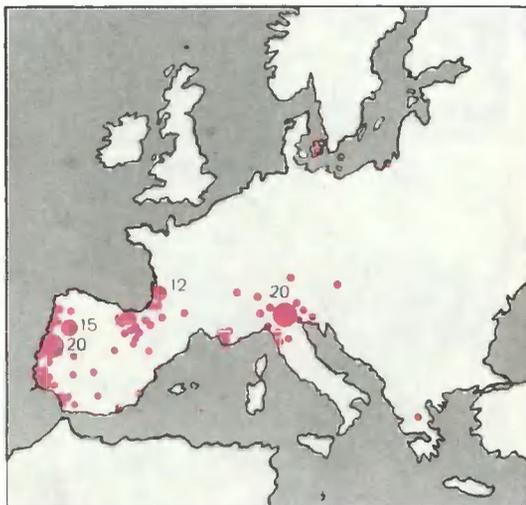
В. Е. Флинт, изучавший биологию стерха, считает, что дорогу к месту зимовки молодым журавлям показывают их родители<sup>3</sup>. И тут трудно с ним не согласиться. Ведь даже при врожденном стандартном направлении миграции стерх может прилететь в Индию, но попасть в заповедник Гхана-Бхаратпур на основе одной генетической программы — просто невысказимо.

Этот пример не единственный. Специалистам известно множество случаев, когда некоторые виды птиц из года в год останавливаются на отдых или кормежку в одном и том же участке трассы (на большом болоте, на литорали, в устье реки), найти которое, пользуясь лишь врожденным чувством направления, невозможно. Столь точная ориентация требует не менее точного знания координат или примет конкретного места и умения отыскать его. Для этого без предположения об обуче-

<sup>3</sup> Флинт В. Е. Операция «Стерх». М., 1981.

нии опытными птицами молодых не обойтись.

Большинство орнитологов считает, что ориентация молодых птиц, впервые отправляющихся к местам зимовки, обеспечивается генетической программой с двумя параметрами — направления и времени, в течение которого они должны двигаться в этом направлении; конечный пункт путешествия им неизвестен. Иное дело — взрослые птицы. Кроме направления и времени, они, видимо, знают и другие параметры (какие — пока неизвестно)



Районы, где обнаружены во время перелета в Африку финляндские мухоловки-пеструшки: слева — молодые птицы во время первого перелета на зимовку, справа — взрослые, уже мигрировавшие птицы. Молодые птицы различаются по способности придерживаться общего направления миграции и широко разлетаются по пути на зимовку. Многие из них попадают в неблагоприятные условия и погибают. Взрослые птицы придерживаются более узкой трассы. Цифры указывают на количество встреченных птиц. [По J. Rabi, 1978.]

конкретной точки на земной поверхности, в которую они стремятся попасть, будь то место гнездования или прежней зимовки.

Консервативность миграционных путей, с позиций генетического предопределения, можно объяснить тем, что отклонившиеся от традиционного направления особи попадают в менее благоприятные для данного вида условия и в конце концов гибнут. Так естественный отбор закрепляет наследственно передаваемое чувство направления.

Хороший пример, подтверждающий эту мысль, — миграции финляндских мухоловок-пеструшек, зимующих в Центральной и Западной Африке<sup>4</sup>. Вероятно, из-за генетической неоднородности по этому признаку молодые мухоловки различаются способностью придерживаться общего направления миграции, в результате чего молодые птицы широко разлетаются по пути на зимовку. Часть их попадает, очевидно, в неблагоприятные условия и погибает, судя по тому, что окольцованные птенцами, взрослые птицы в последующие годы там уже не встречаются. Тем не менее такая генетическая неоднородность позволяет

виду нащупывать новые пути миграции, а это особенно важно, когда меняются экологические условия на трассе полета.

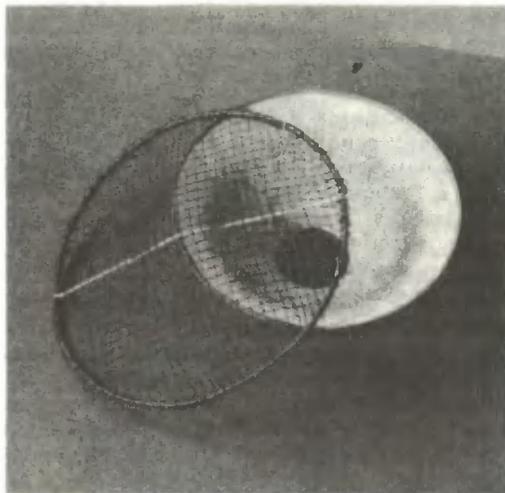
\*

Приняв генетическую обусловленность стандартного для вида или популяций птиц направления миграционного пути, нельзя все-таки не задаться вопросом, какими ориентирами они пользуются. Для ответа на него орнитологи ставят специальные опыты, поскольку в естественных условиях выявить такие ориентиры почти невозможно из-за множества осложняющих выводы обстоятельств.

В нашей стране изучением этого вопроса занимаются орнитологи многих научных учреждений: Зоологического института АН СССР, Киевского и Московского государственных университетов, Института эволюционной морфологии и экологии животных АН СССР и Института биологии

<sup>4</sup> Rabi J.— Oikos, 1978, v. 30, p. 216.

Разные виды клеток, в которых ставятся эксперименты по выявлению стартового ориентира. В конусе Эмлена (вверху) направление движения птиц во время миграционного сезона определяется по зачерченности его стенок: птицы, испачкав ноги краской, которой пропитан кусок поролона, находящийся в центре конуса, оставляют следы на стенках. Клетки с жердочками, прикрепленными к стенкам (в середине) и с радиально расположенными жердочками (внизу), ориентированными по странам света, снабжены простым устройством, с помощью которого сигнал от птицы, севшей на ту или иную жердочку записывается на регистрирующем приборе. Зная число прыжков на каждую жердочку, можно рассчитать предпочитаемое направление.



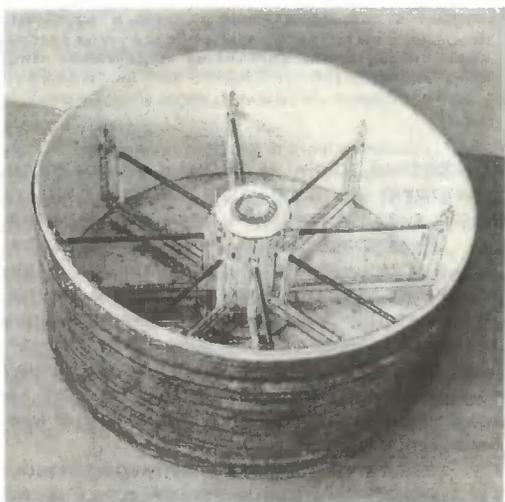
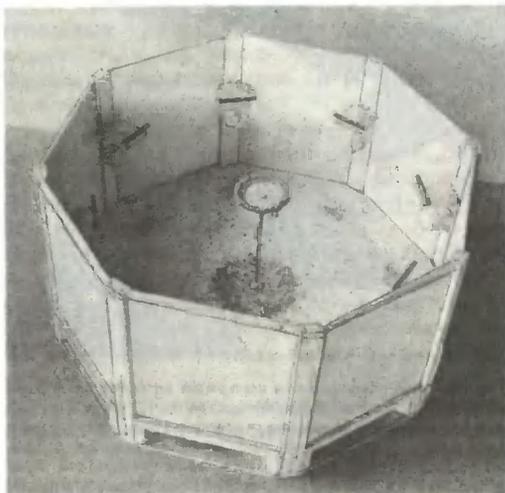
АН Латвийской ССР, в том числе автор данной статьи.

В экспериментах, прежде чем искать ориентир, необходимо знать так называемое стандартное миграционное направление. Наблюдая за птицами в природе, определить его непросто: путь птиц, даже в самом его начале, не всегда четко соответствует такому стандарту; по различным экологическим причинам он может отклоняться от линии, соединяющей данное место обитания птиц с местом их зимовки или гнездования.

В чистом виде стандартное миграционное направление легко определяется по направленности движений птиц, посаженных в специальные так называемые ориентационные клетки во время миграционного сезона. Подавляющее большинство подопытных птиц осенью движется в том направлении, где находится их зимовье, а весной — в направлении будущих гнездовий.

Зная стандартное миграционное направление, можно проводить эксперименты и по выявлению стартового ориентира. Ясно, что определить, в какой стороне находится, скажем, зимовье, можно не по частному ориентире, а наиболее общему для любой части света. Сейчас большинство специалистов таким ориентиром считает солнце.

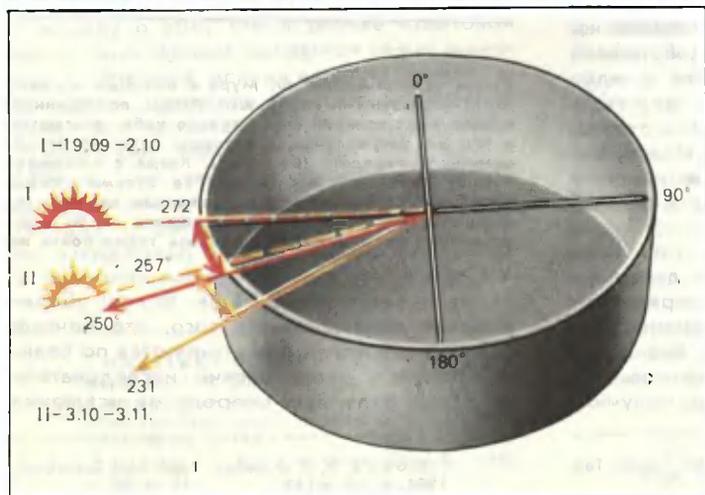
Птицы, которые летят на зимовку ночью, начинают свой полет в вечерние сумерки, в течение первого часа (точнее, через 40—45 мин) после захода солнца<sup>5</sup>.



<sup>5</sup> Пятрайтис А., Жалаквичюс М., Гражулявичюс Г.—Х Прибалт. орнит. конф. Тез. докл. Рига, 1968, т. 1, с. 164.



Зарянка — основной объект исследований орнитологов, изучающих ориентацию птиц во время сезонных перелетов.



Зависимость направления полета зарянок в разное время осенней миграции от азимута солнца. I — с 19 сентября по 2 октября средний угол движения этих птиц в юго-западном направлении равен  $250^\circ$ , а усредненный азимут солнца —  $272^\circ$ . II — с 3 октября по 11 ноября при азимуте солнца  $257^\circ$  зарянки двигались под углом  $231^\circ$ . Значит, трасса зарянок всегда направлена под определенным углом к солнцу, равным примерно  $20-30^\circ$ .

Попробуем охарактеризовать астрономическую ситуацию этого короткого стартового периода. Когда солнце заходит за горизонт, асимметрия в распределении освещенности небесной сферы выражена довольно четко: наибольшей величины она достигает в коротковолновой области спектра и при солнце, опустившемся за горизонт на  $6-7^\circ$ , становится максимальной<sup>6</sup>. Поскольку птицы стартуют вскоре после захода, естественно предположить, что заходящее за горизонт светило и является для них стартовым ориентиром.

В экспериментах, проведенных автором на полевой базе Института биологии АН Латвийской ССР, осенью (в сентябре — октябре) зарянок (*Erithacus rubecula*), этих типичных ночных путешественниц, сажали по одной в специальные круглые клетки, установленные под открытым небом, и регистрировали направление движения птиц. В течение часа после захода солнца — обычного стартового периода зарянок — они двигались в юго-западном направлении, т. е. в том направлении, которое соответствует географическому положению места их зимовки и обычному направлению осенней миграции. О том, что ориентиром в выборе миграционного направления зарянкам служило солнце, мы узнали из следующего: если небо было в сильной сплошной облачности, зарянки двигались в клетках хаотично, а в ясную погоду при частичной облачности их движения были направлены по отношению к солнцу под определенным углом. Примечательно, что направленность движений птиц в экспериментах, поставленных в разные осенние месяцы, смещалась, а по отношению к солнцу она оставалась постоянной, т. е., выбирая путь, зарянки явно не вносили поправку на сезонное изменение азимута солнца. Следовательно, чтобы из года в год прилетать в одно и то же место на зимовку или для гнездования, птицы должны ежегодно стартовать в очень короткий период. Иначе, выбирая определенный угол по отношению к солнцу, они будут прилетать в разные районы.

Полученные результаты, на наш взгляд, свидетельствуют, что движение под определенным углом к ориентиру (менотаксис) — врожденная у зарянок способность. Подтверждение того, что менотаксис не приобретаетс я птицами за счет обучения старшими молодыми, мы получили

в подобных же экспериментах с птицами, которые были выращены в изоляции от природных популяций. В зависимости от того, как менялось положение искусственного светового ориентира, менялось и направление их движений. По всей видимости, именно за счет врожденной способности к ориентации полета под определенным углом к заходящему солнцу в популяции сохраняется постоянное направление миграции.

Наши эксперименты по выявлению роли солнца в ориентации птиц при стар-

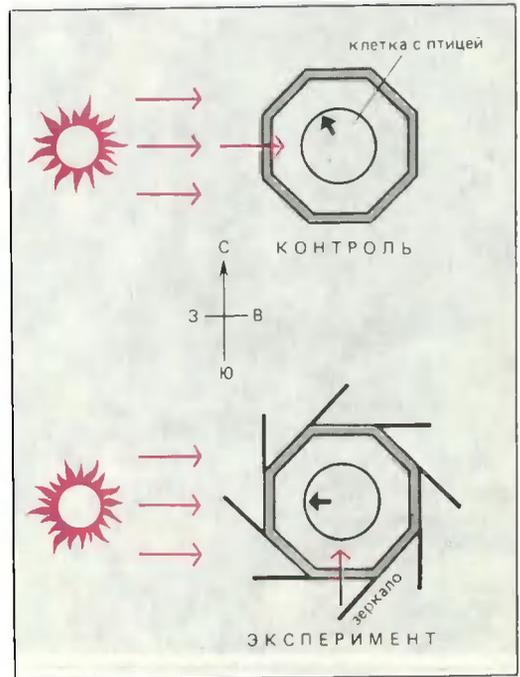


Схема экспериментов Ф. Мура с ночными мигрантами — саванными воробьями. Птицы, помещенные в клетку, из которой видят только небо, двигаются в том же направлении, в котором летят во время сезонного перелета (вверху). Когда с помощью восьми зеркал, установленных за восьмьюгранним барьером, ограничивающим видимость ландшафта, свет от заходящего солнца смещался на  $90^\circ$ , направление движения птиц менялось также почти на  $90^\circ$ .

те не единственные. Еще более убедительные доказательства того, что ночные перелетные птицы ориентируются по солнцу, получил американский исследователь Ф. Мур<sup>7</sup>. В первую очередь он исключил

<sup>6</sup> Лиепа В.— XI Прибалт. орнит. конф. Тез. докл. Таллин, 1983, с. 135.

<sup>7</sup> Moore F. K.— Behav. Ecol. and Sociobiol., 1982, v. 10, p.153.

возможность ориентации по ландшафтным элементам, посадив своих подопытных саванных овсянок (*Passerculus sandwichensis*) в клетки, из которых они могли видеть только небо над головой. При таком ограниченном обзоре овсянки тем не менее правильно выбирали направление миграции. Прямое доказательство роли солнца как ориентира при старте Ф. Мур получил следующим образом. Он установил вокруг клетки с птицами 8 зеркал так, что солнечный закат, видимый в клетке, сместился на  $90^\circ$ . И птицы вслед за ним изменили направление движения почти на такую же величину. Значит, солнце, вернее, те световые явления на небосводе, которые возникают во время заката, позволяют птицам выбрать правильный путь. Но такой вывод получен в экспериментах. Подтверждается ли он в природе?

Если в сезонных перелетах во время старта птицы действительно ориентируются по заходящему солнцу, трасса их полета должна меняться в разные периоды сезона, поскольку изменяется азимут солнца. Анализ кольцевания некоторых видов птиц полностью подтверждает это. Судя по данным Г. Хекстеда и С. Перссона, направление полета зарянок, помеченных на станции отлова в Фолстербо (Швеция), в сентябре и октябре различается достоверно<sup>8</sup>. Весенняя трасса зарянок, за направлением которой во время старта следили К. Б. Большаков и С. П. Резвый, также отличалась в разное время наблюдений<sup>9</sup>. Направление пути пролетающих над Польшей певчих дроздов тоже меняется в зависимости от того, в каком месяце они летят.

Следовательно, и непосредственные наблюдения за перелетами птиц приводят к выводу о том, что в основе стартовой ориентации ночных мигрантов лежит менотаксис. Впервые, исходя из собственных наблюдений, предположение об ориентации птиц по заходящему солнцу высказал голландский орнитолог Д. Влейгель в 1953 г., он же отводил солнцу роль ориентирующего фактора для птиц, стартующих на рассвете<sup>10</sup>. И хотя ориентация по заходящему или восходящему солнцу в принципе мало чем отличается, так как



Молодые аисты, задержанные для участия в эксперименте. Специальные яркие метки позволяют легко следить за их передвижением во время миграции.

основана на менотаксисе (кстати, известном и у других животных), его гипотеза заинтересовала в то время немногих.

Несколько лет назад нам удалось подтвердить ее экспериментально<sup>11</sup>. В этот раз объектом исследования был белый аист. И хотя он стартует несколько позже восхода солнца, предположить, что, согласно гипотезе Д. Влейгеля, он ориентируется по солнцу, вполне естественно. Отлет белых аистов из Латвии заканчивается примерно к 25 августа. Аисты восточноприбалтийской популяции осенью летят в юго-юго-восточном направлении и попадают в Африку, огибая Средиземное море с востока. Если они при выборе миграционного направления используют солнце, задержка отлета аистов с их родины должна привести к отклонению трассы в связи с сезонным изменением азимута восходящего солнца. За два осенних сезона мы задержали 36 молодых аистов, окольцевали

<sup>8</sup> Högstedt G., Persson C.—Die Vogelwarte, 1971, В. 26, S. 86.

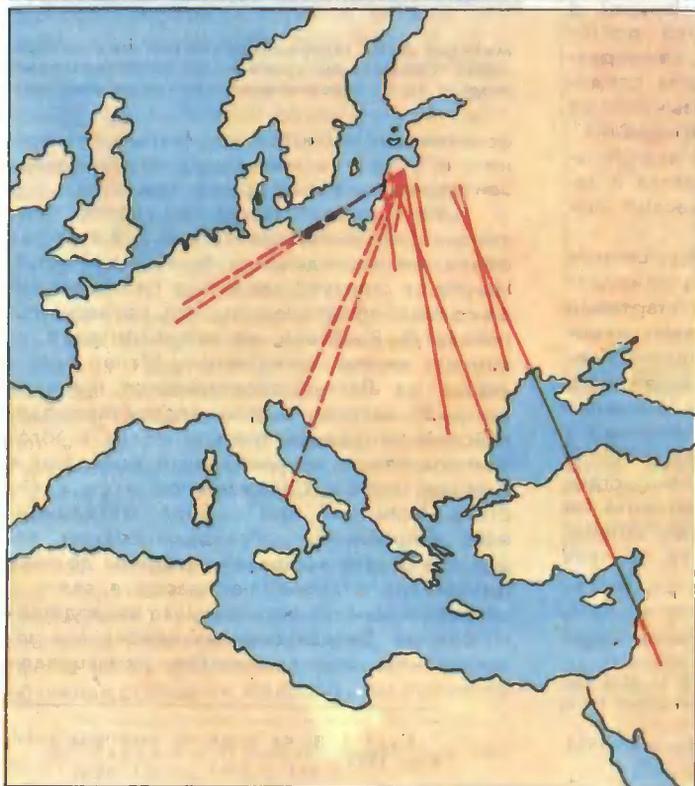
<sup>9</sup> Большаков К. Б., Резвый С. П.—Сообщ. Прибалт. ком. по изуч. миграций птиц, 1977, № 10, с. 119.

<sup>10</sup> Vleugel D. A.—Ornis fennica, 1953, v. 30, p. 41.

<sup>11</sup> Kacs J. B. Kā migrē un orientējas putni. Rīga, 1985.



Клетка с молодыми белыми аистами, отлет которых задержан почти на месяц.



Миграционные пути молодых белых аистов, задержанных от отлета на месяц (показаны пунктирной линией), и обычная осенняя трасса этих птиц. Благодаря врожденной способности двигаться под определенным углом к солнцу, аисты не делают поправки на изменение азимута солнца и потому трасса их полета меняется.

их и почти месяц продержали в клетках. В последних числах сентября их выпустили группами по 2—3 птицы и проследили за их маршрутом.

Анализ встреч этих птиц показывает достоверное отклонение от традиционного маршрута. Так, места встреч птиц на расстоянии от 100 до 400 км от места выпуска находятся в среднем азимуте —  $192^\circ$  (10 находок). Средний азимут для встреч на расстоянии более 400 км составляет  $213^\circ$  (5 находок). В то же время отдельные птицы встречались на трассе повторно, поэтому при подведении итогов мы учитывали только одну наиболее дальнюю встречу. Таким образом, средний азимут всех независимых находок для задержанных аистов —  $200^\circ$  (13 находок). В то же время средний азимут миграции по находкам белых аистов, окольцованных в Латвии птенцами и мигрирующих нормально, составляет  $168^\circ$  (6 находок). Поскольку за время, которое провели разлученные со стаями аисты в клетках, азимут солнца изменился более чем на  $20^\circ$ , мы вправе считать, что аисты, совершающие перелеты только днем, как и типичные ночные мигранты — зарянки, при старте ориентируются по солнцу и, следовательно, им тоже свойствен менотаксис.

При любых ли обстоятельствах птицы используют солнечный компас, или они способны ориентироваться только по солнцу, не закрытому облаками? По нашим наблюдениям, зарянки, например, могут улавливать не превышающие 4—6 % отклонения в равномерности освещенности небесной сферы<sup>12</sup>. Следовательно, при столь высокой чувствительности они могут определять положение солнца и при значительной облачности, а значит, и правильно выбирать миграционное направление.

✦

Большинство исследователей в настоящее время придерживается мнения, что солнце служит компасом как для птиц, мигрирующих в дневное время, так и стартующих при заходе солнца. Есть предположение, что птицам, которые летят ночью, определить направление миграции помогают звезды. Однако такое предположение, на наш взгляд, трудно обосновать.

Если механизмы ориентации по звездам и по солнцу аналогичны, у птиц кроме солнечного компаса должен быть звездный,

основанный на знании карты звездного неба. Наличие двух компасов, конечно, можно допустить, но предположить существование такой карты немислимо: ведь положение звезд на небосводе меняется не только за время миграционного сезона, но даже в течение ночи, отличается оно и на разных географических широтах. Знание столь сложной, постоянно меняющейся звездной карты не может быть генетически запрограммировано. Остается предположить почти невероятное: птицы умеют отыскивать на ночном небосводе Полярную звезду — неподвижную относительно Земли точку, которая, как стрелка магнитного компаса, будет указывать направление на север.

Кроме данных американского брнитолога С. Эмлена, который в 1969 г. провел серию экспериментов, как он считает, доказывающих, что индиговые овсянки (*Passerina cyanea*) все-таки могут ориентироваться по звездам, отыскивая точку, через которую проходит ось вращения звездной сферы<sup>13</sup>, нет других убедительных данных, подтверждающих его выводы. Мало того, известные факты лишней раз опровергают его выводы. В ночные часы птицы мало чувствительны к облачности, скрывающей звезды, а начало полета ночных мигрантов приходится на период, во время которого на небосводе различимы лишь планеты и наиболее яркие звезды — ситуация довольно сложная для ориентации по звездам. Больше того, в гораздо более выгодное, казалось бы, для них время — с окончанием вечерних сумерек — старты ночных мигрантов прекращаются.

В настоящее время правильную ориентацию птиц в отсутствие астрономических ориентиров некоторые орнитологи объясняют способностью птиц использовать какой-то невидимый источник информации. Например, западногерманский исследователь В. Вилчко считает, что птицы ориентируются по магнитному полю Земли, причем для них имеет значение не полярность поля, а угол между вектором поля и направлением действия силы тяжести<sup>14</sup>. Магнитный компас, считает В. Вилчко, у птиц основной, а солнечный и звездный — дополнительные.

Хотя чувствительность к магнитным полям обнаружена не только у птиц, с которыми экспериментирует В. Вилчко, но и

<sup>12</sup> Кац Е. Б., Вилкс Е. К.— Зоол. ж., 1981, т. 8, с. 1222.

<sup>13</sup> Emlen S. T.— Science, 1970, v. 170, p. 1198.

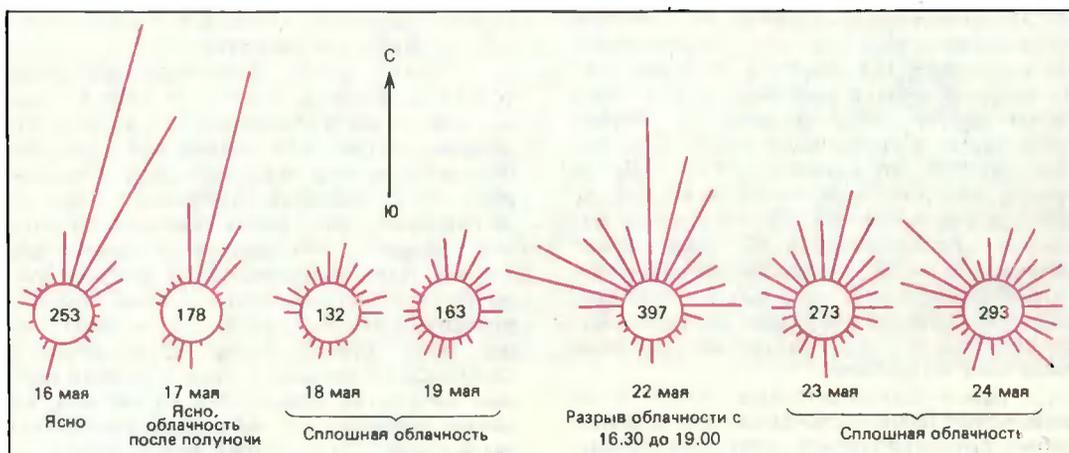
<sup>14</sup> Wiltshko W.— Trends in NeuroSciences, 1980, June, p. 140.

у животных других классов, орнитологи, изучающие миграцию птиц в природных условиях, относятся к магнитной ориентации достаточно скептически. Если бы птицы пользовались магнитным компасом, направление их трассы не зависело бы от погоды, но в действительности они слишком часто теряют ориентацию при облачном небе, и после нескольких суток сплошной облачности им бывает достаточно небольшого прояснения перед стартом, чтобы ориентация значительно улучшилась.

Гипотеза ориентации мигрирующих

тельные ориентиры — ветер, ландшафтные признаки, рисунок морских волн.

Итак, роль солнца как ориентира при старте перелетных птиц большинством орнитологов не оспаривается. В качестве основы для такой ориентации они признают менотаксис — врожденную способность двигаться под определенным углом к ориентиру. Существующие сейчас представления об ориентации — результат более чем тридцатилетних лабораторных и полевых экспериментов и еще более длительных наблюдений в природе.



**Ориентация птиц во время весенней миграции при разной видимости солнца (по данным радиолокации). Линии, исходящие из каждого круга, соответствуют направлению полета птиц, а длина линии пропорциональна количеству птиц, летящих в этом направлении. Цифры в кругах обозначено количество наблюдаемых радиолокатором птиц. Видно, что ориентация птиц, стартующих вскоре после заката, зависит от видимости солнца. [По: Emlen S. T.— XVII Congr. int. ornithol. B., 1980, p. 553].**

птиц во время старта по заходящему или восходящему солнцу, возникшая в начале 50-х годов, подкрепляется в настоящее время многими фактами. Однако необходимо помнить, что по любому компасу — солнечному ли, признанному большинством специалистов, звездному или магнитному — птицы лишь выбирают направление полета. Чтобы сохранить выбранное направление во время длительной миграции и достигнуть места зимовки или гнездования, кроме компаса, необходимо иметь карту. Что служит картой мигрирующим птицам, пока совершенно неясно. Отчасти, ориентации во время полета способствуют инерционная память и вспомога-

Попытки экспериментально выявить стартовые ориентиры и расшифровать механизм ориентации во время сезонных перелетов ведутся во многих орнитологических лабораториях разных стран мира, в том числе и нашей страны. Тем не менее и до сих пор неясного здесь пока больше, чем твердо установленного. Главная проблема, видимо, в том, что исследователи имеют дело со сложной формой поведения биологического объекта, из которой почти невозможно вычленить составные части, обуславливающие сам механизм ориентации.

С помощью современной радиолокационной техники и методов математического анализа получены результаты, на основе которых сложилось убеждение, что механизм ориентации перелетных птиц весьма пластичен. Значит, снова вопрос: сколь точны и полны современные знания о способах ориентации перелетных птиц? Обнаружить и описать «навигационные приборы», с помощью которых птицам удается попасть в места зимовок или гнездований, еще предстоит.

## Электронные возбуждения и дефекты в кристаллах

Н. А. Витовский, М. А. Эланго



Николай Александрович Витовский, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе АН СССР. Научные интересы связаны в основном с исследованием механизмов образования дефектов в полупроводниках.



Март Александрович Эланго, доктор физико-математических наук, заведующий сектором рентгеновской спектроскопии Института физики АН ЭстССР, профессор кафедры физики твердого тела Тартуского государственного университета. Область научных интересов — взаимодействие излучений с твердым телом.

Кристаллы обычно представляют как идеально упорядоченные структуры. И действительно, в реальных кристаллах огромное большинство атомов находится в узлах кристаллической решетки, размещенных в строгой периодической последовательности. Такие атомы называют регулярными. Лишь ничтожно малая доля атомов расположена там, где это не предусмотрено строением решетки: отдельные атомы попадают в пространство между узлами; напротив, некоторые узлы вообще не заняты (такие узлы именуют вакансиями). Кроме того, в кристаллах могут присутствовать чужеродные (примесные) атомы.

Оказывается, однако, что дефекты структуры, несмотря на малое их ко-

личество (скажем, один на миллиард регулярных атомов), сильно влияют на физические свойства, а часто и полностью определяют важнейшие характеристики материалов, такие как электропроводность, оптические параметры (включая цвет), прочность и т. д.

Значительные изменения структуры кристаллов происходят под действием ядерных излучений<sup>1</sup>. При этом кардиналь-

<sup>1</sup> Под ядерными излучениями обычно понимают потоки быстрых частиц, например: нейтронов, протонов, электронов,  $\alpha$ -частиц, осколков деления ядер, а также рентгеновских лучей и  $\gamma$ -квантов.

но меняются многие свойства твердых тел — они становятся хрупкими, прозрачные кристаллы и стекла превращаются в мутные или окрашенные, полупроводниковые приборы перестают работать и т. д. Все это обусловлено тем, что под действием радиации в твердых телах создаются новые и преобразуются существующие дефекты кристаллической решетки.

При строительстве атомных (а в будущем — термоядерных) реакторов, конструировании оптических систем, управляющих и контролирующих приборов, предназначенных для работы как в земных условиях, так и в космосе, обязательно должны учитываться изменения, которые произойдут в них в процессе работы. С другой стороны, создание при облучении определенных, строго дозированных дефектов структуры используется как эффективный технологический прием для получения материалов с заданными свойствами<sup>2</sup>.

### МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ

Дефекты, возникающие в кристаллах под действием излучений (так называемые радиационные дефекты), могут быть весьма разнообразными. Однако элементарный акт, с которого начинается образование любого радиационного дефекта, почти всегда одинаков — это выход какого-либо регулярного атома из узла кристаллической решетки. В результате этого в кристалле возникает собственный (не примесный) межузельный атом и вакансия, или пара Френкеля, названная так в честь Я. И. Френкеля, который ввел понятие такого дефекта.

В настоящее время не вызывает сомнений, что механизмы смещения атомов с образованием пар Френкеля для разных веществ и излучений различны. В то же время один из них универсален и действует во всех материалах. Это механизм упругих смещений. При упругом рассеянии бомбардирующих ядерных частиц с массой  $m$  и энергией  $E$  неподвижным атомом кристаллической решетки с массой  $M$  ему передается некоторая энергия  $T$ . Если эта энергия превышает определенную величину  $E_d$  (пороговую энергию смещения), то регулярный атом может выйти из своего

узла и образовать пару Френкеля. Энергия  $E_d$  меняется для разных материалов в пределах 10—100 эВ. Она значительно больше энергии самодиффузии — процесса, также начинающегося с рождения пары Френкеля, но медленного (теплого). Энергия  $E_{см}$ , необходимая для этого, как правило составляет 1—5 эВ. При диффузии атом смещается сравнительно медленно (за время порядка периода собственных колебаний атомов решетки  $\tau_0 \approx 10^{-13}$  с) и пара Френкеля образуется лишь в редких случаях, когда колеблющиеся соседние атомы расходятся в стороны, «уступая дорогу» выходящему из узла атому. Ядерная же частица выбивает атом за время, много меньшее, чем  $10^{-13}$  с. При этом вероятность того, что расположение окружающих атомов случайно окажется благоприятным для смещения данного атома, ничтожно мала и он летит, «не разбирая дороги и расталкивая соседей». На это и расходуется энергия  $E_d$ . Поскольку для рассеяния справедливы законы сохранения энергии и импульса, налетающая частица обычно передает атому кристалла лишь небольшую часть своей энергии, зависящую от угла рассеяния и соотношения масс  $m$  и  $M$ . Так, чтобы частица могла сообщить атому энергию  $T \geq E_d$  и, следовательно, породить пару Френкеля, она должна иметь энергию не меньше, чем

$$E'_d = E_d \cdot (m+M)^2 / 4mM.$$

Отсюда следует, что если масса частицы невелика ( $m \ll M$ ), то создать пару Френкеля она способна, только обладая энергией  $E'_d \gg E_d$ . Для нейтронов или протонов  $E'_d$  составляет 1—10 кэВ, электроны же образуют пары Френкеля за счет упругого выбивания атомов только при энергии в сотни килоэлектронвольт. Рентгеновские и  $\gamma$ -кванты слабо взаимодействуют с ядрами, но могут порождать быстрые электроны в твердом теле благодаря фотоионизации атомов, комптоновскому рассеянию или рождению электрон-позитронных пар<sup>3</sup>. Эти электроны,

<sup>3</sup> При фотоионизации атом, поглощая квант излучения, превращается в положительный ион, а энергия излучения передается электрону, вылетающему из атома. Комптоновское рассеяние электромагнитного излучения, в отличие от фотоионизации, сопровождается передачей электрону атома лишь части энергии кванта излучения, так что излучение изменяет длину волны. При рождении пары энергия и импульс кванта передаются (в кулоновском поле ядра атома) электрону и позитрону.

<sup>2</sup> См. также: Калашников Н. П., Трушин Ю. В. Энергетика — излучения — кристаллы. — Природа, 1985, № 8, с. 24.

в свою очередь, выбивают атомы кристаллической решетки с их мест. Конечно, для этого энергия квантов также должна быть порядка сотен килоэлектронвольт<sup>4</sup>.

Упругое выбивание атомов — отнюдь не единственный способ образования пар Френкеля в твердых телах. В ионных кристаллах и некоторых полупроводниках эти пары могут возникать в результате возбуждений их электронной подсистемы. Известно несколько типов электронных возбуждений в кристаллах. Это, например, экситоны (о них речь пойдет ниже), плазмоны (коллективные колебания системы электронов кристалла), а также возбуждения электронных оболочек отдельных атомов. Электронные возбуждения создаются из-за взаимодействия электронных оболочек атомов кристалла с бомбардирующими заряженными частицами или квантами излучения, энергия которых превышает ширину запрещенной зоны  $E_g$  (в полупроводниках и диэлектриках колеблющейся от долей электронвольта до нескольких электронвольт)<sup>5</sup>. Ионизация и возбуждение атомов обычно в тысячи раз вероятнее, чем их упругое рассеяние с передачей энергии  $T \geq E_d$ . Как же они приводят к нарушению структуры кристалла?

Если энергия  $E_e$  электронного возбуждения достаточно велика и его время жизни  $\tau$  возле одного узла решетки больше  $\tau_0$ , то атом может получить от этого возбуждения энергию, необходимую для рождения пары Френкеля (поскольку в этом акте участвуют соседние атомы, закон сохранения импульса легко выполняется). Как оказалось, для этого достаточно, чтобы энергия  $E_e$  превосходила энергию теплового рождения пары ( $E_{cm} < 5$  эВ). В таких процессах дефекты в кристаллах могут возникать уже при энергиях  $E_e < E_d$ , поэтому эти процессы часто называют подпороговыми. В частности, как давно известно, при облучении щелочногалоидных кристаллов (напоминающих кристаллы по-

варенной соли) мягким рентгеновским и даже ультрафиолетовым излучением в них образуются вакансии, что проявляется в удивительно красивом эффекте, наблюдаемом невооруженным глазом, — окрашивании облучаемых образцов<sup>6</sup>. Для многих полупроводников подобное облучение вызывает серьезное изменение электрических и фотоэлектрических свойств.

Конкретные механизмы распада электронных возбуждений, приводящего к рождению пар Френкеля, могут быть различными. Знать их необходимо для того, чтобы понимать, прогнозировать и целенаправленно регулировать изменения свойств кристаллов при облучении. Ниже кратко рассказывается о трех основных типах таких механизмов, различающихся видами неустойчивости атомов в месте возникновения электронного возбуждения.

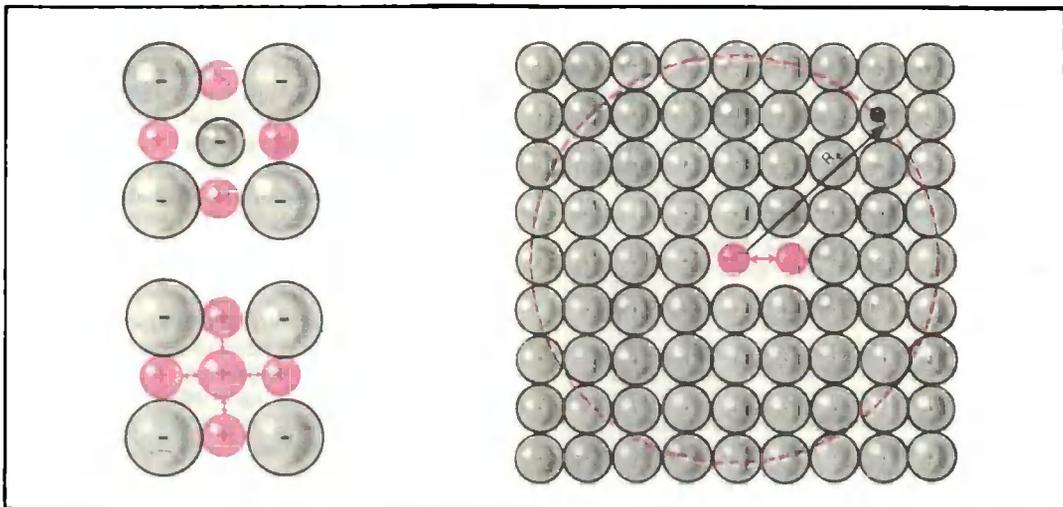
### ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ

Если в кристалле каким-либо образом созданы два расположенных рядом одноименных электрических заряда, то они отталкиваются друг от друга, и если сила отталкивания превышает упругую силу, препятствующую их взаимному смещению, они (или один из них) продолжают двигаться дальше. Давно известно, что такой механизм (кулоновский взрыв) играет важную роль при разрушении ионизованных свободных молекул. В 1954 г. английский физик Дж. Варли установил, что такая ситуация может встречаться и в облучаемых ионных (например, щелочногалоидных) кристаллах. Их кристаллическая решетка состоит из чередующихся анионов ( $X^-$ ) и катионов ( $M^+$ ). Если анион, находящийся в узле решетки, теряет из-за взаимодействия с излучением два или больше электронов и приобретает положительный заряд, то на него начинают действовать силы отталкивания со стороны окружающих катионов и он может сместиться в межузельное положение. Такой механизм образования дефектов мог бы играть заметную роль при облучении ионных кристаллов рентгеновскими лучами и электронами с энергиями от десятков электронвольт. Дело в том, что положительный заряд аниону приобрести очень просто — достаточно лишь однократно ионизовать любую из его внутренних элект-

<sup>4</sup> Подробнее об этом механизме создания дефектов в твердых телах см., напр.: Орлов А. Н., Трушин Ю. В. Моделирование на ЭВМ радиационных дефектов и процессов в кристаллах. — Природа, 1983, № 10, с. 34; Томпсон М. Дефекты и радиационные повреждения в металлах. М., 1963.

<sup>5</sup> Ширина запрещенной зоны — диапазон значений энергии, которые не может принимать электрон в идеальном кристалле, иными словами, минимальная энергия, которую надо сообщить электрону, чтобы он получил возможность свободно перемещаться по кристаллу.

<sup>6</sup> Одними из первых его подробно описали К. Рентген и А. Ф. Иоффе в 1921 г.



Природа электростатической неустойчивости. В ионных кристаллах (слева) наблюдается строгое чередование положительных катионов и отрицательных анионов, так что в идеальной решетке (вверху) все они электростатически уравновешены. При облучении (внизу) один из анионов (отмечен цветом) может лишиться двух или большего числа электронов и превратиться на некоторое время в катион, отталкивающийся от расположенных симметрично соседних катионов. При этом его положение в кристаллической решетке становится неустойчивым. В атомном кристалле полупроводника (справа), содержащего так называемые мелкие доноры (примесные атомы, валентные электроны которых слабо связаны с остовом и движутся по орбитам большого радиуса  $R_0$ , значительно превышающего межатомное расстояние), электростатическая неустойчивость проявляется более ярко. На расстояниях меньше  $R_0$  мелкий донор ведет себя как катион, окруженный нейтральными регулярными атомами. Если находящийся рядом с ним нейтральный атом превратится в катион, то два одноименных заряда будут отталкиваться вдоль выделенного направления, соединяющего их центры.

ронных оболочек, как в результате перестройки электронной системы из него вылетят несколько электронов.

Этот механизм долго считали основным для образования радиационных дефектов в ионных кристаллах, однако прямые эксперименты с использованием монохроматического рентгеновского излучения показали, что его вклад пренебрежимо мал<sup>7</sup>. Причина этого — плотная «упаковка» ионов и высокая симметрия окружения каждого из них в кристаллической решетке. В таких условиях потерявший несколько электронов анион за сравнительно короткое время (примерно  $10^{-14}$  с, что гораздо

меньше  $\tau_0$ ), в течение которого он сохраняет приобретенный положительный заряд, не в состоянии покинуть занимаемый им узел решетки. Образно говоря, он «не знает», в каком направлении ему двигаться (они все равноправны), и пока «выбирает», просто-напросто утрачивает свой положительный заряд, захватывая недостающие электроны.

Впрочем, электростатическая неустойчивость может привести к образованию дефектов, если в решетке появляется некоторое выделенное направление преимущественного отталкивания ионов. В частности, такая ситуация возникает, если ионизируется атом регулярной решетки, находящийся рядом с положительно заряженным ионом примеси<sup>8</sup>.

Этот механизм генерации пар Френкеля к настоящему времени сравнительно хорошо изучен и получил название примесно-ионизационного механизма (ПИМ). Он допускает наглядную интерпретацию, поэтому для него мы и рассмотрим образование пар Френкеля под действием электронных возбуждений, связанных с электростатической неустойчивостью.

Допустим, что облучению подвергается атомный кристалл полупроводника (германия, кремния, алмаза и т. п.), содержащий примесь атомов элементов V группы таблицы Менделеева. Такие атомы, называемые мелкими донорами, имеют один слабо связанный электрон на орбите большого радиуса  $R_0 > a$  ( $a$  — межатомное

<sup>7</sup> Саар А. М.-Э., Эланго М. А.— Физ. тв. тела, 1970, т. 12, с. 2993.

<sup>8</sup> Карпов В. Г., Клиггер М. И.— Физ. и техн. полупр., 1978, т. 12, с. 1887.

расстояние). На расстояниях, близких к  $a$ , мелкий донор проявляет себя как катион. Если теперь рядом с ним (на расстоянии  $r \approx a$ ) произойдет ионизация глубокой оболочки регулярного атома кристалла и этот атом станет, как отмечалось, на некоторое время катионом, то между двумя катионами возникнет сила отталкивания, под действием которой один из них может покинуть свой узел решетки.

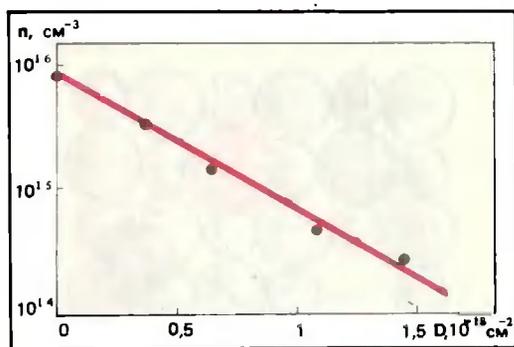
В эксперименте такой процесс сказывается в уменьшении концентрации мелких доноров при облучении образца, поскольку примесный атом перестает быть мелким донором в обоих случаях: и тогда, когда он сам выталкивается из узла, и тогда, когда он выталкивает из узла собственный атом, на месте которого образуется вакансия. Этот механизм может действовать и в полупроводниках более сложного состава, причем в роли мелких доноров выступают примесные атомы разных элементов. Впервые рассматриваемый процесс наблюдали в антимониде индия<sup>9</sup>. Эксперименты показали, что облучение его рентгеновскими лучами с энергией меньше  $E_d$  приводит к рождению дефектов со скоростью, пропорциональной концентрации свободных доноров (в полном соответствии с примесно-ионизационным механизмом).

Вообще говоря, наиболее удобны для наблюдения ПИМа такие условия, когда его не маскируют другие механизмы образования пар Френкеля, в частности механизм упругих смещений. Однако при больших концентрациях мелких доноров (для германия — свыше  $10^{17} \text{ см}^{-3}$ ) ПИМ экспериментально выделяется даже на фоне механизма упругих смещений (при энергии  $\gamma$ -квантов, значительно превышающей  $E_d$ )<sup>10</sup>.

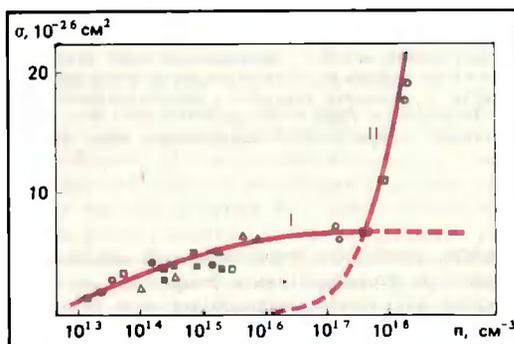
Итак, в настоящее время не вызывает сомнений, что электростатическая неустойчивость может вызывать появление радиационных дефектов в твердых телах, и прежде всего в полупроводниках с примесями.

## ЭКСИТОННАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ

Одним из основных типов электронных возбуждений в кристаллах являются экситоны — нейтральные квазичастицы, представляющие собой связанные состоя-



Зависимость концентрации  $n$  активных доноров от дозы  $D$  рентгеновского излучения с энергией квантов меньше  $E_d$  в антимониде индия (InSb). Поскольку при образовании дефекта уничтожается один активный донор, экспоненциальный спад величины  $n$  с ростом дозы облучения свидетельствует о строгой пропорциональности между скоростью образования дефектов и концентрацией активных доноров. Именно этот экспериментальный результат лежит в основе теории примесно-ионизационного механизма образования дефектов в кристаллах.



Зависимость сечения  $\sigma$  образования дефектов в кристалле германия при облучении  $\gamma$ -лучами высокой энергии от концентрации различных донорных примесей. Экспериментальные значения для разных примесных атомов показаны разными символами. Кривая I — результат расчета для механизма упругих смещений, кривая II — для примесно-ионизационного механизма. Видно, что при малых концентрациях для всех видов мелких доноров дефекты образуются в основном за счет упругих смещений атомов, а при больших — за счет примесно-ионизационного механизма.

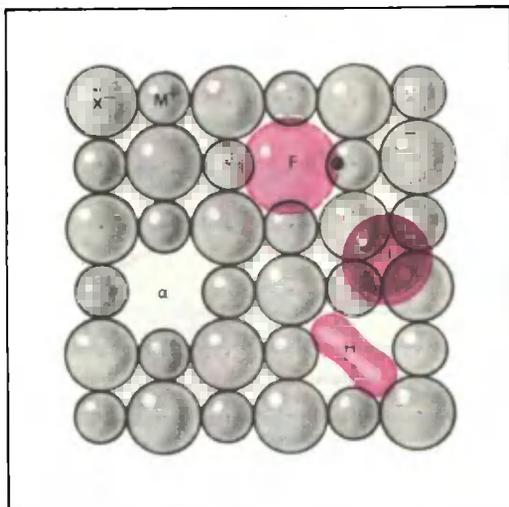
ния электронов и дырок. Благодаря кулоновскому взаимодействию между электроном и дыркой энергия экситона ниже, чем их энергия в свободном состоянии.

В щелочногалогидных кристаллах (ЩГК)<sup>11</sup>, относящихся к классу ионных крис-

<sup>9</sup> Абдуллаев А. и др.— Там же, 1975, т. 9, с. 68.

<sup>10</sup> Емцев В. В. и др.— Там же, 1979, т. 13, с. 933.

<sup>11</sup> Типичный их представитель — упоминавшаяся поваренная соль (NaCl).



Схематическое изображение атомной плоскости в щелочногалогидном кристалле и различных видов радиационных дефектов:  $X^-$  — анион галогена;  $M^+$  катион щелочного металла;  $\alpha$ -центр — анионная вакансия; I-центр — межузельный ион галогена [выступает над показанной плоскостью]; H-центр — молекулярный ион  $X_2^-$ , занимающий один узел решетки [где должен располагаться регулярный анион]; F-центр — анионная вакансия с локализованным на ней электроном. Пара F—H представляет собой нейтральную, а пара  $\alpha$ —I — заряженную пару Френкеля.

таллов, наиболее эффективный механизм создания радиационных дефектов — это распад экситонов, возникших при облучении, на пары Френкеля.

Последние встречаются в ЦГК в заряженной и нейтральной формах. Заряженная пара, оба компонента которой имеют эффективный электрический заряд, состоит, например, из анионной вакансии (называемой  $\alpha$ -центром) и межузельного аниона галогена (I-центра).

Соответствующая нейтральная пара Френкеля — это анионная вакансия с захваченным электроном (F-центр) и межузельный атом галогена, образующий вместе с одним из соседних регулярных ионов галогена квазимолекулу  $X_2^-$ , расположенную в одном узле решетки (H-центр). Компоненты этих пар как бы дополняют друг друга — при их рекомбинации (воссоединении) восстанавливается идеальная решетка. Примечательно, что анионные пары Френкеля в ЦГК обуславливают селективные полосы поглощения излучения в той области спектра, для которой бездефектные кристаллы совершенно прозрачны. Это позволяет исследовать их срав-

нительно простыми и чувствительными оптическими методами и даже невооруженным глазом (выше упоминалось о том, что эти кристаллы при облучении приобретают характерную окраску).

Экспериментальное изучение образования и эволюции дефектов в кристаллах NaCl при их облучении в ядерном реакторе мягким рентгеновским и ультрафиолетовым излучением, создающим электронно-дырочные пары, показало, что в разных условиях эксперимента преимущественно возникают одинаковые дефекты<sup>12</sup>. Значит, при низких энергиях основную роль в возникновении радиационных дефектов играет именно этот тип электронных возбуждений.

Так родилась высказанная независимо рядом исследователей в различных странах гипотеза о том, что главным элементарным процессом радиационного дефектообразования в ЦГК является распад экситонов на анионную пару Френкеля<sup>13</sup>.

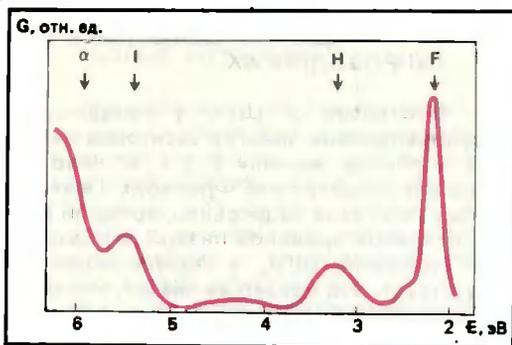
Вскоре это предположение подтвердилось экспериментально. Оказалось, что облучение ЦГК приводит к образованию F- и H-центров, а при температурах жидкого гелия наряду с ними появляются и менее устойчивые пары  $\alpha$  — I. Наблюдался и уникальный для твердых тел процесс, обратный распаду экситонов на дефекты, — возникновение экситонов, сопровождавшееся характерной люминесценцией. Таким образом, пара близко расположенных F- и H-центров выступает как своеобразное состояние экситона.

Расстояние между компонентами пары Френкеля, рожденной в результате распада экситона, может быть различным. Для «близких» пар оно составляет 1—2 постоянных решетки. Но существуют и весьма «далекие» пары, в которых это расстояние в несколько раз больше. Именно с ними связаны устойчивые нарушения кристаллической решетки, поэтому механизм их возникновения вызывает особый интерес. В некоторых случаях (в кристаллах KBr, KCl, RbBr), такие пары «разлетаются» уже при температуре 2 К, в других же кристаллах (NaCl, KI) для этого необходима энергия порядка 0,1 эВ, так что пары «выживают» при температурах до 100 К.

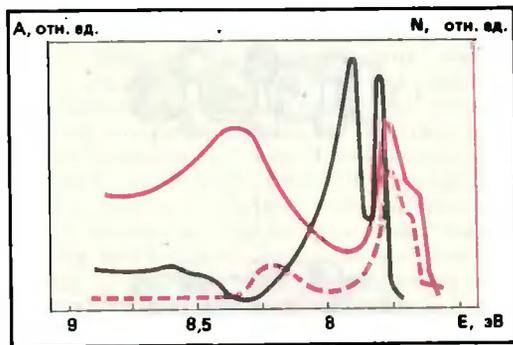
Важная информация о распаде экситона на дефекты получена с помощью лазерной техники. Установлено, в частности,

<sup>12</sup> Лущик Ч. Б., Лийдья Г. Г., Эланго М. А. — Физ. тв. тела, 1964, т. 6, с. 225-6.

<sup>13</sup> Лущик Ч. Б., Витол И. К., Эланго М. А. — Усп. физ. наук, 1977, т. 122, с. 223.



Зависимость величины оптической плотности  $G$  кристалла бромистого калия от энергии  $E$  рентгеновских лучей. Пики на кривой отвечают максимумам, или полосам, поглощения, связанным с различными видами дефектов ( $\alpha$ -,  $I$ -,  $H$ - и  $F$ -центрами соответственно).  $F$ -полоса находится в видимой области спектра (облученные кристаллы приобретают характерную окраску), остальные полосы — в ультрафиолетовом диапазоне.



Зависимость коэффициента поглощения  $A$  (черная кривая) и скорости  $N$  образования пар  $F-H$  (сплошная цветная кривая) и  $\alpha-I$  (пунктир) от энергии  $E$  ультрафиолетового излучения в кристалле хлористого калия при температуре 4,2 К. Острые пики на кривой поглощения при малых значениях  $E$  соответствуют созданию экситонов, при распаде которых и образуются пары Френкеля.

что пары образуются за 10—20 пс (это в десятки раз больше характерного времени  $\tau_0$ ), причем гораздо эффективнее, если экситоны дополнительно возбуждают лазерным излучением<sup>14</sup>.

Эти и многие другие накопленные на сегодняшний день экспериментальные данные приводят к выводу о том, что рождение пар Френкеля представляет собой (наряду с излучением и выделением тепла) один из каналов распада экситона после его автолокализации. Такая способность останавливаться и локализоваться в регулярной решетке (без помощи структурных дефектов) характерна для экситонов в некоторых твердых телах, в том числе ЩГК. Автолокализация происходит, если взаимодействие экситонов с колебаниями решетки (фононами) настолько сильно, что вокруг него ионы значительно отклоняются от положений равновесия. В результате экситон как бы «копает себе яму», передавая решетке часть своей энергии и теряя возможность двигаться.

Для судьбы автолокализованного экситона в ЩГК исключительно важно, что его энергия сравнима с энергией пар Френкеля. Так, энергия пары  $F-H$  больше энергии его основного (нижнего) состояния, но меньше энергий возбужденных состояний<sup>15</sup>. Поэтому экситон в возбужденном со-

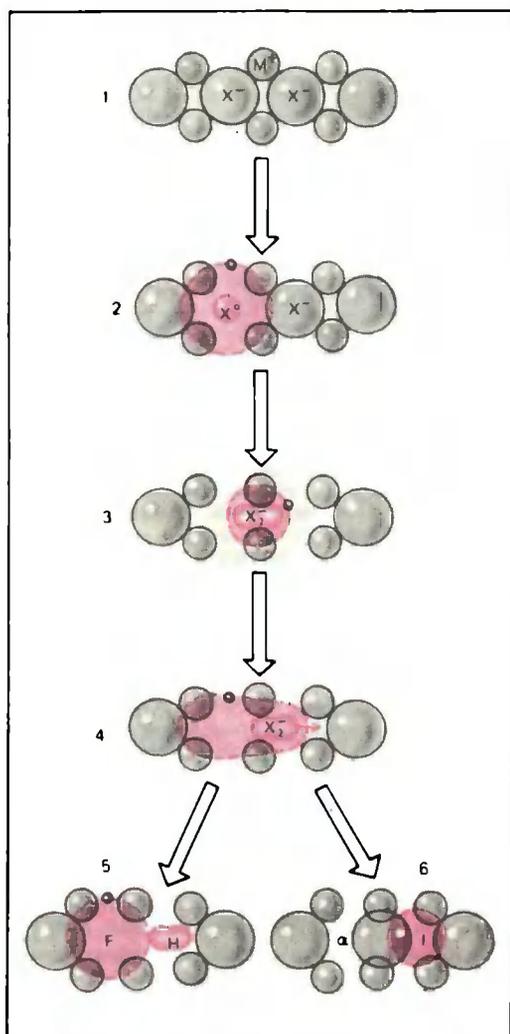
стоянии может распасться на пару  $F-H$ , а при рекомбинации этой пары — «возродиться» в основном состоянии.

В некоторых состояниях автолокализованный экситон совершает своеобразные колебания. Из-за взаимодействия с окружающими ионами входящая в состав экситона квазимолекула  $X_2^+$ , расположенная в двух узлах решетки, смещается в один узел (вероятность такого события, естественно, тем выше, чем больше время жизни экситона в нужном состоянии). Если при этом электрон экситона остается связанным с образующейся вакансией, возникает пара  $F-H$ , если же он «следует» за квазимолекулой, образуется пара  $\alpha-I$ . Какой из этих путей «выбирает» распадающийся экситон, решается, по видимому, на промежуточной стадии процесса, когда энергии обеих пар одинаковы. При дальнейшем смещении квазимолекулы энергия заряженной пары оказывается меньше энергии нейтральной, так что становится возможной перезарядка последней, иными словами, пара  $F-H$  может превращаться в пару  $\alpha-I$ .

Экситонный механизм рождения дефектов имеет место и в кристаллах некоторых других типов. В тех случаях, когда одному экситону «не под силу» образовать пару Френкеля, энергия заимствуется одновременно у двух экситонов. Это происходит при высокой плотности экситонов: в треках тяжелых заряженных частиц или при облучении кристаллов сильноточными (интенсивными) пучками электронов.

<sup>14</sup> Итон Н.— *Advances in Physics*, 1982, v. 31, p. 491.

<sup>15</sup> Эланго М. А.— *Физ. тв. тела*, 1975, т. 17, с. 2356.



Стадии распада экситона на пары Френкеля в щелочногалогидном кристалле. В регулярной решетке [1] при поглощении излучения [2] возникает экситон, состоящий из остова  $X^0$  аниона галогена  $X^-$  и электрона (черный кружок) на орбите большого радиуса (пунктир). При автолокализации экситона [3] образуется возбужденная система, состоящая из квазимолекулы  $X^0$  и «общественного» электрона, принадлежавшего экситону. В результате взаимодействия с окружающими ионами квазимолекула смещается в направлении, указанном цветной стрелкой, и занимает один узел решетки, а электрон остается связанным с возникающей анионной вакансией [4]. Если электрон и далее сохраняет связь с этой вакансией, создается нейтральная пара Френкеля  $F-H$  [5], если же он «связывает свою судьбу» с квазимолекулой, то образуется заряженная пара  $\alpha-I$  [6]. Область локализации электрона отмечена цветом.

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ И ДЕФЕКТОВ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

В отличие от ЦГК, у большинства полупроводников энергия экситонов около 1 эВ и обычно меньше  $E_{см}$ , т. е. недостаточна для создания пар Френкеля. Поэтому распад экситонов на дефекты, который служит основной причиной низкой радиационной стойкости ЦГК, в полупроводниках отсутствует. Это однако не значит, что экситоны вообще не влияют на процессы образования дефектов в полупроводниках. Так, энергия, необходимая для рождения или преобразования дефекта, при наличии электронного возбуждения меньше, чем в невозбужденном кристалле<sup>16</sup>. Если появляющийся (предположим, за счет тепловой флуктуации) дефект способен захватить электрон или дырку, созданные, например, светом, то вероятность появления дефекта оказывается на свету выше, чем в темноте. Другими словами, даже видимый свет, не создавая дефектов самостоятельно (при абсолютном нуле температуры), помогает их тепловому рождению.

Развитие этих представлений привело к обнаружению и объяснению новых явлений в полупроводниках: собственно-дефектной проводимости, стехиометрической самокомпенсации и т. д. Скажем, стехиометрическая самокомпенсация — образование дефектов, захватывающих электроны проводимости, — обуславливает необычное поведение некоторых полупроводников. В частности, с ростом температуры их проводимость может не увеличиваться, как обычно, а уменьшаться. Такого рода эффекты наблюдались в различных полупроводниках — закиси меди, сульфидах кадмия, свинца, цинка и т. п. Иногда они вызваны перестройкой уже имеющихся дефектов, причем носители тока могут захватываться дефектами как в основном, так и в возбужденных состояниях.

К таким явлениям относится и радиационное стимулирование диффузии. Его суть в том, что в присутствии радиационных электронных возбуждений диффузия дефектов в твердых телах протекает значительно (в десятки раз) быстрее, чем в равновесном состоянии. Это явление играет главную роль в порче различных полупроводниковых приборов при облучении.

<sup>16</sup> Винецкий В. Л., Холодарь Г. А. Статистическое взаимодействие электронов и дефектов в полупроводниках. Киев, 1969.

## РАЗНЫЕ КРИСТАЛЛЫ И ЭНЕРГИИ — РАЗНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Представления об элементарных актах создания и перестройки дефектов кристаллической структуры при участии электронных возбуждений имеют принципиальное значение для физики твердого тела. Речь идет о неизвестном ранее способе передачи энергии от электронной в ядерную подсистему кристаллов.

В самом деле, электронные возбуждения могут не только испускать электромагнитное излучение в виде люминесценции или тепла, передавая небольшие порции энергии всей решетке кристалла в целом, как предполагали до недавнего времени, но и эффективно взаимодействовать с отдельными атомами или их группами, инициируя большие (в атомном масштабе) их смещения и перестройку локальной атомной конфигурации кристалла.

Несмотря на различие микроскопических механизмов распада электронных возбуждений на дефекты решетки, имеются два общих условия, выполнение которых необходимо для распада. Прежде всего, это возбуждение должно быть достаточно долго локализовано и обладать симметрией ниже симметрии регулярной решетки, т. е. должны существовать выделенные направления движения атомов, в которых возможно их значительное смещение. Во-вторых, необходимо, чтобы энергия возбуждения превышала энергию дефекта.

Чрезвычайно важно, что в этих процессах (благодаря взаимодействию многих атомов) закон сохранения импульса всегда выполняется и почти вся энергия возбуждения может быть передана атому. В результате этого дефекты могут возникать в кристаллах под действием излучения малой энергии.

Сегодня не вызывает сомнений справедливость весьма общего утверждения о том, что возбуждение электронной подсистемы в полупроводниках и ионных диэлектриках не только приводит к перераспределению электронов между уровнями энергии, как считалось долгое время, но и изменяет сам спектр этих уровней, связанных с дефектами кристаллической решетки. Об этом нельзя забывать при анализе и прогнозировании свойств электрических изоляторов, полупроводниковых приборов, оптических элементов различных устройств и т. д., испытывающих на себе действие радиации.

Эффективность конкретных механизмов образования дефектов различна в

разных кристаллах и сильно зависит от вида и энергии бомбардирующих частиц.

Экситонный механизм доминирует над всеми другими в ШГК при облучении их ультрафиолетовыми, рентгеновскими и  $\gamma$ -лучами, а также электронами всех энергий. Даже при облучении тяжелыми заряженными частицами высоких энергий, когда механизм упругих смещений проявляется вполне отчетливо, экситонный остается основным, поскольку в треках этих частиц создается много электронных возбуждений.

В полупроводниках энергия экситонов, как отмечалось, значительно меньше, чем в ШГК, и не превышает величины  $E_{cm}$ . Поэтому экситонный механизм в них относительно малоэффективен. При высокой энергии излучения чаще всего главным в них становится механизм упругих смещений, хотя в полупроводниках с большой концентрацией доноров может преобладать примесно-ионизационный механизм. В области же малых энергий в полупроводниках примесно-ионизационный механизм оказывается практически единственным способом генерации пар Френкеля.

В заключение попытаемся ответить на естественно возникающий вопрос — а какова ситуация в металлах? Из общих соображений очевидно, что поскольку любые отклонения от равновесия в электронной подсистеме металлов быстро затухают из-за высокой подвижности свободных электронов, на смещения атомов (с характерными временами порядка  $\tau_0$ ) остается мало шансов. Однако вероятность этого события, вообще говоря, отлична от нуля и начинает сказываться при интенсивном облучении металлических конструкций в ядерных реакторах, установках термоядерного синтеза и лазерах. Это подтверждают, например, экспериментальные данные об уменьшении пороговой энергии упругого смещения атомов в металлах при увеличении потерь энергии падающих частиц на ионизацию.

Итак, сегодня на повестке дня — целенаправленные исследования роли электронных возбуждений в образовании дефектов в металлах.

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Вавилов В. С., Кив А. Е., Ниязова О. Р. МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ И МИГРАЦИИ ДЕФЕКТОВ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ. М.: Наука, 1981.

Емцев В. В., Машовец Т. В. ПРИМЕСИ И ТОЧЕЧНЫЕ ДЕФЕКТЫ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ. М.: Радио и связь, 1981.



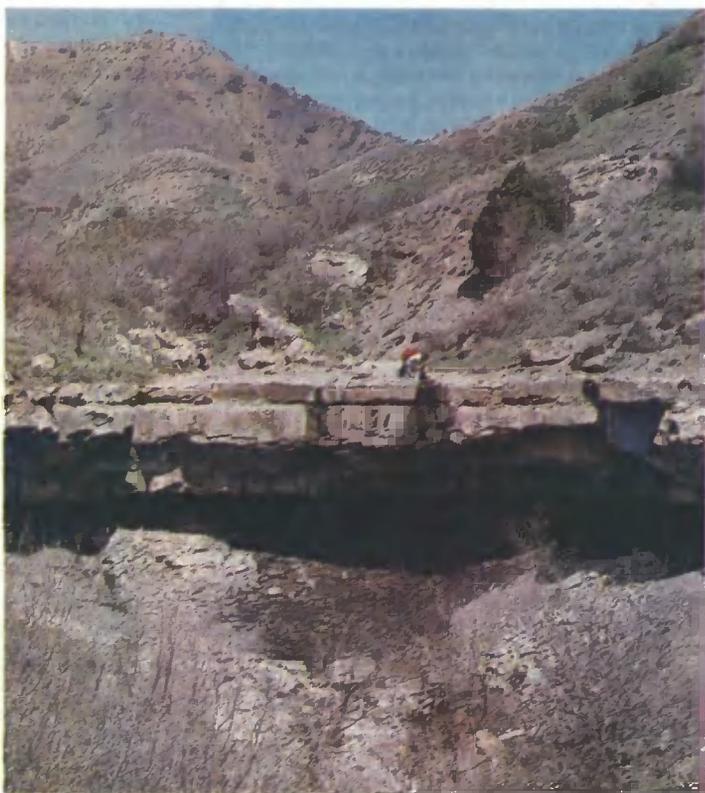
## Дикий гранат

**Г. М. Левин,**  
кандидат биологических наук

Туркменская опытная станция  
Всесоюзного научно-исследова-  
тельского института растениевод-  
ства им. Н. И. Вавилова  
пос. Кара-Кала

Выходец с островов дре-  
него океана Тетис, гранат (*Pu-  
nica granatum*) как вид появил-  
ся, по-видимому, около 50—  
70 млн лет назад. За время  
существования возникли различ-  
ные экологические формы гра-  
ната, способные расти как в ус-  
ловиях тропической и субтропи-  
ческой зон, так и в засушливом  
континентальном климате. Со-  
временный ареал этого релик-  
тового растения простирается от  
Балкан до Северо-Западной Ин-  
дии, отдельные популяции (воз-  
можно, одичавшего граната)  
встречаются и западнее (в Швей-  
царии, на Апеннингах, в Пире-  
неях), и восточнее (в провин-  
ции Юннань, КНР). В СССР  
дикий гранат распространен  
только в республиках Закав-  
казья и Средней Азии и как  
вид, численность которого со-  
кращается, внесен в списки не-  
которых республиканских Крас-  
ных книг и «Красную книгу  
СССР».

В Закавказье (в Азер-  
байджане, Восточной и За-  
падной Грузии, в Армении)  
насчитывается около 70 тыс.  
растений граната, а в Сред-  
ней Азии (на территории от  
Памира до Копетдага) — около  
30 тыс. В Средней Азии он  
встречается на высотах от 1000  
до 1760 м над ур. м., в рес-  
публиках Закавказья доходит  
до 1100 м. Среднеазиатские  
заросли четко делятся на три



Ветка цветущего граната.

Заросли дикого граната в ущелье  
Ай-Дере ранней весной.

обособленных района — Копетдагский (самые крупные заросли в Западном Копетдаге), Гиссарский и Западно-Памирский.

Прерывистый характер подходящих местообитаний граната приводит к тому, что в некоторых местах существуют небольшие популяции из незначительного числа растений, попадаются и единичные экземпляры, удаленные на десятки и даже сотни километров от ближайших популяций. В оптимальных экологических условиях встречаются чистые заросли кустов граната (от 0,6 до 7 м высотой); в литературе упоминаются растения, достигающие 10-метровой высоты. В менее благоприятных условиях и на верхней границе распространения гранат растет в виде кустарничка, который, правда очень редко, даже стелется.

В Западном Копетдаге основные его массивы сосредоточены по дну узких, хорошо продуваемых ущелий с ручьями и родниками. В таких местах редки морозные зимы, там не застаивается холодный воздух, стекающий со склонов в безветренную погоду. У подножия южных и восточных склонов (реже северных и западных) гранат растет среди различных кустарников, иногда встречается на щебнистых осыпях и гораздо реже — на скальных обнажениях. Только в очень теплых местах гранат способен расти не в ущельях, а в долинах рек.

Гранат — довольно изменчивое растение; по характеру и размаху изменчивости отмечаются определенные различия между разными популяциями. Нередко в одном и том же ущелье существует много форм этого растения.

После зимы гранат оживает в марте, редко (после очень теплых зим) в феврале, а цветает в апреле — мае и цветет до конца июня. На фоне его глянцево-темно-зеленой листвы эффектно выделяются многочисленные довольно крупные ярко-красные цветки. Плоды созревают в течение месяца — с конца сентября до начала ноября. У большинства форм околоплодник растрескивается, и красными семенами с сочной оболочкой часто кормятся

птицы и грызуны; плоды граната охотно едят и многие другие животные: медведи, кабаны, барсуки, шакалы, дикообразы, лисы, белки, соны, ежи и т. д.

Размножается гранат обычно вегетативным способом, чаще всего отпрысками от корней. Семенами он размножается редко, только во влажные годы, и то большая часть семянцев погибает.

Одно из древнейших культурных плодовых растений, гранат выращивался еще в Шумере во времена третьей династии Ура (XXII—XXI вв. до н. э.). За 50 столетий его культуры выведены сотни сортов с высоким качеством плодов, много декоративных форм, среди которых есть растения не только с крупными махровыми, но и разной окраски цветками.

Для селекции, которая продолжается и в настоящее время, используются различные формы дикого граната. Именно поэтому важно сохранить его генофонд — источник многих ценных признаков и свойств. К счастью, сейчас еще в Закавказье и Средней Азии таких форм пока немало, но численность популяций граната сокращается во многих участках его ареала, исчезают отдельные изолированные островки этого растения. Если это продолжится, многие ценные формы будут безвозвратно утеряны.

Сейчас гранат охраняется только на территории заповедников: в Средней Азии это, например, лишь небольшая часть копетдагской популяции в Сюнт-Хасардагском заповеднике, в Закавказье — популяции Турианчайского (Азербайджан) и Вашлованского (Грузия) заповедников. В начале нашего века заросли граната были куда более обширными: только в Азербайджане их площадь составляла около 15 тыс. га. Теперь почти во всех районах, где он был широко распространен, значительные территории стали сельскохозяйственными угодьями. Автору приходилось видеть, как около Ленкорани бульдозер счищал от дикого граната участки под поле томатов.

Такие же картины можно наблюдать и в Армении, и в Грузии.

В Западном Копетдаге, этом своеобразном центре реликтовой растительности, ее уничтожение длится уже несколько столетий, но особо опасные размеры оно приняло в последние десятилетия. Причины этого — не только расширение сельскохозяйственных полей. Вырубка древесных пород приводит к высыханию горных ручьев и речек, обезвоживанию почвы, в результате погибают многие растения, в том числе и гранат, заросли которого еще в 40-х годах занимали площадь более 300 га.

Не лучше обстоят дела и в других республиках Средней Азии. Например, в Узбекистане в долине р. Туполанг в одном из ущелий Гиссарского хребта, где граната больше всего, строится водохранилище, которое займет часть территории с зарослями граната. В Таджикистане только в Даштиджумском лесхозе площадь гранатовых зарослей уменьшилась с 36 до 22 га (с 1966 по 1977 г.). В Киргизии (район Ферганского хребта) до конца 60-х годов существовал изолированный островок граната, теперь его уже нет. Может погибнуть гранат и на другом участке Киргизской ССР, где строятся сразу две ГЭС.

При таком масштабе уничтожения граната его генофонд станет несравненно беднее, поэтому сейчас обсуждается вопрос о включении дикого граната в коллекции ботанических садов. В них должны быть представлены образцы, отражающие популяционное разнообразие этого реликтового растения. Пока подобная работа проводится лишь нашей опытной станцией, где формы дикого граната составляют около 9 % от общего числа (825 образцов) сортов и форм разных растений, имеющихся в ее коллекции.

Конечно, в коллекциях ботанических садов можно сохранить известную часть генофонда дикого граната, но нельзя допустить полного уничтожения его зарослей в природе. Необходимо срочно организовать хотя бы заказники в республиках Средней Азии, где охранялись бы те небольшие островки граната, которые там еще есть.

## Сейсмическая стратиграфия

Н. Я. Кунин



Наум Яковлевич Кунин, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий лабораторией Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР. Научные интересы связаны с глубинными исследованиями земной коры с помощью комплекса геофизических и геологических методов. Автор монографий: Геофизическая характеристика и строение земной коры Западной Сибири (совместно с Л. И. Иогансон). М., 1984; Сейсмостратиграфия в решении проблем поисков и разведки месторождений нефти и газа (совместно с Е. В. Кучуруком). М., 1984.

Сейсмические исследования земных глубин с начала века все более широко используются при геологических исследованиях. Многие общепринятые понятия тектоники и структурной геологии, такие как граница Мохоровичича, земная кора, мантия и т. п., выработаны именно на основе сейсмометрии — наблюдений за особенностями распространения упругих волн в недрах Земли, за скоростями их прохождения, глубинами и формами преломляющих и отражающих границ. Эффективные поиски месторождений нефти и газа в послевоенные годы проводились в бассейнах осадочных пород на поднятиях, выявляемых с помощью сейсморазведки. Однако, по мере того как таких неиспользованных крупных поднятий становилось все меньше, для поисков новых залежей в более глубоких недрах требовалось совершенствовать сейсморазведку.

Быстрое внедрение в эту отрасль научно-технических достижений, и особенно ее компьютеризация, позволила геофизикам во второй половине 70-х годов исследовать нефтегазоносные осадочные бассейны до глубин 10 км и более и выявлять здесь не только поднятия, но и новые так называемые стратиграфические и литологические типы ловушек нефти и газа. На этом новом уровне сейсмометрия (сейсмо-

разведка) позволяет определять структуру и особенности вещественного состава глубинных пород, расшифровывать условия, последовательность и геологический возраст их образования, т. е. решать вопросы таких фундаментальных отраслей геологии, как литология и стратиграфия. Такая разносторонняя геологическая интерпретация сейсмических данных по предложению группы американских геофизиков во главе с П. Вейлом, Р. Митчумом и Р. Тоддом получила название сейсмической стратиграфии, или сейсмостратиграфии. Пока многое в трактовке этого термина остается дискуссионным. Однако несомненно, что сейсмостратиграфический анализ имеет важнейшее значение для поисков углеводородов и других полезных ископаемых в осадочной оболочке Земли, позволяет решать ряд кардинальных проблем тектоники, литологии и стратиграфии этой оболочки.

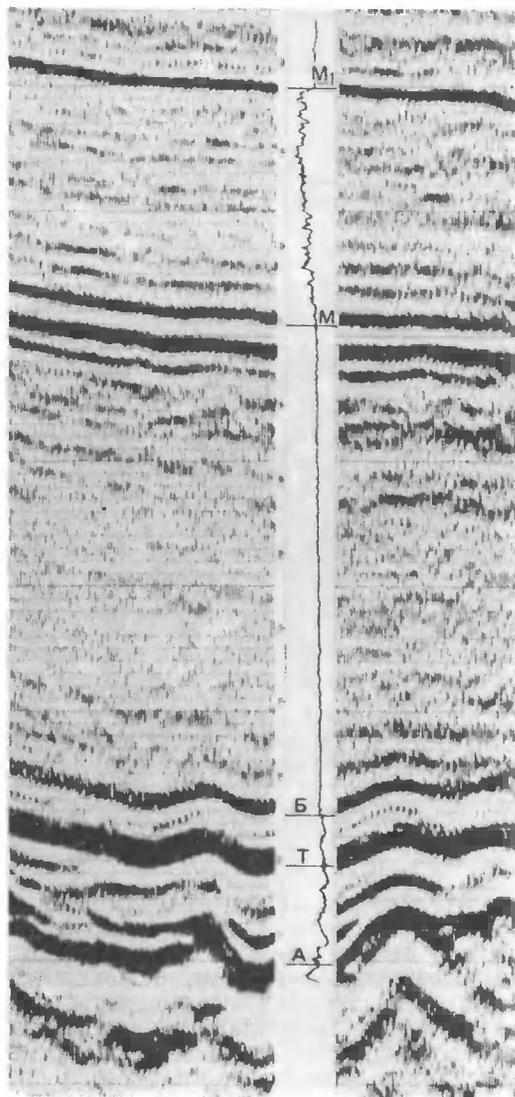
### СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВРЕМЕННЫЕ РАЗРЕЗЫ

Главными методами изучения глубинного устройства бассейнов осадочных пород являются бурение и сейсмометрия. При бурении по столбикам поднятой на поверхность из ствола глубоких скважин породы (керну) определяют состав и свойства

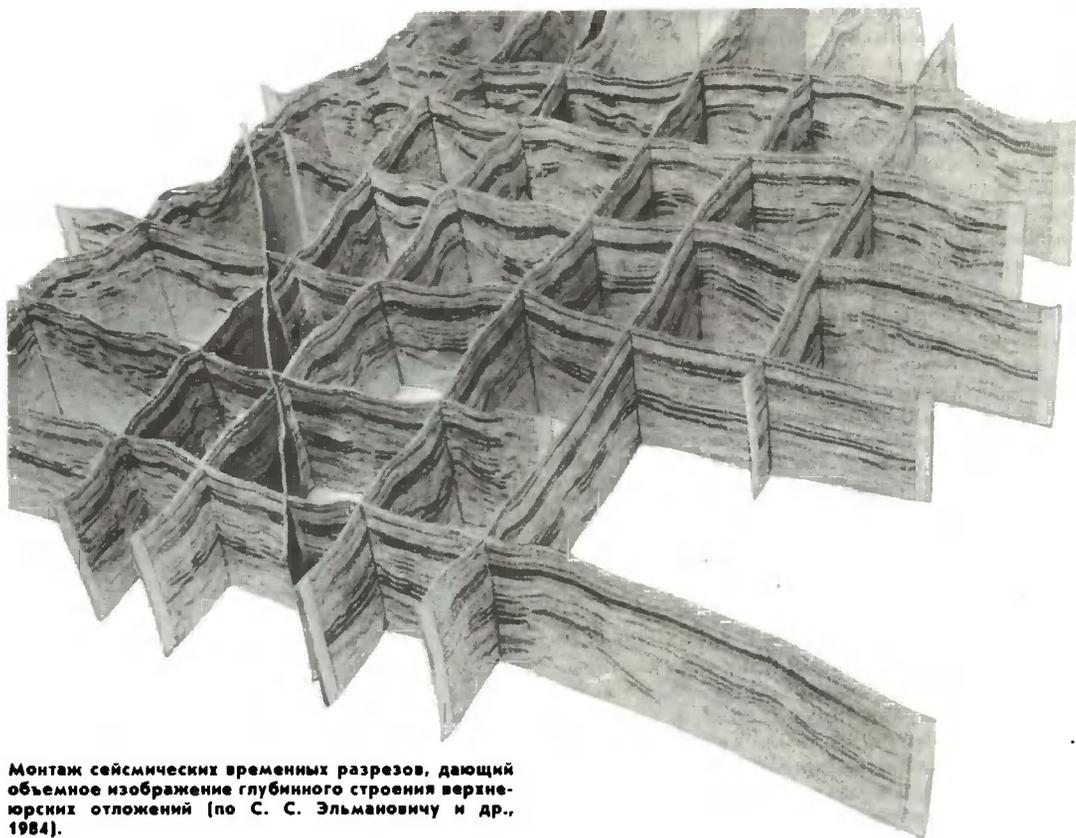
вскрытых скважинами отложений, границы между различными толщами, намечают проницаемые и пористые пласты — коллекторы нефти и газа, оценивают их возможные запасы. Остатки флоры и фауны, захороненные в породах, позволяют установить возраст осадочных пород. Сопоставляя положение пород одного возраста в разных скважинах, можно представить рельеф поверхности, выделить поднятия — антиклинали, которые особенно благоприятны для скопления нефти и газа. Большинство современных поисковых скважин бурят на глубину 2,5—3,5 км, однако бурение даже на суше таких не очень глубоких скважин занимает несколько месяцев (иногда более года) и требует миллионных затрат. Поэтому оптимальным, экономичным и оперативным путем изучения недр является решение возможно более широкого круга задач сейсмометрией, при использовании бурения для получения опорных и параметрических данных, непосредственно для обнаружения залежей нефти, газов, серы и других полезных ископаемых, для их опробования и добычи.

При сейсмометрии получают картину геологического строения недр с помощью сейсмических, или упругих, волн, возбуждаемых на поверхности Земли взрывами, вибраторами или специальными ударными устройствами. При исследовании в акваториях используют электроискровые и газодинамические источники возбуждения упругих волн. Такие волны устремляются вглубь и распространяются в недрах со скоростью, зависящей от типа пород и их пористости. На границах пород, характеризующихся разной акустической жесткостью (произведение плотности пород на скорость распространения в них упругих волн), сейсмические волны отражаются. При этом амплитуда (интенсивность) отраженных волн тем выше, чем больше перепад акустической жесткости.

Отраженные волны, достигшие поверхности Земли, регистрируются сейсмоприемником, колебания которого превращаются в электрические сигналы и усиливаются специальными сейсмическими станциями. Эти станции представляют собой передвижные многоканальные регистрационные устройства, к каждому каналу которых подключена группа сейсмоприемников, обычно расставляемых на определенной базе (участке) прямолинейного сейсмического профиля, прокладываемого на поверхности. В сейсмических станциях часто имеются устройства предварительной обработки и визуализации результатов,



Фрагмент сейсмического временного разреза по профилю длиной 15 км (Приуральский склон Западной Сибири). По вертикали отложено время прохождения сейсмических волн от сейсмоприемника до отражающей границы и обратно [на рисунке временной интервал — 1,25—2,25 с]. В «окне» временного разреза — результаты акустического каротажа по стволу скважины (глубина 2550 м), которые показывают изменения скорости упругих волн с глубиной. Сильные отражающие границы (сейсмические реперы) обозначены буквенными индексами: М<sub>1</sub> и М — в меловых отложениях; В — кровля баженовской позднелюрской свиты глинистых глубоководных пород, Т — кровля тюменской свиты глинисто-углистых отложений болотистых равнин, А — поверхность фундамента. Слабые отражающие границы выше и ниже репера М соответствуют шельфовым условиям накопления осадков, между реперами Т и А слабые границы обусловлены пластами углей и песчаников, глубже А — кратными волнами.



Монтаж сейсмических временных разрезов, дающий объемное изображение глубинного строения верхнеюрских отложений (по С. С. Эльмановичу и др., 1984).

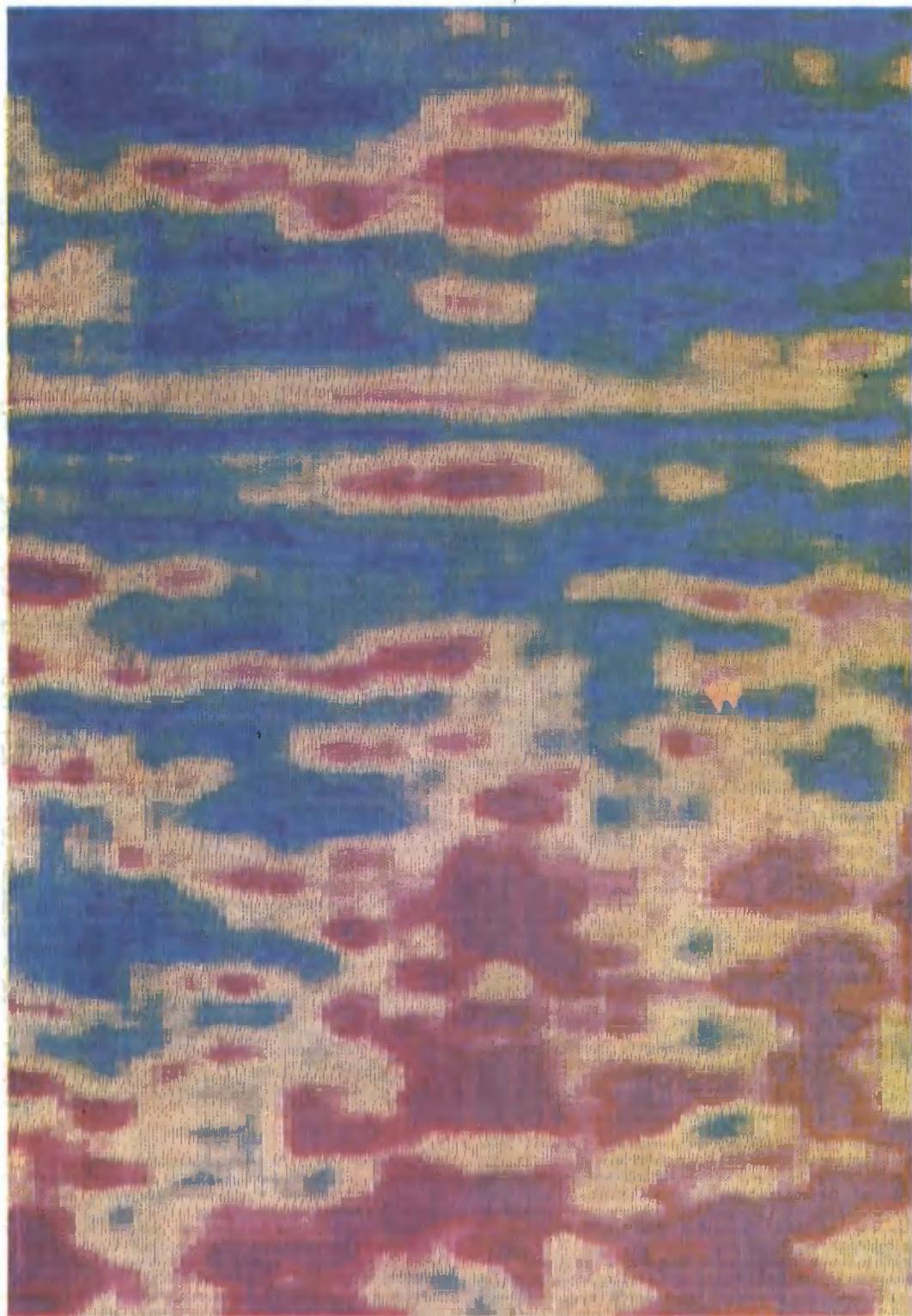
позволяющие преобразовывать колебания сейсмоприемников в фотоизображение вертикального разреза по линии профиля. Такие разрезы в геофизике принято именовать временными, так как по вертикали на них в качестве мерил глубины откладывается «двойное время» (туда и обратно), которое необходимо отраженной волне для пробега по вертикали до отражающей границы.

При дальнейшей обработке временные разрезы могут быть превращены в обычные глубинные, однако многие геофизики считают более удобными для геологической интерпретации временные разрезы, которые не искажены погрешностями дальнейших преобразований. Проверка результатов сейсмических построений данными глубокого бурения подтвердила их достоверность по крайней мере до глубин от 3 до 5 км. При этом погрешность сейсмических построений методом отраженных волн по сопоставлению с данными бурения составила, например, в Западной Сибири 5—20 м. Сейсмические исследова-

ния в скважинах показали, что в реальных условиях имеются только единичные отражающие границы с перепадом акустической жесткости более 10 %, которые называют сильными, или опорными. Такие границы, как правило, располагаются там, где мощный комплекс пород одного состава сменяется комплексом другого состава, либо там, где имеются тонкие пласты аномальных по акустической жесткости гипсов, ангидритов, известняков, угленосных или кремнистых пород. Именно эти опорные границы использовались в сейсмометрии для структурных построений.

В последние 20 лет усилия геофизиков были сконцентрированы на разработке приемов регистрации слабых отражающих гра-

Фрагмент временного разреза мгновенных частот сейсмических волн для триасово-юрских терригенных отложений. Красные тона соответствуют частотам 30—35 Гц, желтые и зеленые — 22—30 Гц, фиолетовые и синие — 17—21 Гц. Преобладание красного тона в нижней части разреза возможно обусловлено тем, что толщи здесь насыщены газами.

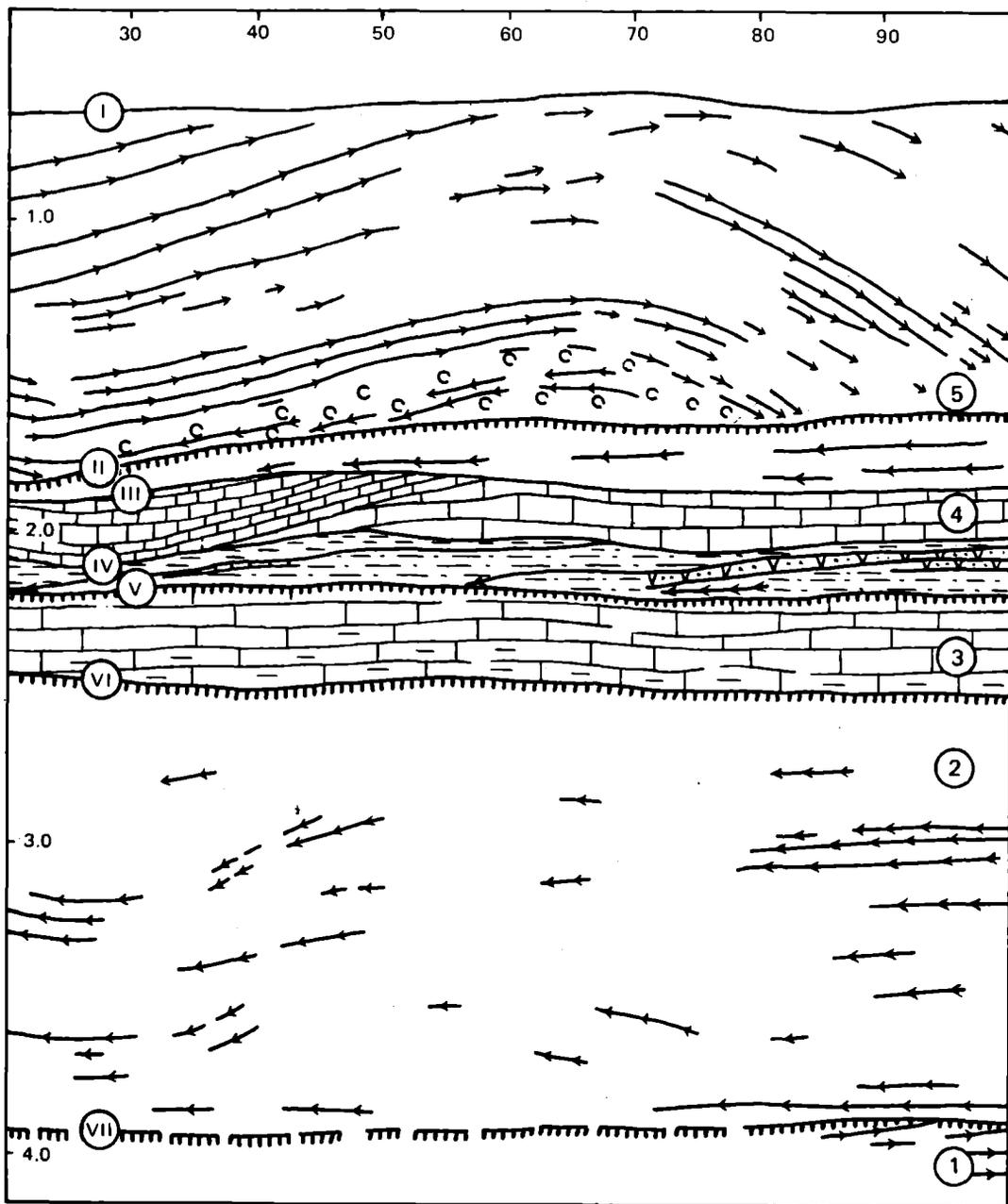




Фрагмент сейсмического временного разреза для Прикаспийской впадины по профилю длиной 16 км (слева) и его сейсмогеологическая интерпретация (справа). По вертикали — время прохождения сейсмических волн (на рисунке временной интервал 0,5—4 с, соответствующий глубинам от 0,5 до 8 км), по горизонтали — номера пикетов.

По особенностям записи выделены опорные отражающие границы, обозначенные на правом рисунке римскими цифрами: I — поверхность предмезозойского несогласия, II — поверхность докунгурского

несогласия, III и IV — поверхности карбонатных и терригенных отложений перми и позднего карбона, V — карбонатных отложений среднего карбона, VI — подошва карбонатных отложений, VII — подошва терригенных отложений девона. Арабскими цифрами обозначены седиментационно-сейсмические комплексы — рифейско-нижнепалеозойский [1], девонско-нижнекаменноугольный [2], нижне-среднекаменноугольный [3], среднекаменноугольно-раннепермский [4], кунгурско-позднепермский [5].



- |   |   |
|---|---|
|  Отражающие границы                         |  Комплексы карбонатных отложений |
|  Кунгурская соленосная толща                |  Глинистые отложения             |
|  Сейсмический репер, поверхность несогласия |  Песчано-глинистые отложения     |
|   |  Песчанники                      |

ниц, с перепадом акустической жесткости в единицы и даже доли процентов. В результате был разработан метод общей глубинной точки (ОГТ), при использовании которого суммируются сигналы, полученные из разных пунктов возбуждения, отразившиеся от одного и того же участка границы.

Применение методики ОГТ оказалось особенно эффективным при обработке сейсмических материалов на ЭВМ. Каждый сейсмический канал регистрирует отраженные волны в течение 5—8 с (что соответствует глубине 7—16 км) и записывает сложную синусоидальную кривую, экстремумы которой имеют разную амплитуду и частотный диапазон 10—100 Гц. Для обработки на ЭВМ с этой кривой через равные интервалы в 0,002 с измеряют отклонения от нуля. Каждое такое отклонение в виде числа передается в память ЭВМ. Легко подсчитать, что при длительности регистрации в 5 с от каждого сейсмического канала при одном пункте взрыва в память ЭВМ поступает  $2,5 \cdot 10^3$  многозначных чисел. В настоящее время используют преимущественно 48-канальные сейсмические станции, которые ежедневно успевают зарегистрировать отраженные волны примерно от 50 взрывов. Поэтому поток информации от ежедневной работы одной сейсмической станции на суше составляет примерно  $10^6$  многозначных чисел. Этот огромный поток информации обрабатывается на ЭВМ и выводится с помощью графопостроителей в виде специальных сейсмических временных разрезов.

На современных сейсмических разрезах выделяются не только интенсивные отражения от немногих сильных отражающих границ (получивших название сейсмических реперов) до глубин 8—10 км и более, но и большое количество менее интенсивных границ, которые часто заполняют обширные поля между сейсмическими реперами. При этом многие слабые границы располагаются не параллельно основным границам, а под большими или меньшими углами по отношению к ним. Постепенно стало ясно, что такая их ориентировка не случайна. Она отражает некоторые ранее неизвестные фундаментальные свойства реальных сред, которые используются при сейсмостратиграфическом анализе. В ходе его разработки были установлены многочисленные эмпирические взаимоотношения между особенностями различных геологических явлений в осадочных бассейнах и их отображениями на вре-

менных разрезах. Эти взаимоотношения были намечены по результатам сейсмостратиграфического анализа на участках, хорошо изученных бурением. Разработанные таким образом правила сейсмостратиграфии широко используются для истолкования сейсмических временных разрезов на разных площадях. Особенно ценна такая информация для участков, недоступных для бурения, или в труднодоступных районах, где проведение бурения требует огромных затрат.

### СЕЙСМОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

По сейсмическим временным разрезам могут быть сделаны разнообразные выводы о геологическом строении недр. Традиционным является построение карт глубинного рельефа сейсмических реперов, так называемых структурных карт. Если углы наклона сейсмических реперов невелики, то по вертикали между ними измеряют толщину, или, как принято говорить, мощность разделяющих их отложений. Метод анализа мощностей осадочных толщ для анализа интенсивности вертикальных колебательных движений был разработан советскими учеными в довоенные годы. Мощность накопившихся осадочных отложений считают приблизительно равной амплитуде прогибаний. Такая обстановка накопления осадков, именуемая компенсированным прогибанием, ранее считалась резко преобладающей.

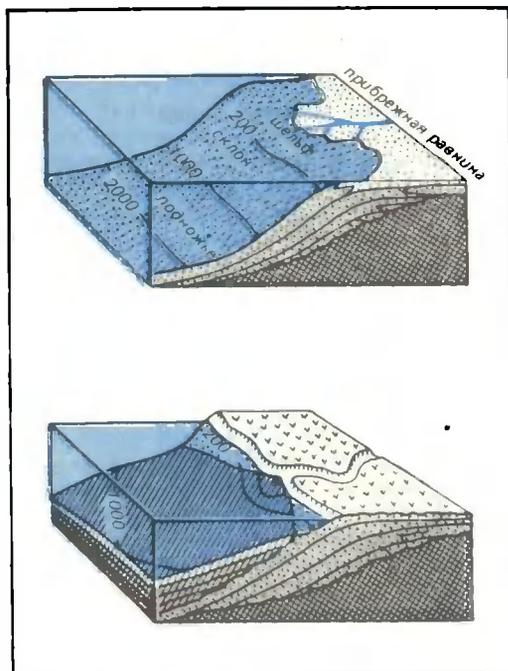
При изучении осадочных бассейнов и поисках нефти важно установить последовательность накопления осадков и относительный возраст пластов. Как выяснилось при разработке сейсмостратиграфического анализа, подавляющее большинство сейсмических отражающих границ в геологическом масштабе времени могут рассматриваться, как приблизительно изохронные поверхности. Поэтому по сейсмическим отражениям можно (исключая участки, где одни породы наведены на другие) определять последовательность напластования и проследить границы относительно разновозрастных толщ. Ниже отражающей границы, как правило, залегают отложения более древние, чем выше ее.

Изучение природы отражающих границ показало, что различия акустических жесткостей осадочных пород обусловлены изменениями обстановки накопления осадков или его заметными в геологическом масштабе времени перерывами. Отложения, накопившиеся до перерыва, продолжа-

ют поступательно уплотняться в течение перерыва накопления осадков. Новые осадки, поступившие после перерыва на дно водоема, отличаются меньшей плотностью и скоростью упругих волн, т. е. ко дну палеоводоема приурочен скачок акустической жесткости, и, следовательно, фиксируемая по этому скачку отражающая граница отображает рельеф дна водоема в течение перерыва накопления осадков. Все литологические границы в разрезах также фиксируют некоторый временной интервал, соответствующий изменениям обстановки и перерывам в накоплении осадков. Таким образом, сейсмические границы отображают положение дна водоема для того или иного отрезка геологического времени на рубеже изменений условий или перерывов седиментации (накопления осадков).

Принципиальная особенность сейсмостратиграфических исследований — возможность детального выделения поверхностей несогласий. Несогласием в геологии принято называть всякое несогласное залегание слоев осадочных пород, т. е. когда один слой залегает под углом к другому или верхний пласт сформирован со значительным перерывом во времени после нижнего (стратиграфическое несогласие). В последние годы выясняется, что более 50 % осадков в осадочных бассейнах отложилось в условиях некомпенсированного прогибания, т. е. когда прогибание происходило, но одновременно осадки не засыпали впадину целиком. Поэтому на протяжении геологической истории Земли формировались глубокие моря и океаны. При компенсированном накоплении осадков все слои параллельны, и несогласия связаны с тектоническими причинами. При некомпенсированном — все слои залегают наклонно друг к другу и в разрезе имеют форму клина. Главные нефтеносные пласты, например, Западной Сибири имеют именно такую форму.

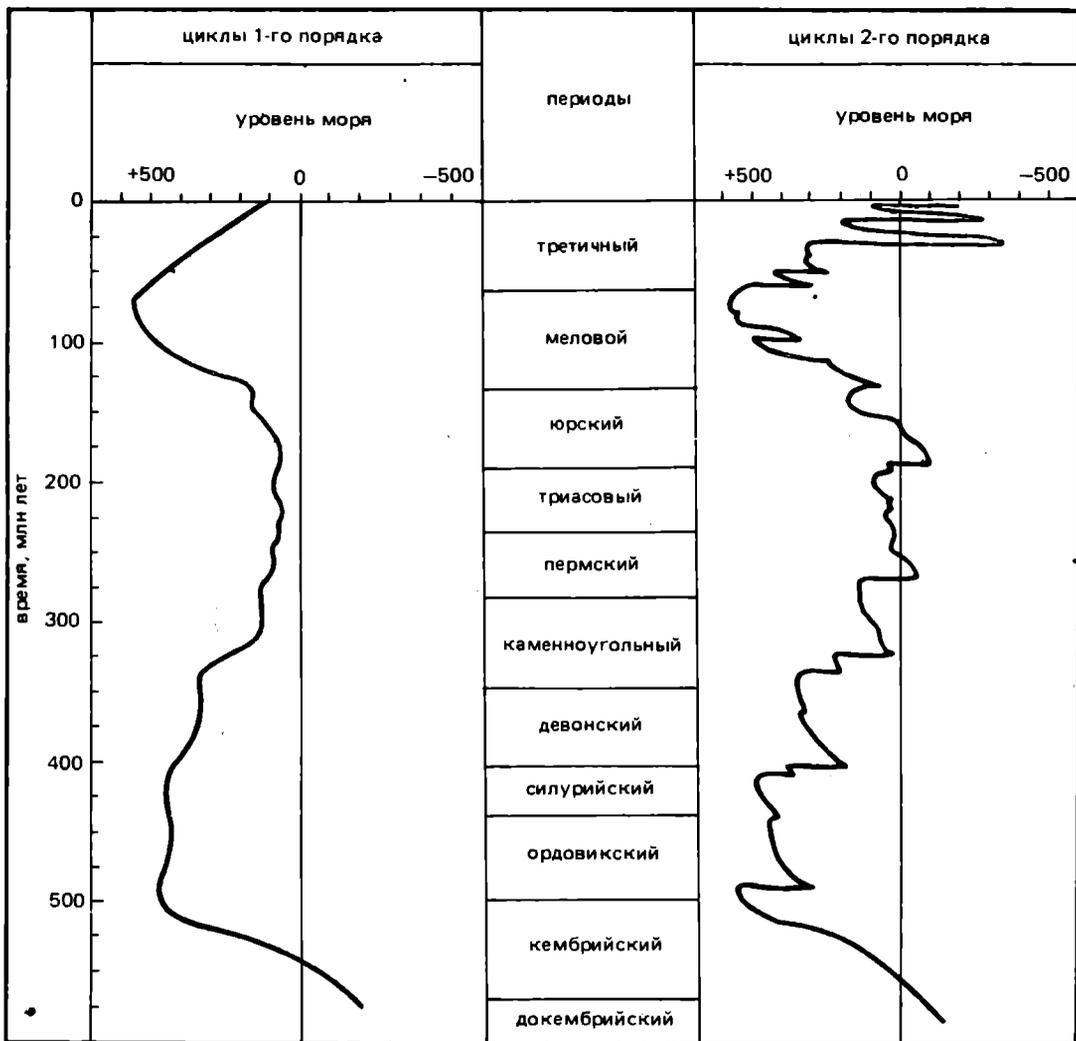
Выявление границ несогласий позволяет вычленить объемные седиментационные тела разного масштаба, так называемые сейсмические комплексы и фации — от гигантских покровов, выстилающих почти весь бассейн, до небольших тел. Каждое из этих тел должно рассматриваться как автономный объект поисков нефти и газа. На сейсмических временных разрезах несогласия фиксируются прежде всего по сближению границ отражений и по тому, как они выклиниваются вблизи какого-либо сейсмического репера. Оказывается, что большинство реперов также являются по-



Блок-схема накопления осадков при высоком (вверху) и низком (внизу) уровнях моря. При высоком уровне моря все накопление осадков идет на шельфе, при низком — шельфы размываются, а осадки накапливаются в глубоководье. Поверхности несогласия, хорошо видимые на схемах, являются границами седиментационных тел, выделяемых при сейсмостратиграфическом анализе.

-  Песчано-глинистые отложения
-  Глинистые отложения
-  Фундамент
-  Денудированная суша
-  Поверхности несогласия
-  -200 Изобаты, м
-  Речной каньон и размываемый берег

верхностями несогласия. В сейсмостратиграфии принимается такая модель накопления осадков, которую можно назвать моделью лепестков, или моделью трехмерных тел осадочных пород. Чтобы выделить это трехмерное тело, оконтурить и нанести его на карту, требуется проследить и увязать все его границы, которые обычно представлены на сейсмограмме



Глобальные циклы относительно изменения уровня моря первого и второго порядков в фанерозое (по П. Р. Вейлу и др., 1977). На протяжении большей части фанерозоя общий уровень моря был значительно выше, чем в настоящее время и особенно в меловое и кембрийско-девонское время. Кратковременные резкие понижения уровня происходили в середине пермского периода (270 млн лет назад), в первой половине юрского периода (185 млн лет), в олигоцене, миоцене и плейстоцене (соответственно 27, 10 и 1 млн лет назад). Приведенные на рисунке циклы являются основой определения возраста осадочных толщ в сеймостратиграфии.

слабыми отражениями. Трехмерные тела на большей или меньшей площади перекрывают друг друга. По участкам перекрытия определяют относительный геологический возраст тел по простому пра-

вилу: вышележащее тело геологически моложе нижележащего. Такие приближенные решения часто оказываются достаточными, особенно на площадях, где возможна быстрая увязка результатов сеймостратиграфического анализа с данными бурения.

В тех случаях, когда изучаются бассейны осадочных пород или их зоны, еще не охваченные бурением, по результатам сеймостратиграфии возможна приближенная оценка геологического возраста сейсмических комплексов и фаций.

Геологический возраст в осадочных бассейнах наиболее точно можно проследить по остаткам фауны и флоры в слоях. Но для этого также нужно бурение. Поэтому для определения геологического возраста по сейсмическим данным необходи-

мо было найти независимый метод построения шкалы событий, происходящих в течение геологической истории накопления осадков, фиксируемых по особенностям сейсмической записи. Такой метод был найден.

Теоретической основой определения возраста осадочных толщ в сейсмостратиграфии является гипотеза циклического относительного изменения уровня моря. Каждый цикл включает медленный относительный подъем, период стабилизации и быстрое понижение уровня моря. В качестве крупных рубежей изменений уровня моря принимают принципиальные изменения условий накопления осадков на континентальных окраинах. При сильном повышении уровня моря почти все осадки накапливаются на шельфе. При резком понижении уровня моря покидает шельф, он размывается и осадки накапливаются на континентальном склоне и прилегающей к нему абиссальной (глубоководной) равнине.

Выяснив такую цикличность в нескольких регионах, хорошо изученных бурением, сейсмостратиграфы построили обобщенные глобальные графики, шкалу изменения уровня моря. Для последних 600 млн лет геологической истории выделено 2 цикла наиболее крупных изменений уровня моря первого порядка, 14 циклов второго и около 80 циклов относительного изменения уровня моря третьего порядка.

По всем изученным временным разрезам также можно строить графики изменения уровня моря, выделять интервалы его очень высокого или очень низкого расположения. Привязка этих графиков к общемировой шкале позволяет оценить ориентировочный возраст осадочных толщ, еще не вскрытых бурением.

Временные разрезы — главный, но не единственный вид сейсмической информации. Разрезы коэффициентов отражения, полярности отражения, разрезы интервальных (пластовых) скоростей, разрезы частот, характеристик затухания сейсмических волн и ряд других дополняют временные разрезы и позволяют уточнить вещественный состав и флюидонасыщение пластов.

Так, состав седиментационного тела определяется прежде всего по величинам пластовых скоростей. По этому параметру все седиментационные тела делят на терригенные (пески, алевролиты, глины и др.), карбонатные (известняки, доломиты и др.) и хемогенные (соли, гипсы, ангидриты и др.). Для терригенных пород характерны скорости, растущие с глубиной довольно

быстро от 1,5 км/с до 5 км/с, а для карбонатных — от 4,0 км/с до 6,0 км/с. Тела хемогенного состава состоят главным образом из солей, в которых пластовые скорости составляют 4,5—4,7 км/с, или ангидритов (6,0—6,6 км/с). В этих породах скорости с глубиной не изменяются.

С помощью анализа всех сейсмических материалов удается выявлять осадочные тела, сформированные на разных участках древних бассейнов — в дельтах рек, на мелководье, в глубинных частях, на шельфе. Четко обозначаются осадочные породы, накопившиеся на шельфе, по системе параллельных отражений значительной интенсивности.

Расшифровка сейсмических разрезов — лишь начальный этап сейсмостратиграфического анализа. За ним следует построение карт подошвы, кровли и мощности для каждой из выделенных сейсмостратиграфических единиц. На заключительном этапе делается вывод о геологическом развитии бассейна накопления осадков и отдельных его зон, выявляются очаги генерации углеводородов, пути их миграции, различные ловушки нефти и газа и особенности формирования и разрушения месторождений.

## ВОЗМОЖНОСТИ СЕЙСМОСТРАТИГРАФИИ

В настоящее время сейсмостратиграфические исследования в нашей стране и за рубежом быстро развиваются. Многие технические и методические аспекты сейсмостратиграфии разрабатывались в СССР и зарубежных странах независимо друг от друга, что прежде всего обусловлено спецификой строения основных нефтегазоносных бассейнов. Так, в США сейсмостратиграфические исследования проводились в основном на континентальных окраинах атлантического типа, где неширокая прибрежная равнина сменяется узким шельфом шириной менее 500 км, переходящим в континентальный склон и далее в глубоководную абиссальную равнину. В этой обстановке перенос твердого стока с суши происходит в целом перпендикулярно линии берега и общий режим накопления осадков зависит главным образом от относительных изменений уровня моря. Тектонические движения здесь также, как правило, лишь влияют на перемещение береговой линии.

Все осадочные бассейны территории нашей страны, как и бассейны многих дру-

гих европейских и азиатских стран, формировались как замкнутые внутриконтинентальные, часто глубоководные водоемы, поглощающие весь твердый сток, поступающий с разных берегов вплоть до общего заполнения бассейна. Поэтому здесь важно не только изучать общие колебания уровня моря, но и положение древних островов, наклонов слоев и т. д. В бассейнах такого типа тектонические движения могут изменять не только уровень моря, но и общую обстановку накопления осадков. Важнейшие нефтегазоносные бассейны СССР, и прежде всего Западно-Сибирский и Прикаспийский, являются во многом уникальными и не имеют близких зарубежных аналогов.

В последние годы в СССР развивается принципиально новый сейсмостратиграфический подход — создание каркасной сети опорных региональных сейсмостратиграфических профилей высокой разрешающей способности, охватывающих весь бассейн (например, в Западной Сибири).

Сейсмостратиграфический анализ находит применение в СССР на всех этапах поисково-разведочных работ на нефть и газ. На основе его результатов нами получены новые, более высокие оценки прогнозных ресурсов нефти в Западной Сибири, Прикаспийской впадине и в других территориях и акваториях, что позволило обосновать новые направления поисков. Установлено широкое развитие нижнемеловых клиноформных толщ, с которыми связаны нефтяные месторождения Приобья. На севере Западной Сибири и на прилегающих акваториях по данным сейсмостратиграфии выделены морские юрские и триасовые толщ.

При поисках месторождений нефти и газа важнейшее значение имеет выделение новых типов ловушек в перспективных областях. Имеется много регионов, где все известные поднятия содержат залежи нефти и газа. Очевидно, в таких регионах имеются значительные ресурсы нефти и газа, которые сконцентрированы в ловушках, не связанных со сводами поднятий, в так называемых неантиклинальных ловушках. Их поиски особенно важны в старых нефтегазоносных районах, где поднятия уже давно изучены. Особенно перспективно выявление высокопористых тел древних рифов в карбонатных разрезах и пластов песчаников среди глин в терригенных разрезах.

В СССР поиски рифов с помощью сейсмостратиграфического анализа успеш-

но ведутся в Средней Азии, в Прикаспийской впадине, в Тимано-Печорской провинции, в Якутии и других регионах. В старой Волго-Уральской нефтегазоносной провинции сейсмостратиграфический анализ позволил выделить врезы древних рек в каменноугольных отложениях, заполненные песчано-глинистыми породами, содержащими перспективные ловушки. В Северном Предкавказье на площадях, лишенных поднятий, выделены в результате сейсмостратиграфического анализа десятки обширных плоских линз песчаников площадью в 50—500 км<sup>2</sup> каждая в толще майкопских глин, где рекомендовано поисковое бурение.

Примером новых типов неантиклинальных ловушек, выявленных в результате сейсмостратиграфического анализа, является одно из крупнейших в мире месторождений нефти Чиконтепек в северо-восточной части Мексики. В этом районе несколько десятилетий добывали нефть из меловых отложений. Из лежащих выше отложений палеогена в скважинах иногда получали небольшие количества нефти, оцениваемые как непромышленные. Положение принципиально изменилось, когда по результатам сейсмостратиграфического анализа было установлено, что в молодых отложениях помещается гигантская ловушка каналового типа. Геологические запасы нефти Чиконтепека ныне оцениваются мексиканскими специалистами в 10—14 млрд т.

Велики перспективы применения сейсмостратиграфического анализа при разведке месторождений и подсчете запасов. Продуктивный нефтегазовый коллекторский пласт, как правило, на несколько процентов отличается по плотности и скорости упругих волн от вмещающих его пород. Поэтому с этим пластом обычно связана слабая отражающая граница. По материалам, полученным при бурении первых скважин, может быть намечена сейсмическая модель разреза и разработаны приемы выделения и трассирования отраженных волн от продуктивного пласта-коллектора. Интенсивность такого отражения — функция толщины продуктивного пласта. По протяженности отражения можно определить контуры развития продуктивного пласта, а, учитывая удельную плотность запасов на единицу площади, по данным скважин, можно высчитать запасы месторождений. На одном из значительных месторождений удалось выполнить подсчет запасов с использованием данных сейсмостратиграфии всего по 5 скважинам, в то время как

для разведки подобных месторождений обычно необходимо 15—25 скважин. Это открывает принципиальные возможности ускорить разведку месторождений и подсчет запасов при сокращении объемов бурения в 2—3 раза за счет комплексного использования бурения и сейсмометрии.

Сейсмостратиграфия открывает новые возможности для развития фундаментальных геологических наук (прежде всего тектоники, стратиграфии, литологии), изучающих осадочный чехол нашей планеты.

В тектонике, науке о движениях, структурах и деформациях земной коры, сейсмостратиграфический анализ позволяет наметить новые пути решения старых задач при изучении толщ осадочных пород. Руководящим признаком, по которому определяется проявление тектонических движений, является угловое несогласие между слоями пород. Многие угловые несогласия, отмечаемые в скважинах, обусловлены первичными седиментационными наклонами. По результатам сейсмостратиграфического анализа можно разделить эти первичные наклоны и вторичные тектонические деформации. Учет этих данных часто требует внесения важных корректив в существующие взгляды об истории тектонических движений в разных районах, тектонических фазах и эпохах, которые были выработаны на основе представлений о несущественной роли первичных наклонов. Одной из важнейших проблем тектоники является соотношение вертикальных и горизонтальных движений. Модельные оценки и отдельные примеры показывают, что сейсмостратиграфический анализ позволяет оценить взаимоотношения горизонтальных и вертикальных движений при формировании структур осадочного чехла, которое протекало в разных бассейнах в течение сотен миллионов лет.

Применение сейсмостратиграфии открывает новые направления и ставит новые проблемы в области стратиграфии, науки о последовательности осадконакопления и геологическом возрасте пород. Традиционные методы стратиграфии требовали отбора образцов пород; следовательно, на обширных площадях, недоступных наблюдению и не охваченных бурением, стратиграфические построения проводились приближенно с помощью интерполяции и экстраполяции. Сейсмостратиграфия позволяет оценить разрезы осадочных бассейнов на всех территориях и акваториях, недоступных современному бурению, охватывающих более половины всего осадочного чехла Земли. Это соз-

дает реальную основу для разработки общих представлений о развитии осадочного чехла во времени и пространстве на поверхности всей планеты.

Первые примеры использования сейсмостратиграфии показывают, что многие заключения, основанные на экстраполяциях и интерполяциях, видимо, требуют пересмотра. Это касается, в первую очередь, центральных частей обширных бассейнов осадочных пород с глубоко погруженным фундаментом; в них обнаруживаются такие толщи, которые отсутствуют в бортовых зонах, изученных бурением. В ряде случаев сейсмостратиграфия позволяет уточнять корреляцию пластов даже в районах, хорошо изученных бурением. Например, соотношения между продуктивными нефтяными пластами Сургутского и Нижневартовского сводов Западной Сибири были недавно пересмотрены, после того как сейсмостратиграфическим анализом было обосновано клиноформное устройство разрезов неокомских отложений этих районов. Много проблем возникает в связи с результатами сейсмостратиграфического анализа в понимании природы и распространения таких известных стратиграфических единиц, как ачимовская и баженовская свиты Западной Сибири, хадумские слои Предкавказья и др.

Вполне очевидно, что привлечение новых (пока менее точных, но более мобильных) методов сейсмостратиграфических исследований в сочетании с традиционными подходами придает новый импульс развитию стратиграфии.

Сейсмостратиграфия резко расширяет также информационную базу литологии, науки о вещественном составе и закономерностях формирования осадочных пород, так как сведения об основных типах и вещественном составе осадочных пород, особенностях их смены в пространстве и в геологическом времени получают с помощью сейсмостратиграфии до проведения бурения.

Эти и иные аспекты сейсмостратиграфического анализа только начинают изучаться. Они свидетельствуют, что сейсмостратиграфия существенно расширяет и уточняет представления о глубинном строении земных недр.

## Первые шаги советской радиолокации

Ю. Б. Кобзарев



Юрий Борисович Кобзарев, академик, заведующий отделом Института радиотехники и электроники АН СССР. Специалист в области статистической радиотехники и теории колебаний, основатель советской школы радиолокации. Награжден золотой медалью им. А. С. Попова, присуждаемой Академией наук СССР за выдающиеся научные работы и изобретения в области радио. Герой Социалистического Труда. Лауреат Государственной премии СССР.

В декабре 1985 г. Ю. Б. Кобзареву исполняется 80 лет. Редакция и редколлегия журнала поздравляют Юрия Борисовича с юбилеем, желают ему доброго здоровья и новых творческих успехов.

3 января 1934 г. в Ленинграде на небольшой специально построенной установке были зарегистрированы отраженные от самолета радиоволны. С этого дня, который можно считать днем рождения советской радиолокации, начались интенсивные исследования, направленные на решение задачи обнаружения самолета и точного определения его местоположения.

Идея радиолокации немногим моложе идеи радиосвязи. Еще в 1905 г. был выдан германский патент Х. Хюльсмейеру по заявке от 30 апреля 1904 г.<sup>1</sup> Идея развивалась и в других заявках, многие из которых очень интересны. Так, в 1919 г. был выдан патент Л. Махтсу, в котором описывалось устройство со спиральной разверткой и визуальной индикацией положения обнаруживаемого с помощью радиоволн объекта<sup>2</sup>. Однако из-за несовершенства излучающих и принимающих устройств того времени возможностей практического осуществления предложенных идей не было.

Первой публикацией, в которой описывались опыты по определению положения отражающего радиоволны объекта,

можно считать статью Е. Эппльтона и М. Барнета<sup>3</sup>. В этих опытах производилось измерение высоты ионосферы (слоя Кеннели — Хевисайда) путем наблюдения интерференции радиоволн, распространяющихся вдоль поверхности Земли, и волн, отраженных от ионосферы. Результирующая напряженность поля периодически менялась при изменении длины волны (вследствие изменения разности фаз этих волн), что и позволяло определить высоту ионосферы.

Периодическое изменение величины сигнала, являющееся результатом наложения сигнала, отраженного летящим самолетом, наблюдалось в опытах Б. Тревова и П. Картера, исследовавших распространение ультракоротких радиоволн. По-видимому, в их статье 1933 г. содержится первое упоминание об отражении самолетом радиоволн. В ней говорится: «...самолет, пролетающий над полем, обуславливал хорошо выраженные вариации приема. Отраженный от самолета сигнал попеременно усиливал и ослаблял прямой луч передатчика. Это явление было особенно заметно, когда расстояние между передатчиком и приемником составляло

<sup>1</sup> Водопьянов Ф. А. Радиолокация. М., 1946, с. 13.

<sup>2</sup> Там же, с. 58.

<sup>3</sup> Appleton E. V., Barnett M. A.— Proc. Roy. Soc., 1925, v. 109, p. 621.

800 м. Интерференционные явления, обусловленные самолетом, были сильнее, когда самолет пролетал ближе к приемнику, но были заметны и в том случае, когда самолет находился на линии передатчик — приемник»<sup>4</sup>.

Примененный Эпплтоном и Барнетом метод варьирования частоты излучаемых колебаний и до настоящего времени является одним из основных методов измерения расстояний, применяемых в радиолокационных устройствах. Альтернативный метод основан на измерении времени запаздывания  $\Delta t$  отраженного импульса по отношению к излученному. Расстояние  $r$  до отражающего объекта определяется в этом случае с помощью простого соотношения

$$r = \frac{1}{2} c \Delta t,$$

где  $c$  — скорость света. Этот чрезвычайно наглядный (когда для измерения  $\Delta t$  используется электронно-лучевая трубка) метод был впервые применен также при определении высоты ионосферы<sup>5</sup>. В дальнейшем он получил широкое развитие при ионосферных исследованиях, имеющих большое значение для техники связи на коротких волнах. В радиолокации он играет главенствующую роль.

#### НАЧАЛО РАБОТ. НЕПРЕРЫВНОЕ ИЛИ ИМПУЛЬСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ?

До 30-х годов в противовоздушной обороне для определения местоположения самолетов использовались звуковые пеленгаторы, позволявшие с хорошей точностью определять направление прихода звука, излучаемого мотором самолета, и оптические дальномеры. Такая система — ее называли «прожзвук» — могла использоваться только при безоблачном небе, но и тогда ее эффективность была ничтожна, так как пилот, попав в луч прожектора, мог резко изменить курс и сделать результат расчета прибора, управляющего зенитным огнем, непригодным. При увеличившихся скоростях самолетов и высоте их полета направление прихода звука и направление на самолет стали так сильно различаться, что система «прожзвук» оказа-

лась вообще недееспособной. Необходимость создания принципиально новых средств для обнаружения самолетов стала очевидной. За организацию соответствующих работ взялись Главное артиллерийское управление (ГАУ) и Управление противовоздушной обороны (УПВО).

Представитель ГАУ М. М. Лобанов обратился непосредственно в Центральную лабораторию бывшего Треста заводов слабого тока, располагавшую сильной производственной базой. Был заключен договор (октябрь 1933 г.), и под руководством Ю. К. Коровина начались работы по созданию установки для наблюдения отраженных самолетом радиоволн дециметрового (50—60 см) диапазона. В январе 1934 г. состоялся первый испытательный полет. Самолет обнаруживался на расстояниях до 700 м при ничтожной (0,2 Вт) мощности излучения. Установка состояла из двух параболических зеркал диаметром 2 м: одно служило для излучения радиоволн, другое — для приема. Прием велся с помощью суперрегенеративного приемника<sup>6</sup> на слух. Эффект Доплера приводил к возникновению биений между прямым и отраженным от самолета излучениями, которые и прослушивались в телефоне.

Опыты Ю. К. Коровина убедили, что пеленгование самолетов с помощью радиоволн возможно и что работы в этом направлении надо развить. С этой целью М. М. Лобанов обратился в Ленинградский электрофизический институт (ЛЭФИ), которым руководил А. А. Чернышев. Это был один из институтов «куста» физико-технических институтов, идейно возглавлявшегося А. Ф. Иоффе. 11 января 1934 г. был подписан соответствующий договор между ГАУ и ЛЭФИ. Под руководством Б. К. Шембеля весьма энергично стали вестись исследования по совершенствованию техники дециметрового диапазона, и уже к концу

<sup>6</sup> В суперрегенеративном приемнике колебательный контур, связанный с антенной, периодически с ультразвуковой частотой переводился в режим автоколебаний. Однако такой режим существовал лишь в течение очень короткого промежутка времени — такого, что автоколебания не могли установиться. Иницированные флуктуациями в контуре, они возникали и гасли, вызывая в телефоне характерный шум. Но когда появлялся сигнал, этот шум превращался в большие регулярные колебания, хорошо воспроизводящие сигнал. Впоследствии выяснилось, что по чувствительности и по устойчивости работы суперрегенеративный приемник сильно уступает супергетеродинному, окончательно закрепившемуся в радиотехнике.

<sup>4</sup> Trevor B., Carter P.— Proc. IRE, 1933, v. 21, No 3, p. 387.

<sup>5</sup> Breit G., Tuve M.— Phys. Rev., 1926, v. 28, p. 554.

1934 г. в ГАУ был отправлен эскизный проект радиопеленгатора, в котором для повышения дальности действия предлагалось использовать магнетронный генератор. Работы в этом направлении получили дальнейшее развитие в ЛЭФИ и ЦВИРЛ (Центральной военно-индустриальной лаборатории) и велись вплоть до начала Великой Отечественной войны.

В это же время представитель УПВО П. К. Ощепков обратился к президенту Академии наук СССР А. П. Карпинскому с просьбой о содействии в постановке работ по радиобнаружению самолетов. Президент направил его к А. Ф. Иоффе, живо откликавшемуся на всякую свежую мысль. 16 января 1934 г. Абрам Федорович созвал весьма компетентное совещание, которое высказалось в пользу целесообразности подобных исследований. А. А. Чернышев взялся организовать работы по применению радиоволн для обнаружения самолетов на дальних подходах в своем институте — ЛЭФИ. Руководство ими было также поручено Б. К. Шембелю.

Работы для УПВО были развернуты в ЛЭФИ очень быстро. Уже в начале июля 1934 г. были проведены первые успешные опыты с простейшей аппаратурой, работавшей на волне около 5 м<sup>7</sup>. Регистрация сигналов от самолетов, находящихся на расстоянии до 7 км, велась на самописце.

Несмотря на то что дальнейшие опыты, проведенные в марте 1935 г. с уже усовершенствованной аппаратурой, показали, что возможно значительное увеличение дальности обнаружения, работы в ЛЭФИ в этом направлении были заказчиком прекращены. К этому времени в УПВО был создан Опытный сектор с лабораториями в Москве и Ленинграде, а радиопромышленности были даны заказы на разработку мощного УКВ-генератора непрерывного действия и соответствующих приемных устройств для задуманной Ощепковым системы дальнего обнаружения («Электровизор»).

В 1935 г. ЛЭФИ был расформирован. Его помещение, кадры и оборудование были переданы в распоряжение вновь организованного института (НИИ-9), которому поручили разработку новой важной оборонной тематики, включавшей и радиолокацию. Научным руководителем нового ин-

ститута был назначен создатель и руководитель знаменитой Нижегородской радиолaborатории (к тому времени уже прекратившей свое существование) М. А. Бонч-Бруевич.

М. А. Бонч-Бруевич, хорошо знавший работу радистов-«слухачей» времен первой мировой войны, считал, что наиболее перспективной является акустическая индикация принимаемых сигналов. Действительно, способность радистов «выуживать» нужные сигналы из невероятной какофонии звуков — смеси сигналов многих станций, образовывавшейся из-за недостаточной селективности приемников того времени, — поражала воображение. Поэтому в НИИ-9 было отдано решительное предпочтение технике непрерывного излучения. Работа была направлена на создание радиопеленгаторов взамен акустических пеленгаторов системы «прожзвук». Особенно прельщало внешнее сходство этих систем, так что операторам даже не пришлось бы переучиваться.

При разработке систем непрерывного излучения возникло много трудностей, обусловленных близостью генератора зондирующих сигналов к приемнику, но руководство продолжало отдавать предпочтение этому методу, тем более что были достигнуты значительные успехи в создании передающих и приемных устройств дециметрового диапазона. И лишь когда в 1938 г. в Ленинградском физико-техническом институте (ЛФТИ) были проведены опыты, продемонстрировавшие высокую эффективность импульсной техники, последняя получила права гражданства и в НИИ-9. Но «прожзвучевая идеология» полностью не была преодолена — на импульсный метод смотрели лишь как на средство, позволяющее заменить оптический дальномер радиодальномером (это обеспечивало возможность работы установки и в условиях облачности). Разработка дециметрового пеленгатора с непрерывным излучением так и продолжала играть главенствующую роль в работах института.

Образца станции с использованием непрерывного излучения, который мог бы быть принят на вооружение, создать так и не удалось<sup>8</sup>. А вот в применении импульсного метода были достигнуты значительные успехи. Группа сотрудников Украинского физико-технического института), возглавляемая А. А. Слуцкиным, создала в 1938 г. импульсную установку для зе-

<sup>7</sup> Подробнее см.: Шембель Б. К. У истоков радиолокации в СССР М., 1977.

<sup>8</sup> Там же, с. 76.

нитной артиллерии (она была названа «Зенит»), работавшую в диапазоне волн 60—65 см<sup>9</sup>. Правда, эта работа не была завершена, предпочтение было отдано разработке импульсных станций лучше освоенного 4-метрового диапазона.

### ПЕРВЫЕ РАБОТЫ В ЛФТИ

Летом 1935 г. А. Ф. Иоффе по настоянию УПВО организовал в своем институте специальную лабораторию для работ по проблеме обнаружения самолетов. Руководство лабораторией было возложено на Д. А. Рожанского — одного из наших крупнейших физиков-радиотехников<sup>10</sup>.

С самого начала лаборатория взяла курс на применение импульсной техники в системах обнаружения. Когда я получил приглашение работать в лаборатории и пришел к Абраму Федоровичу, то он так прямо и сказал, что главной задачей считает создание импульсной техники.

В то время в лаборатории уже работали два дипломника — Н. Я. Чернецов и П. А. Погорелко. Д. А. Рожанский был в отпуске, и руководство работой в лаборатории мне пришлось взять на себя. Н. Я. Чернецов занимался созданием широкополосного усилителя промежуточной частоты для приемника супергетеродинного типа<sup>11</sup>, а П. А. Погорелко — созданием эталонного генератора для калибровки приемника. На меня легли вопросы разработки антенно-фидерных устройств, задача создания входного преобразователя, от которого зависела чувствительность прием-

ника, и выходного устройства (впоследствии — электронно-осциллографического устройства). Надо было в короткий срок — к осени 1935 г. — изготовить аппаратуру, которая позволила бы в реальных условиях получить количественные характеристики отражения самолетом радиоволн.

Испытания планировалось провести под Москвой. Организовать их должен был П. К. Ощепков. В его лаборатории в Москве уже разрабатывался передатчик, работавший в режиме непрерывных, модулированных частотой 1 кГц колебаний, который предназначался для этих испытаний. Рабочая длина волны была уже установлена: 3—4 м. Зимой 1935 г. изготовленную аппаратуру привезли в Москву, где и состоялись первые крупные испытания, в ходе которых удалось получить много ценных исходных данных для дальнейшей работы.

Передатчик, созданный в лаборатории П. К. Ощепкова, находился в здании на Красноказарменной улице (сейчас оно принадлежит Московскому энергетическому институту), антенна была установлена на крыше. Мы привезли приемное устройство супергетеродинного типа, которое имело широкую полосу пропускания (так как это же приемное устройство предполагалось в дальнейшем использовать и для приема импульсов длительностью порядка 10 мс). Детектированные сигналы с выхода усилителя промежуточной частоты (УПЧ) приемника возбуждали настроенный на частоту модуляции передатчика контур высокой добротности, напряжение на котором выпрямлялось и направлялось в цепь чувствительного стрелочного прибора. В комплекте аппаратуры был также разработанный П. А. Погорелко излучатель стандартных сигналов, применявшийся для проверки и калибровки приемного устройства. Оба устройства питались от аккумуляторов и могли легко перевозиться с места на место.

Приемное устройство устанавливалось в различных пунктах в районе аэродрома близ Москвы. Самолет летал вокруг него по круговым траекториям разного радиуса и на различной высоте. Сигналы, отраженные от самолета, считывались со стрелочного прибора и записывались вручную. В процессе этой работы удалось получить обширные материалы, позволившие оценить перспективы техники обнаружения самолетов. В частности, на основе полученных Д. С. Стоговым результатов была обоснована так называемая линейная система обнаружения самолетов с помощью

<sup>9</sup> Лобанов М. М. Начало советской радиолокации. М., 1975, с. 90.

<sup>10</sup> Подробнее о Д. А. Рожанском см.: Кобзарев Ю. Б., Полякова Н. Л. Д. А. Рожанский и становление радиофизики. — Природа, 1983, № 3, с. 72.

<sup>11</sup> При супергетеродинном приеме на входящий сигнал накладываются колебания вспомогательного генератора («местного гетеродина»), частота которого немного отличается от частоты сигнала. При детектировании получившегося суммарного колебания образуются колебания разностной (промежуточной) частоты, несущие практически всю информацию, содержащуюся в сигнале. Происходит как бы перенос сигнала без искажения на более низкую несущую частоту. Колебания промежуточной частоты усиливаются в специальном усилителе УПЧ (усилителе промежуточной частоты), обеспечивающем высокую избирательность, т. е. отсутствие помех от других сигналов на близких частотах. Изменяя частоту местного гетеродина, можно настроить приемник на нужный сигнал. Преобразователь частоты — входной смеситель — ответственная часть устройства, от которого зависит чувствительность приемника.

непрерывного излучения<sup>12</sup>. Излучающие и принимающие устройства в этой системе располагались вдоль линии, параллельной обороняемой границе. Ее пересечение самолетом могло надежно регистрироваться. Такая система была разработана и в сентябре 1939 г. принята на вооружение под названием «РУС-1». Она эксплуатировалась в 1940 г. на Карельском перешейке во время советско-финляндской войны. При ее эксплуатации, однако, возникли трудности с определением принадлежности самолетов, и во время Великой Отечественной войны система «РУС-1» была перебазирована на менее ответственные участки границы, в Закавказье и на Дальний Восток. Ей на смену пришли импульсные станции «РУС-2» и «Редут», обладавшие несравненно лучшими технико-тактическими характеристиками.

### ПЕРВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ИМПУЛЬСНОГО МЕТОДА

Следующим этапом работ было проведение испытаний импульсного метода. В ленинградской лаборатории Опытного сектора УПВО, которую возглавлял бывший сотрудник ЛЭФИ В. В. Цимбалин, к 1937 г. были уже разработаны совершенно необычные генераторные лампы большой мощности (порядка 100 кВт в импульсе), работавшие в диапазоне волн от 3,5 до 4 м<sup>13</sup>. Оставалось решить задачу управления генерацией, чтобы обеспечить стабильность частоты повторения импульсов и воспроизводимость их формы.

ЛФТИ надлежало изготовить электронно-осциллографическое устройство, которое позволяло бы регистрировать как излучаемые, так и отраженные импульсы и определять запаздывание вторых относительно первых.

К концу 1936 г. все подготовитель-

ные работы в ЛФТИ были закончены. Незадолго до этого мы понесли тяжелую утрату — безвременно скончался Д. А. Рожанский, отдававший много внимания и сил лаборатории. Тем не менее мы не снизили темпов работ, руководство которыми были возложены на меня, и договорные обязательства удалось выполнить своевременно. Однако начало опытов задерживалось в связи с трудностями, встретившимися при разработке передатчика в лабораториях Опытного сектора УПВО. Наконец, в марте 1937 г. лаборатория ЛФТИ в полном составе (Н. Я. Чернецов и П. А. Погорелко, к тому времени уже защитившие свои дипломные работы, автор этой статьи и лаборант А. А. Малеев) выехала в Москву на полигон Опытного сектора.

Проверив свою аппаратуру, мы довольно долго ожидали, когда же заработает мощный передатчик, установленный в Москве. Дождаться его сигналов так и не удалось — задача управления мощным генератором импульсов В. В. Цимбалином не была решена. Но стремление провести эксперимент было столь велико, что наш небольшой коллектив своими силами создал на полигоне экспериментальную установку радиообнаружения. Правда, передатчик, которым пришлось пользоваться, был маломощным (около 1 кВт в импульсе), и потому дальность действия установки оказалась небольшой. Тем не менее проведенные на ней первые в СССР наблюдения радиоимпульсов, отраженных от самолетов, оказали решающее влияние на весь ход дальнейших работ. Передающее устройство было построено на базе имевшегося на полигоне УКВ-генератора на типовых лампах Г-165, вовсе не предназначенных для генерирования импульсов, с антенной типа «волновой канал». Был на полигоне и высоковольтный выпрямитель для питания анода ламп. Не хватало главного — управляющего импульсного модулятора.

При подготовке к испытаниям импульсного метода нами был перестроен излучатель стандартных сигналов. К нему добавили специальный контрольный осциллограф и модулятор, превращавший непрерывное излучение в импульсное. Вот этот импульсный модулятор и был взят в качестве задающего генератора модулирующего устройства передатчика. Наспех была сооружена «летучая» схема<sup>14</sup> усили-

<sup>12</sup> Стогов Д. С. — Радиотехника, 1974, т. 29, № 11, с. 9.

<sup>13</sup> Особенности ламп для генерации мощных коротких импульсов были обусловлены необходимостью получения большого тока эмиссии катода и применения высокого анодного напряжения. Практически вся мощность, потребляемая такой лампой, — это мощность накала катода. Средняя мощность генерируемых высокочастотных колебаний по сравнению с ней ничтожна. Высокое анодное напряжение при сильном разогреве баллона лампы требовало применения надлежащей конструкции выводов анода и катода, что увеличивало габариты лампы. Лампы Цимбалина потребляли на накал катода около 1 кВт и по размерам были более 30 см.

<sup>14</sup> Так на лабораторном жаргоне назывались схемы из незакрепленных деталей, соединенных проводами без спайки.



На полигоне Опытного сектора Управления противовоздушной обороны (апрель 1937 г.) Слева направо: А. А. Малеев, Ю. Б. Кобзарев, П. А. Погорелко, Н. Я. Чернецов.

теля его импульсов. Усиленные импульсы подавались на сетки ламп УКВ-генератора, который управлялся этими импульсами вполне устойчиво.

Генерация импульсов производилась с частотой повторения около  $1$  кГц — на эту частоту и было рассчитано приемно-осциллографическое устройство. Оно отличалось от применявшихся в опытах 1936 г. тем, что имело на выходе электронно-лучевую трубку, на отклоняющие пластины которой непосредственно подавалось напряжение с последнего колебательного контура УПЧ приемника.

Линия развертки осциллографа представляла собой свертывающуюся спираль. В горизонтальном направлении луч отклонялся напряжением, подаваемым на пластины со специального низкочастотного

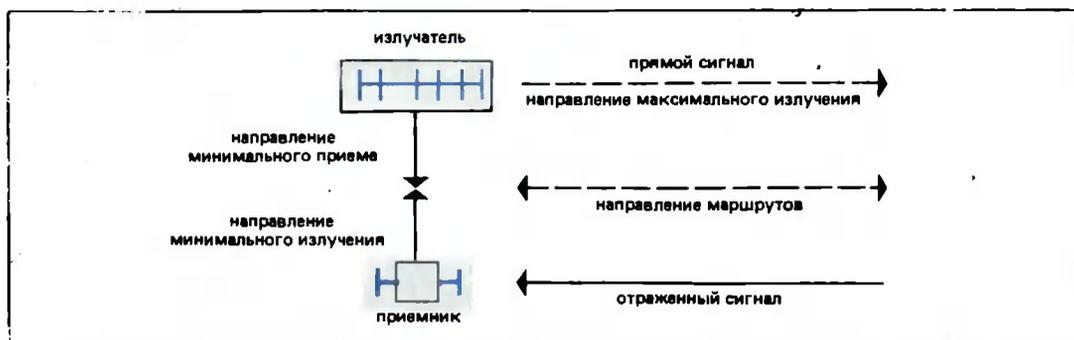
контура, а в вертикальном — магнитным полем катушек того же контура. Затухающие колебания этого контура возбуждались специальным устройством, которое срабатывало синхронно с излучением импульсов передатчика, но с некоторым опережением, чтобы на развертке были четко отмечены и начало зондирующего импульса, и начало импульса, отраженного самолетом. Зная частоту колебаний «развертывающего» контура, по угловому расстоянию между началом импульсов можно было с хорошей точностью определить время запаздывания отраженного импульса и, соответственно, расстояние до самолета.

Приемное устройство размещалось в небольшой железной кабине, на крыше которой была установлена антенна. Кабина могла вращаться вокруг вертикальной оси. Антенная система установки состояла, как и в опытах 1936 г., из двух полуволновых вибраторов, связанных коаксиальными фидерами с входным контуром приемника. Специальное устройство позволяло

регулировать величину связи приемника с каждым вибратором. Взаимное расположение полуволновых вибраторов, направление на передатчик и направление маршрута самолета обеспечивало возможность взаимной компенсации во входном контуре приемника сигналов, приходящих к вибраторам от передатчика, и сложение сигналов, отраженных от самолета.

Первый запуск установки при совместной работе приемника и передатчика нас обескуражил. Из-за больших напряжений, возникавших на выходе приемника, ли-

чения сигналов от местных предметов приемник будет полностью восстанавливать свою чувствительность. Не было, однако, уверенности, что отраженный сигнал при таком удалении самолета от установки еще будет иметь величину, достаточную для его обнаружения. Поэтому когда наступил день первого полета — 15 апреля 1937 г. — наше волнение было очень велико. Но нам сопутствовала удача. Отраженные сигналы уверенно наблюдались на свободных от «местных предметов» участках развертки. Она была зафиксирована на фотографиях



Расположение аппаратуры в опытах 1937 г. Антенна излучателя на рисунке состоит из 4 полуволновых вибраторов (цветные линии), антенна приемника — из двух, размещенных на расстоянии, равном длине волны излучения.

ния развертки с момента излучения зондирующего сигнала на некоторое время исчезла. Иными словами, приемник, как мы и опасались, оказывался в течение долгого времени неработоспособным. Нам показалось, что мы зашли в тупик. Если отраженный сигнал будет приходить в течение «мертвого времени», мы его увидим не сможем. Да и где уверенность, что, когда линия развертки будет видна, приемник уже успеет полностью восстановить свою чувствительность? Механизм всего процесса оставался неясным.

В чем тут дело, удалось понять лишь день спустя. Я возвращался из Москвы на полигон и со станции шел вдоль полотна железной дороги. Меня обогнал поезд. Он уже скрылся из виду, а мне все еще был слышен его гул. Звук от поезда отражался от деревьев, стоящих шпалерами вдоль полотна железной дороги. А не могло ли быть подобной реверберации, вызванной отражением радиоволн от окружающих установку деревьев, и в нашем опыте? Если это действительно так, то после окон-

в виде коротких разрывов линии развертки. Затем последовали опыты с самолетами, летавшими на различных высотах. Предельная зафиксированная на фотоснимках дальность составила 12 км, а визуально удалось наблюдать сигналы от самолета на расстоянии 17 км. Таким образом, днем рождения импульсной радиолокации в СССР можно считать 15 апреля 1937 г.

Проведенные опыты имели решающее значение для дальнейшей работы. Поскольку все характеристики приемника и передатчика были известны, можно было оценить и отражательную способность самолета (эффективное сечение рассеяния, в соответствии с терминологией, принятой в физике), и дальность действия установки при переходе к генераторным лампам большой мощности и высоконаправленной антенне у приемника. Можно было уже не сомневаться, что дальность действия составит не менее 50 км.

Живя на полигоне Опытного сектора, сотрудники имели достаточно времени для бесед на различные темы. Одной из тем вечерних бесед был вопрос о возможности создания единой установки, у которой и приемная и передающая антенна были бы совмещены. Путь к этому, в сущности, уже был намечен примененным в опытах расположением антенн, при кото-



Фото с экрана осциллографа в опытах 1937 г. По угловому расстоянию между началом зондирующего импульса и началом отраженного сигнала определялось расстояние до самолета [в данном случае оно составляет 12,5 км]. Высота полета задавалась и была равна 500 м.

ром прямое излучение передатчика в приемник не попадало. Как достичь такого же эффекта при непосредственной близости антенн и при переходе к высоконаправленной приемной антенне — это пока было не вполне ясно. Тем не менее в возможности найти приемлемое решение мы не сомневались. Впоследствии единая установка лабораторией действительно была создана; правда, это было сделано несколько иначе, чем представлялось в 1937 г.

По окончании работы на полигоне было принято решение — оказать Опытному сектору помощь в разработке модулятора мощного передатчика на лампах В. В. Цимбалына и к концу 1937 г. завершить разработку однопунктового радиолокационного устройства с дальностью обнаружения не менее 50 км. ЛФТИ заключил с УПВО соответствующий договор, однако вскоре обстоятельства изменились.

### РЕШАЮЩИЕ ОПЫТЫ

Летом 1937 г. Опытный сектор был ликвидирован. Все его оборудование и все дела были переданы Научно-испытательному исследовательскому институту связи РККА (НИИИС РККА), подведомственному Управлению связи Наркомата обороны. ЛФТИ было предложено доводить работу до конца своими силами. Свалившаяся на лабораторию необходимость разработки мощного передатчика вызвала перегрузку коллектива и привела к задержке всей

работы. Хотя к концу 1937 г. разработка метода модуляции излучения мощного генератора в основном и была завершена, оставались еще некоторые неясности — в работе генератора наблюдались перебои. Кроме того, предстояло еще изготовить аппаратуру, которую можно было бы перевозить без повреждений. Наконец, нужно было решить задачу передачи высокочастотных импульсов большой мощности из закрытого помещения к наружной антенне при любой погоде. Окончательное решение все эти вопросы получили лишь к лету 1938 г. Аппаратура была изготовлена, перевезена в Москву и установлена в двух зданиях НИИИСа, разнесенных приблизительно на 1 км. Одно из зданий было расположено на холме и имело маленькую надстройку над верхним этажом — комнату  $4 \times 4$  м с выходом на небольшую площадку на крыше. Другое здание находилось в низине, поросшей лесом. В надстройке первого здания было расположено приемно-индикаторное устройство, связанное с антенной, находившейся на крыше. Во втором здании находилось передающее устройство с такой же антенной.

При разработке передатчика предстояло решить, сохранить ли большую частоту повторений (порядка 1 кГц), на которой проводилась работа в 1937 г., или удовлетвориться гораздо меньшей частотой — частотой силовой сети (50 Гц). Высокая частота повторений могла бы обеспечить более легкое обнаружение слабых сигналов: за время восприятия картины на осциллографе (порядка 0,05 с) шумы суммировались бы, и сигнал выглядел бы более четким. Но зато возникли бы большие трудности с устранением 50-герцовых наводок на приемно-осциллографическое устройство. Из-за ограниченности отведенного нам времени было решено синхронизировать работу устройства с силовой сетью. Это позволило существенно упростить схему осциллографического устройства и достаточно легко решить проблему синхронизации приемника и передатчика. Напряжение, синхронизирующее развертку осциллографа, можно было получать от питаемого от сети фазовращателя, регулятора которого давала возможность вынести зондирующий импульс в начало развертки.

Фазовращатель был построен по оригинальной схеме, предложенной Е. Я. Евстафьевым. Угол поворота регулятора на шкале этого фазовращателя в точности равнялся углу смещения фазы выходного напряжения. Теперь развертка была не спи-



Фото с экрана осциллографа в опытах 1938 г. Линии развертки придана волнистая форма для упрощения измерения расстояния до самолета (в данном случае оно оставляет 30 км).

ральной, а линейной. Для определения расстояния в процессе наблюдений на экран осциллографа накладывалась лента из прозрачного материала с нанесенной на ней шкалой расстояний в километрах. Другой способ состоял в том, что на отклоняющие пластины осциллографа подавалось небольшое напряжение известной частоты, дававшее масштаб расстояний на развертке. Для документирования результатов в корпусе устройства закреплялся фотоаппарат типа ФЭД, с помощью которого можно было делать снимки экрана осциллографа.

Как и в 1937 г., первый запуск установки вызвал у нас чувство тревоги. Большой участок развертки после зондирующего импульса был заполнен отражениями от местных предметов. Возник вопрос, а можно ли будет увидеть на этом фоне сигнал от самолета? Вскоре, однако, стало ясно, что мешающие сигналы можно ослабить, направив оси антенн несколько вверх, «оторвав» тем самым их диаграммы направленности от земли. После этого мы стали наблюдать сигналы, отраженные от случайно летавших вблизи самолетов. Установка была признана годной для проведения испытаний, в ходе которых подтвердились все наши расчеты: были фотографически зарегистрированы отражения радиопульсов от самолетов, удаленных на 55 км от установки. Проблема дальнего обнаружения самолетов в принципе была решена. Полученные результаты доказали, что можно переходить к опытно-

конструкторским работам по созданию станций.

Получив сообщение об исходе испытаний, А. Ф. Иоффе всемерно форсировал решение нелегкого вопроса о привлечении к работе радиопромышленности. Путь от нашей стационарной установки лабораторного типа к промышленному образцу (да еще передвижному, как того требовал НИИИС) был нелегок. Радиозавод взять на себя эту задачу не отказался, но установленные ими стоимость образца и срок его изготовления были неприемлемы. Поэтому НИИИС решил изготовить сначала передвижной макет своими силами, используя имеющуюся аппаратуру ЛФТИ, но поиски исполнителя работы по созданию образца тем не менее продолжить. Наконец, усилиями сотрудника НИИИСа А. И. Шестакова исполнитель (НИИ радиопромышленности) был найден, и в апреле 1939 г. было принято постановление Комитета Обороны при СНК о разработке, при участии сотрудников ЛФТИ, двух образцов станций радиобнаружения самолетов. Работу возглавил один из ведущих сотрудников НИИ А. Б. Слепушкин. Переключником занялся Л. В. Леонов, осциллографическим индикатором — С. П. Рабинович, приемником — В. В. Тихомиров.

В начале 1940 г. были изготовлены два образца станции, состоявшей из двух размещенных на 300 м синхронно вращавшихся кабин, в одной из которых было установлено передающее устройство, в другой — приемное. 26 июля 1940 г. станция была принята на вооружение под названием «РУС-2». Теперь можно было считать, что импульсная радиолокация твердо стоит на ногах. Еще раньше, до того как были изготовлены эти два образца, в НИИИСе под руководством А. И. Шестакова был создан аналогичный двухантенный макет (его назвали «Редут»), в котором использовались блоки установки ЛФТИ. Это был передвижной макет: два автофургона с аппаратурой внутри и антеннами на крыше, что давало возможность провести всесторонние испытания установки, в частности определить зависимость дальности ее действия от высоты полета самолета. Такие испытания были проведены осенью 1939 г. в Крыму, в районе Севастополя, при моем участии. В ходе испытаний была продемонстрирована возможность обнаружения самолетов на расстоянии до 150 км, и выяснилось, что именно можно требовать от промышленных образцов.

Вскоре после окончания севастополь-

ских испытаний началась война с Финляндией. Макет «Редута» по инициативе А. Ф. Иоффе был установлен на Карельском перешейке, и всю войну на нем (под руководством А. И. Шестакова) шла боевая работа. Так импульсная радиолокация получила первое боевое крещение и заслужила авторитет в Ленинградском корпусе ПВО.

После первых двух образцов были изготовлены еще 10 таких же станций. Работать на них было крайне тяжело из-за непрерывного вращения кабин, и потому работы по совершенствованию станции продолжались в быстром темпе. В частности, в НИИ был разработан высокочастотный токосъемник — устройство, позволяющее вращать антенну при том, что аппаратура, находящаяся в кабине, оставалась неподвижной. Была также усовершенствована схема модуляции.

Во время советско-финляндской войны по инициативе А. Ф. Иоффе было принято решение построить под Ленинградом большую стационарную установку повышенной дальности действия для нужд противовоздушной обороны. Строительство этой установки осуществлялось исключительно быстрыми темпами при всестороннем содействии Ленинградского обкома ВКП(б). Руководил работой Н.Я. Чернецов. Установка, построенная на высоком берегу озера близ п. Токсово, состояла из двух 20-метровых вышек, разнесенных на 100 м. На вышках находились кабины с антеннами на крышах. В одной кабине размещался генератор, в другой — приемно-осциллографическое устройство. Антенны были связаны стальным тросом и могли синфазно вращаться в пределах сектора 270°. Около вышки с генератором находился домик с помещением для модулятора с контрольным осциллографом и комнатами для отдыха персонала.

Как ни быстро шло строительство, война с Финляндией закончилась раньше. Построенная станция была использована ЛФТИ для дальнейших исследований. На ней, в частности, велись опыты по созданию системы опознавания своих самолетов. На основании полученных оценок эффективного сечения рассеяния радиоволн самолетом казалось, что, разместив на самолете полуволновый вибратор, можно, разрывая и соединяя его посередине в заранее условленном порядке, вызвать изменение величины отраженного сигнала в том же порядке. Опыты, проведенные для осуществления идеи такого «пассивного устройства опознавания», оказались неудачными,

и в дальнейшем в ЛФТИ был разработан «активный ответчик» — устройство, генерирующее и излучающее импульс в ответ на пришедший к самолету зондирующий сигнал. Это устройство прошло успешные испытания в последние предвоенные дни в реальных условиях под Москвой. Они положили начало работам в этом направлении, проводившимся затем в нескольких лабораториях во время войны. Проблема опознавания своих самолетов и сегодня остается одной из важнейших проблем радиолокации.

Другой работой, проведенной на станции, было испытание в реальных условиях предложенного П. А. Погорелко способа объединения передающей и принимающей антенн. Прием велся одновременно и на антенну передатчика (для этого приемник был установлен на крыше кабины с передатчиком, непосредственно под антенной) и на «штатную» приемную антенну на другой вышке. Испытания, проведенные в июле 1940 г., показали, что сигнал от самолета появлялся и исчезал на экранах обоих приемных устройств одновременно, что доказывало возможность создания радиолокационных станций с одной антенной, имеющих ту же дальность действия, что и двухантенные станции.

Одной из проблем, над которой работали в ЛФТИ перед войной, было существенное увеличение дальности обнаружения самолетов путем применения более длительных и долго накапливаемых импульсов. Работы в этом направлении предполагалось проводить на установке в п. Токсово. Война привела к их прекращению: установка была включена по сигналу тревоги. Непрерывное круглосуточное дежурство на ней вначале велось силами лаборатории (ее состав к этому времени в связи с расширением тематики пополнился), но вскоре на установку, направили воинское подразделение, которому после обучения и была передана дальнейшая ее эксплуатация, а лабораторию эвакуировали в Казань. Токсовская установка проработала всю войну. Благодаря ее высоким антеннам, на ней можно было обнаруживать самолеты на дальних подходах (до 200 км) и низколетящие цели. Это было использовано для обнаружения и уничтожения вражеских аэродромов на Карельском перешейке.

Незадолго до начала Великой Отечественной войны вышло правительственное постановление о присуждении Государственных премий СССР за выдающиеся

научные работы и изобретения. Среди награжденных был и коллектив лаборатории ЛФТИ в составе П. А. Погорелко, Н. Я. Чернецова и автора этих строк. Достоинно сожаления, что в коллектив не был включен инициатор работ П. К. Ощепков, организовавший и лаборатории в системе УПВО, и специальный полигон под Москвой. Его усилиями было обеспечено и проведение испытаний первой импульсной радиолокационной установки на этом полигоне.

Во время войны фронт работ в области радиолокации сильно расширился. В НИИ началось усовершенствование станций «РУС-2» и создание новых радиолокационных установок. Крупным достижением института стала разработка станции, которую можно было транспортировать в упаковках. Эта портативная станция, названная «Пегматит», легко упаковывалась в ящики и перевозилась на одной машине в указанное место. Ее можно было разместить в деревенской хате, а мачту антенны прикрепить к дереву. Станция «Пегматит» получила широкое распространение как станция предупреждения и наведения истребительной авиации. За работы в области радиолокации коллективу сотрудников НИИ радиопромышленности во главе с А. Б. Слепушкиным была присуждена Государственная премия СССР 1943 г.

В годы войны производство станций типа «РУС-2» и «РУС-2с» велось в больших масштабах — в войска было передано свыше 600 таких установок<sup>15</sup>. В дальнейшем проводились работы по их совершенствованию и расширению производства.

Заслуживает быть отмеченной и другая работа НИИ военных лет — создание самолетной установки, обеспечивающей возможность наведения истребителей в ночное время — «Гнейс-2». Были созданы также станции обнаружения самолетов для кораблей Военно-Морского флота, нашедшие широкое применение.

Работы, о которых рассказано выше, — лишь искра, которая зажгла огромный костер. Для расширения фронта работ по радиолокации при Государственном комитете обороны был создан Совет по радиолокации, организованы научно-исследовательские институты и заводы, созданы специальные кафедры в высших учебных заведениях.

Радиолокация сегодня — это обширная область техники, которая впитывает в себя все достижения современной электроники. С помощью радиолокации мы имеем возможность заглянуть в глубь Земли и космоса. Облучая длительное время далекую планету сигналами, посылаемыми со стометровых зеркал-антенн, и анализируя отраженные сигналы, можно получить ценнейшую информацию об особенностях строения поверхности планеты. Разместив радиолокатор на космическом аппарате, можно изучать структуру поверхности планет, в том числе и Земли. Без радиолокаторов немислима работа современных аэродромов, с их помощью осуществляется навигация морских судов и космических кораблей.

Современная техника радиолокации поражает воображение. Диапазон длин волн, в котором работают радиолокационные установки, чрезвычайно широк — от десятков метров до миллиметров. Антенны аэродромных радиолокаторов и радиолокаторов ПВО представляют собой огромные сложные сооружения, насчитывающие до нескольких тысяч элементарных излучателей. Они управляются по специальной программе, позволяющей производить обзор пространства без вращения всей антенны, определять точное положение и характеристики обнаруживаемых объектов. Иногда в шутку говорят, что с помощью современной техники радиолокации об обнаруженном самолете можно узнать все, кроме фамилии летчика.

Зондирование производится радиосигналами со сложной внутренней структурой. Изменилась и техника приема отраженных сигналов. После предварительного усиления они записываются в цифровой форме, и вся сложная процедура их анализа производится средствами ЭВМ.

Если на наземных радиолокационных станциях можно использовать антенны больших размеров, то для самолетов и космических кораблей нужны установки с небольшими антеннами. С помощью разработанного в последние годы так называемого метода синтезированной апертуры удалось создать устройства, которые, анализируя совместно сигналы, полученные на значительном участке пути, обеспечивают такую же высокую разрешающую способность установки, как если бы антенна была больших размеров.

Не вызывает сомнения, что бурное развитие радиоэлектроники, которое происходит в наши дни, приведет к дальнейшему прогрессу в области радиолокации.

<sup>15</sup> См.: Лобанов М. М. Цит. соч., с. 255.

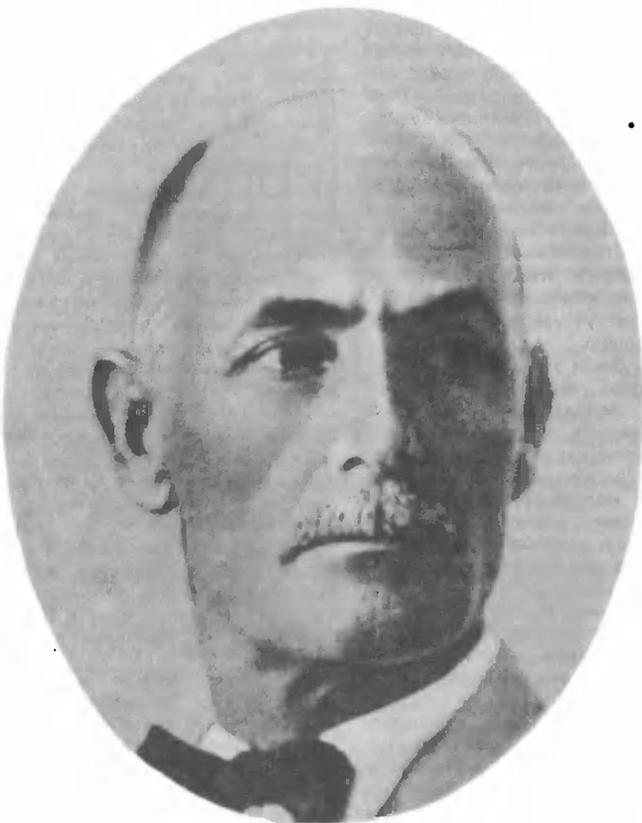
## АРТУР ХОКАРТ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД В ЭТНОГРАФИИ

### «Труды и дни» Артура Хокарта

**Вяч. Вс. Иванов,**  
доктор филологических наук  
Москва

В последнее время происходит переосмысление основных методов и принципов таких гуманитарных наук, как этнография, исследующая социальное устройство и культуру различных обществ, в частности, далекого от нас отстоящих. Главным образом это вызвано выявлением тесной связи этнографии с историей, а благодаря этому и с естественными науками, изучающими эволюцию жизни. В особенности близким к этим наукам оказывается понимание способов восстановления прошлого. При этом далеко идущем пересмотре самих оснований этнографической науки на первое место выдвигаются некоторые незаслуженно забытые ее представители; среди них прежде всего следует назвать Хокарта.

Артур Морис Хокарт (1883—1939) принадлежит к числу ученых, чьи идеи и труды слабо были оценены при жизни. В полной мере их стали признавать, переиздавать и изучать спустя несколько десятилетий после его смерти. Хокарт принадлежал к старинному французскому роду. Предки его давно переселились в Англию, но не порывали связей с Францией и французским языком. Это сказалось и на образовании Хокарта, начавшемся в Брюсселе, но продолженном в Оксфорде, где он учился трижды. Первый раз он окончил университет в 1906 г., получив магистерскую степень в области классических языков и античной истории. Второй раз в том же Оксфорде в 1914 г. он занимался антропологией<sup>1</sup> после



АРТУР МОРИС ХОКАРТ. 1883—1939.

учебы в Берлине, где слушал психологию и философию, и полевых занятий этнографией на о-вах Океании. Наконец, после участия в боях во Франции, он в третий раз вернулся в Окс-

форд, где в 1919—1920 гг. занимался древними и новыми языками Южной Азии — санскритом, пали, тамильским, сингальским. Языковые способности Хокарта вызывают изумление: в Океании, где он прожил около пяти лет (1908—1913), он в совершенстве изучил фиджийский и некоторые полинезийские языки. В Египте — он читал лекции в Каире перед смертью — Хокарт выучил арабский и читал в

нах объединяют две науки: физическую антропологию (в нашем понимании) и социальную антропологию (близкую к этнографии дисциплину).

<sup>1</sup> Под термином «антропология» в англоязычных стра-

подлиннике великого арабского средневекового историка Ибн-Халдуна. К своей книге «Цари и советники» уже после ее публикации Хокарт на собственном экземпляре делал дополнения на древнегреческом, латинском, английском, французском, немецком, фиджийском и арабском языках. Всего он знал 14 или 15 языков.

Лингвистическая подготовка не только позволяла Хокарту точно интерпретировать многочисленные древние тексты и свидетельства местных жителей исследуемых им стран, которых он расспрашивал, — он был одним из немногих этнографов, овладевших методами сравнительно-исторического языкознания, позволяющими многие сходные явления возвести к одному первоисточнику. Эти методы он применяет в первой же своей книге «Царствование» к изучению обычаев и верований<sup>2</sup>. Хотя он тут же оговаривается, что далеко не все похожие вещи можно возводить к общему корню, ведь вполне возможно и параллельное развитие обычаев и т. п., дающее типологически сходные результаты.

Поставленная Хокартом задача построения этнографии на основе сравнительно-исторического метода облегчалась широтой его собственных познаний. Проведя на о-вах Лау Фиджийского архипелага три года, Хокарт опубликовал их описание, целиком основанное на показаниях его информантов-фиджийцев. К этому весьма сжато и к тому же сокращенному издателем описанию после смерти Хокарта добавилась значительно более полная его монография о северных о-вах Фиджи, им самим завершенная в рукописи<sup>3</sup>. Эта последняя книга до сих пор остается одним из наиболее радикальных опытов описания племенных обычаев в виде дедуктивной формализованной целостной системы. Не удивительно, что книга и после своего издания через 13 лет после смерти автора не

получила должной оценки: этнография тогда еще не была готова к обсуждению попыток ее математизированного изложения. Но теперь, когда и логика развития гуманитарного знания, сближающегося с математикой, и возможности, связанные с применением компьютерной техники, стимулируют развитие в этом направлении, наследие Хокарта все чаще оценивают по достоинству.

Опыт пребывания на Фиджи оказался в научной, а возможно и в человеческой биографии Хокарта решающим. Он был поражен, увидев общество, совершенно не похожее на западноевропейские и успешно решающее свои задачи. Не кажется надуманным сравнение молодого Хокарта на Фиджи с Гогеном на Таити. В обоих случаях перед европейцем открывался новый мир, потрясавший — в одном случае ученого, в другом художника — необычностью, гармонической целостностью, отсутствием многого, что считалось обязательным на Западе. Хокарт и здесь проявил себя прежде всего историком: обнаружив отсутствие на Фиджи государственного управления в европейском смысле, он задумался над тем периодом в истории любого общества, который предшествовал возникновению государства; этому и были посвящены его основные книги.

После первой мировой войны Хокарт возглавляет археологическую службу на Цейлоне, сам ведет раскопки, издает и комментирует их результаты, публикует множество трудов по археологии, истории и этнографии Южной Азии. Но важнейшим итогом его занятий в 20-е годы явилась книга «Царствование». В ней он рассмотрел ритуал коронации у разных народов мира, древних и известных по новым данным. Ему удалось провести формальное описание обряда, разбив его на основные этапы.

Принципы этого исследования близки к идеям советского фольклориста В. Я. Проппа, высказанным в те же годы. В первой своей книге, лучшейшей недавно мировую известность, Пропп, анализируя волшебные сказки, показал, что

эти сказки построены по единой общей схеме, формальное описание которой он дал<sup>4</sup>, а во второй — что последовательность эпизодов сказки отвечает схеме обряда инициации, знаменовавшего вхождение юноши на правах равноправного члена в первобытное племь<sup>5</sup>. Но, согласно Хокарту, ритуалы инициации и коронации имеют общее происхождение, и потому для них обоих годится одна структурная схема.

В своих ранних работах Пропп ориентировался на учение И. В. Гете о морфологии, в частности на его понимание «працветка» (Urpflanze). Пропп хотел все сказки свести к подобной единой морфологической прасхеме, которую далее он по-пробовал истолковать исходя из последовательности частей древнего ритуала инициации. Современные исследователи, признающие значение идеи морфогенеза у Гете, полагают, однако, что далеко не всегда решение состоит в обнаружении «праформы»: существеннее бывает верно наметить путь развития, а не указать конкретный древний феномен, к которому обязательно сводятся все позднейшие варианты. Точно так же и в гипотезе Хокарта о происхождении сходных по структуре обрядов коронации и инициации из общего источника не столь важна форма этого «праобряда», сколько возможность единогообразного описания каждого из обрядов по некоторой общей схеме. В свою очередь такая общая схема позволяет легче сопоставлять данные разных традиций, на первый взгляд разнородные.

Ориентация на выводы сравнительного языкознания привела Хокарта к особому пониманию «тождества». В лингвистике генетически тождественными являются слова и части слов, которые можно свести к одному источнику, например, латинское *pater*, английское *father*, немецкое *Vater*. Перенос эквивалентности по происхождению (и ее обозначения зна-

<sup>2</sup> Hocart A. M. *Kingship*. Oxford, 1927 (2 ed. 1969).

<sup>3</sup> Idem. *The Northern States of Fiji*. L., 1952.

<sup>4</sup> Пропп В. Я. *Морфология сказки*. Л., 1928 (2-е изд. 1969).

<sup>5</sup> Он же. *Исторические корни волшебной сказки*. Л., 1946.

ком тождества) на факты мифологии и этнографии объясняется воздействием лингвистики; но суть не в термине, а в доказательстве наличия общего источника.

Из специальных занятий социальной структурой Индии и сопредельных стран выросла книга о кастах, при жизни автора вышедшая только по-французски, а затем дважды издававшаяся по-английски. Хокарт сопоставил особенности общественной организации, обнаруженные им на о-вах Тихого океана, с индийской кастовой системой. Сравнение социальных рангов, выявленных на Фиджи, с индийскими кастами позволило ему попытаться реконструировать историю последних. В обществе типа полинезийских есть следующие социальные ранги: «жрецы», «воины», «земледельцы» и «низший ранг». Если запретить браки между представителями этих рангов, то, полагает Хокарт, получится индийская кастовая социальная структура<sup>6</sup>. Этот вывод близок к результатам новейших исследований проблемы социальных рангов и каст в нашей науке и может служить интересным примером сравнения разных социальных структур с целью восстановления их прошлого<sup>7</sup>.

После длительной инфекционной болезни, превратившей его работу на Цейлоне, Хокарт несколько лет провел в Англии. Он не получил кафедры ни в одном из университетов: необычное дарование мешало его преподавательской карьере. Наконец, он занял кафедру социологии в каирском университете, где проработал последние пять лет своей жизни, оборвавшейся из-за полученной в Фаюме болезни. В эти годы он пишет свою основную книгу «Цари и советники»<sup>8</sup>, многочисленные статьи,

среди которых интереснейшие эссе о связи древнего Египта с современным, набрасывает заметки к книге о происхождении общества, изданной посмертно<sup>9</sup>.

Хокарт прожил всего 55 лет, из которых 3 года ушли на службу в армии и больше года на тяжелую болезнь. Тем не менее он успел сделать очень много: при жизни он издал 6 книг, еще три были опубликованы посмертно; у него напечатано около 200 статей, и ждут публикации многие наброски, сохранившиеся в его новозеландском архиве (лондонский, хранившийся у его вдовы, погиб при бомбардировке города во время второй мировой войны).

Статьи или эссе были основным жанром, в котором работал Хокарт. Самый стиль его сочинений, литературно отточенный и предельно сжатый, резко отличался от наукообразия книг многих его современников. Хокарту претило ставшее тогда популярным увлечение якобы особым «мифологическим» мышлением: в мифах и установлениях «дикаря» он искал проявления логики. Хокарт считал, что в гуманитарных науках надо, используя рационалистический подход, анализировать эмпирические факты и проверять ими теории. Общенаучные установки Хокарта, в которых он следовал опыту естественных наук, отделяли его от представителей многих популярных в то время направлений этнографии. Он был далек от того, чтобы уклоняться от ответа на основные вопросы своей науки. Напротив, каждое из его многочисленных исследований было призвано подготовить материал для такого ответа. Общий итог своим занятиям он сумел подвести в книге «Цари и советники», первая — вводная — глава которой («Критерии оценки свидетельств») с небольшим сокращением печатается ниже.

«Цари и советники» имеют существенный подзаголовок: «Опыт сравнительной анатомии

человеческого общества». Хокарт был увлечен примером биологии. Из теории эволюции, как и из сравнительно-исторического языкознания, он извлек для своей науки такое важное понятие, как конвергенция. Его принципы исследования в языкознании в период между двумя войнами были преимущественно таксономическими, ориентированными на первоначальную морфологическую систематику. Но вместе с тем едва ли не основной биологической дисциплиной, по образцу которой ему хотелось вести исследования, была палеонтология. В главе «Критерии оценки свидетельств» Хокарт недаром большое внимание обращает на косвенные свидетельства. И палеонтология, и сравнительно-историческое языкознание занимают его прежде всего выработанными методами восстановления прошлого, которое недоступно непосредственному наблюдению.

Ключевая роль, которая в концепции Хокарта отводится реконструкции, основанной на анализе современных этапов развития, позволяет сблизить его взгляды с точкой зрения, изложенной одним из крупнейших психологов XX в. Л. С. Выготским в теоретической работе «Исторический смысл психологического кризиса», написанной в 1927 г. и опубликованной в 1982 г. Выготский, как и Хокарт, обращал внимание на то, что при исследовании ранних этапов развития мы всегда должны осуществлять реконструкцию того, чего сами — непосредственно — не знаем. Ни один исследователь, например, детской психологии, утверждает он, не «знает» реального детства, поскольку мир взрослого — это не развивающаяся детская психология, а в корне отличная от нее. Можно сказать, что это — другая психология, при которой невозможен прямой перевод детских мотивов, поступков, рассуждений на язык взрослого. И потому детство не доступно прямому наблюдению, а реконструируется по различным косвенным свидетельствам. Точно так же ни один историк не знает той реальной эпохи, которую исследует: на помощь приходят документы. Реконструкция достигает наилучших результатов в том слу-

<sup>6</sup> Hocart A. M. Caste. A comparative study. N. Y., 1968.

<sup>7</sup> Крюков М. В. Социальная дифференциация в древнем Китае. — В кн.: Разложение родового строя и формирование классового общества. М., 1968.

<sup>8</sup> Hocart A. M. Kings and Councillors. An Essay in the

Comparative Anatomy of Human Society. Cairo, 1936 (2 ed. Chicago, 1970).

<sup>9</sup> Idem. Social Origins. L., 1954.

чае, если она опирается на хорошо нам известные развитые формы и от них движется вспять. По словам Выготского, «спять до конца какой-нибудь этап развития и самый процесс можно, только зная конец процесса, результат, направление, куда и во что развивалась данная форма... Только зная конец пути, можно легче понять и весь путь в целом, и смысл отдельных этапов. Таков один из возможных методологических путей, достаточно оправдавший себя в ряде наук»<sup>10</sup>.

Тот же метод реконструкции прошлого на основании данных о современном состоянии применяется в молекулярной теории эволюции. Согласно мнению одного из первооткрывателей археобактерий, в новейших открытиях кажется наиболее удивительным обилие информации о самых ранних ступенях эволюции, заключенной в самой клетке<sup>11</sup>.

Идея Выготского, несомненно, верна. Принцип реконструкции начальных этапов на основании поздних результатов эволюции объединяет большинство современных наук, исследующих свои объекты в динамике. По сходным причинам Хокарт в своих сравнительно-социологических построениях привлекает материал и современной ему Англии и других стран. Главу о священном царе в книге, написанной в 1936 г., он кончает, например, историческим анализом идеологии немецкого фашистского государства, где провозглашался (словами Геринга) божественный характер власти Гитлера.

Хокарта занимало не только прошлое, но и будущее, которое, по его мнению, можно было «увидеть» на основании данных современности. Одна из его статей завершается рассуждением о роли сознания в эволюции, отчасти близким к идее ноосферы В. И. Вернадского и Тейяра де Шардена.

Каков же основной результат, достигнутый книгой «Цари и советники»? Сам Хокарт, вероятно, отметил бы идею происхождения многих органов управления из ритуальных, обрядовых функций, которые обеспечивали жизнедеятельность общества. Эта идея связана была Хокартом с аналогичным выводом биологов о возникновении целого ряда органов еще до того, как четко определяется функция, позже ими выполняемая.

И еще одно. На материале большого числа сравниваемых им обществ — от австралийских племен до древнеегипетского царства — Хокарт показал универсальный характер древней дуальной структуры общества (связь двух экзогамных родов в постоянное взаимобращное объединение), отражающейся и в социальных установлениях, и в мифологии. Независимо от него примерно в те же годы этот вывод был обоснован в изданной посмертно диссертации «Дуальная организация первобытных народов и происхождение дуалистических космогоний» нашего выдающегося ученого А. М. Золотарева<sup>12</sup>. А к настоящему времени он подтвержден множеством специальных исследований.

Конечно, отдельные конкретные выводы, которые делал Хокарт в своих опытах по восстановлению древних общественных структур и тенденций их развития, могут быть оспорены. Согласно его же принципам, многие теории выдвигаются только для того, чтобы проверить их эмпирическими фактами. Одни предположения Хокарта, относящиеся, в частности, к значительной роли символа материнского чрева в древней схеме обряда коронации, символа порождения, произведения (в данном случае в цари), подтверждаются нынче большим числом данных, собранных у австралийских и иных племен. Другие стороны его теории нуждаются в коррективах. Но всего существенней правильность за-

нятой им последовательно эволюционистской позиции.

Исследование в сравнительном плане различных типов культур и путей их преобразования при социальной (а не чисто биологической) передаче информации от поколения к поколению могло бы в равной мере быть и основой, и теоретическим обобщением как этнографических исследований самых разных современных обществ, в том числе и обществ племенных, отличных от стандартных европейских, так и культур различных исторических эпох, в частности — удаленных от нас во времени. Тем не менее по сей день эти методы в очень малой степени ложатся в основу исследований истории «неэкзотических» (термин условен) культур.

Сейчас все большую значимость приобретают неевропейские культуры «третьего мира». Их анализ явно составляет промежуточное звено между изучением первобытных культур и историей культуры в широком смысле. До сих пор ученым, занимающимся проблемами культуры первобытности не хватало тех возможностей «микроскопического» исследования развития, которое у исторических дисциплин гарантировано наличием непрерывной письменной традиции. Но по отношению ко многим обществам «третьего мира» такая традиция (во всяком случае, на протяжении последних столетий — после начала контактов с европейскими культурами) выявляется, что и делает их исследование особенно важным для обнаружения связей между письменными и бесписьменными обществами.

Раннее европейское понимание истории было слишком нацелено на выявление уникальности каждого отдельного события. Поэтому в представлении о цикличности всегда видели следы только мифологического мышления; сейчас в нем более отчетливо видны и элементы преднаучного. История и миф предстают одновременно в своем единстве и различии.

В этом отношении очень многое предвосхитил Г. Г. Шпет, который уже в своих работах 20-х годов, говоря о «динамиче-

<sup>10</sup> Выготский Л. С. Вопросы теории и истории психологии. Собр. соч. Т. I. М., 1982, с. 294.

<sup>11</sup> Waese C. R.— *Scient. Amer.*, 1981, v. 244, № 6, p. 122.

<sup>12</sup> Золотарев А. М. Подовой строй и первобытная мифология. М., 1964.

ском коллективе» как предмете исследования, утверждал, что «история, этнология изучают... коллективы в их конкретном бытии»<sup>13</sup>. Конкретное бытие первобытных обществ, как правило, обнаруживает прямую или слегка замаскированную связь своих идеологических представлений с практикой. В развитых обществах всегда в наличии много идеологических систем или подсистем, таких как «официальная — народная», «церковная — светская», не всегда напрямую связанных друг с другом. Этот аспект по отношению к средневековому европейскому и последующим обществам еще в 30—40-е годы XX столетия был детально исследован в трудах по истории культуры таких ученых, как М. М. Бахтин<sup>14</sup>.

Школа изучения истории культуры, созданная в СССР трудами М. М. Бахтина, В. Я. Проппа, И. Г. Франк-Каменецкого, О. М. Фрейденберг, Л. С. Выготского, С. М. Эйзенштейна и других ученых в 20—40-е годы, в ряде отношений опередила мировую науку. Во-первых, в трудах названных исследователей был выдвинут в качестве основного динамический принцип. Согласно ему, исследователь, начиная с выделения наиболее архаических пластов в синхронном описании «неофициальных» (народных, «карнавальных», ритуальных) элементов данной культуры той же традиции, постепенно восходит к ее истокам и прослеживает путь ее дальнейшей трансформации. В. Я. Пропп и О. М. Фрейденберг в софокловской трагической версии мифа об Эдипе раскрыли, например, исходную фольклорную ситуацию загадывания-разгадывания загадки. Идя дальше по этому пути, можно наметить языковые (праиндоевропейские) и мифологические корни этого мотива, даже более — шагнуть в универсальные, общечеловеческие корни загадок, связанных с инцестом, которые

объединяют традиции Старого и Нового Света.

Однако вешки, расставленные по пути к истокам, одновременно помогают обнаружить причины и моменты преобразования древней структуры в нечто новое. Так, например, О. М. Фрейденберг показала преобразование древнейших мифологических представлений в новую этику античного полиса, нашедшую свое выражение в афинской трагедии<sup>15</sup>.

Во-вторых, Л. С. Выготский выстроил концепцию культуры как развития знаковых систем, призванных управлять поведением. В этой концепции нашла разрешение проблема соотношения культуры и психологии личности. Именно этот круг идей Выготского, разрабатываемый его школой, в последние годы оказывает все большее влияние на мировую науку. Взаимодействие личности и общества, создающего благоприятную или неблагоприятную среду для развития задатков личности (в том числе генетически predetermined), впервые начали исследовать экспериментально, в том числе путем изучения разных типов культур.

Можно выделить, например, два типа культур, так или иначе связанных с проблемой авторства — изобретательства. Первый ориентирован на воспроизведение старых стандартов, второй — на поиск нового. В культурах первого типа изобретательство преимущественно отнесено к мифологическому времени, когда им занимались «культурные герои», тогда как культуры второго типа ориентированы на постоянное изобретательство, чему способствуют определенные социальные институты, заранее поощряющие его.

Эпические сказания в обществах, переходных от первого типа ко второму, служат основным средством передачи информации о прошлом (иногда или часто мифологизируемом). В последнее время выясняется значительная мера вероятности некоторых сведений, сообщаемых в фольклорных преданиях. Проведенное недавно детальное

сравнение хаттского языка с абхазо-адыгским позволило доказать их древнее родство и соответственно выявить наличие исторических оснований у преданий, бытовавших у абхазов и адыгов, о переселении предков этих народов с юга несколько тысяч лет назад. Установлено также, что некоторые из регулярно повторяющихся трансформаций прошлого в эпосе имеют свои четкие характеристики. Так, например, культурная память исследованных Хокартом южноазиатских и тихоокеанских коллективов измеряется четырьмя поколениями. Это связано с характером брачно-родственных отношений, когда люди уходят из старого коллектива в новый, с порядком наследования земель, требующим подчас создания иного мифа, и т. п. Таким образом, возникает возможность исследовать конкретные ограничения, которые налагает на память коллектива его социальная структура.

Все эти выводы, основанные на изучении современных обществ, проливают свет и на многие традиционные проблемы античной и древневосточной истории. Они, в частности, подтверждают достоверность эпических преданий о малоазиатском происхождении этрусков, реальность геродотовского рассказа о лидийских царях, наличие исторических оснований в греческом мифе об аргонавах и в рассказе о месопотамских торговцах в Малой Азии. В каждом из указанных случаев эпический (или, как у Геродота, раннеисторический) рассказ подтверждается в существенных своих чертах недавно открытыми языковыми и археологическими данными. Задача историка культуры — не только выявить историческую основу преданий, но и установить причины и пути эпической (и мифологической) трансформации фиксируемых в них событий.

В любом случае сравнительный метод исследования, примененный Хокартом, представляет широкое поле для совместной работы гуманитариев и «естественников». Обособление сфер их деятельности друг от друга сменяется ныне поиском наиболее разумных форм сотрудничества.

<sup>13</sup> Шпет Г. Г. Введение в этническую психологию. Вып. 1. М., 1927, с. 102—103.

<sup>14</sup> См.: Бахтин М. М. Творчество Франсуа Рабле и народная культура средневековья и Ренессанса. М., 1965.

<sup>15</sup> Фрейденберг О. М. Миф и литература древности. М., 1978.

## Критерии оценки свидетельств

А. М. Хокарт

Прогрессу в понимании эволюции человека, особенно его духовной эволюции, мешают широко распространенные заблуждения относительно оценки свидетельств. Характер свидетельств одинаков во всех сферах человеческой деятельности. В судопроизводстве он такой же, как в науке, только в суде на эти оценки обычно не влияют предубеждения или фанатизм, что постоянно происходит в науке, особенно в науке о человеке.

В судопроизводстве различают два вида свидетельств: прямые и косвенные. Если человек действительно видел убийство и описывает, как оно произошло, это называется прямым свидетельством. Но воочию увидеть убийство удается крайне редко. Поэтому необходимо учитывать все обстоятельства — состояние и положение жертвы, время убийства, передвижения жертвы и подозреваемого, условия их жизни, их характеры — истолковать все это, исходя из законов природы, особенно природы человека, и создать теорию, которая объяснила бы все обстоятельства и была бы единственным возможной. Такие свидетельства называются косвенными.

Существует распространенное, но естественное заблуждение, что прямые свидетельства гораздо важнее косвенных и что только их следует считать удовлетворительными. Опытный судья, подводя итоги знаменитого дела об убийстве, опроверг бы эту точку зрения. Он бы указал на то, что прямые свидетельства могут оказаться слабее косвенных: свидетель может солгать или быть пристрастным; память его может подвести, а воображение сыграть злую шутку. Даже два свидетеля могут ввести суд в заблуждение. В некоторых странах не доверяют даже пятидесяти свидетелям, рассказывающим одну и ту же историю. С другой стороны, если сотни мелких деталей, которые никто не мог заранее ни обдумать, ни подготовить, ведут нас в одном-единственном направлении, то возникает доста-

точная уверенность в выводах, насколько вообще можно быть уверенным, когда имеешь дело с человеческими поступками. За последнее столетие вряд ли кого-нибудь повесили на основании прямых улик без учета косвенных, но на основании только косвенных улик повесили многих.

Как правило, историк разделяет распространенное заблуждение: он верит прямым свидетельствам — описаниям очевидцев, монетам, развалинам. Он не доверяет косвенным свидетельствам. Он тянется к прямым, как неумелый моряк к берегу.

Общепризнанно, что астрономия — одна из самых точных наук, однако она смело проникает в такие далекие эпохи, о которых мы вряд ли когда-нибудь найдем прямые свидетельства. В то время как историки боятся говорить об обществе, развивавшемся на протяжении десятков тысяч лет, если у них нет документов, астрономы спокойно восстанавливают историю Солнечной системы, насчитывающую миллионы лет, только на основании свидетельств, которые им дает настоящее. Астрономы, наблюдая туманности, солнца, мертвые звезды, полагают, что это различные стадии, через которые прошле или пройдет наша Солнечная система. Они представляют себе такой путь развития, который объяснил бы все имеющиеся факты. Время может внести поправки в их схему, но не может изменить их методологию.

У геологов тоже есть только одна отправная точка — настоящее, и они рассуждают так же, как астрономы. Они считают, что различные типы гор и рек представляют собой различные стадии роста и разрушения, и таким образом восстанавливают историю Земли.

Самые важные успехи в биологии были достигнуты исключительно благодаря косвенным свидетельствам. Один из биологов недавно сказал: эволюция как таковая принимается зоологами не потому, что кто-то видел, как она происходила, и не по-

тому, что она основывается на логически последовательных доказательствах, а потому, что она соответствует всем данным таксономии, палеонтологии и географического распределения видов, и потому, что только ее объяснение этих данных заслуживает доверия. Биология, в отличие от астрономии, располагает неким подобием прямых свидетельств, таких как кости и отпечатки вымерших животных. Эти свидетельства изучаются палеонтологией, но они не достаточны для эволюционной теории; они могут подтвердить или внести поправки в теорию, снабдить ее некоторыми деталями, но не являются обязательными для самой теории. Данные палеонтологии не были основой для эволюционной теории, но эта теория вдохнула жизнь в палеонтологию. Теория эволюции заставила по-новому относиться к ископаемым, искать их с большим рвением, потому что она поставила перед людьми более важную цель, чем простое собирание фактов.

Ни к одной отрасли биологии это не имеет такого прямого отношения, как к биологии человека. До Дарвина она не располагала палеонтологическими данными. Первый гибралтарский череп был найден в 1848 г.; это произошло совершенно незамеченным. «Происхождение видов» появилось в 1859 г. И только когда люди привыкли к мысли о происхождении человека от обезьяноподобного существа, этот череп был извлечен из мрака забвения и стал звеном в цепи доказательств. Биологи обратились в другую веру вовсе не благодаря прямым свидетельствам о человекообразности, а скорее наоборот: после того как они обратились в другую веру благодаря косвенным свидетельствам, они стали искать прямые, т. е. ископаемые остатки, чтобы подтвердить свои выводы и окончательно разгромить своих противников. Для этого потребовалось тридцать пять лет после выхода в свет «Происхождения видов». Тогда Дюбуа отправился на поиски обезьяноподобного ископаемого и нашел его<sup>1</sup>. С тех пор открытие следовало за открытием, и антропологов охватила тяга к прямым свидетельствам. Один из ведущих авторитетов

в этой области говорит, что для серьезного изучения истории рас большую ценность имеют те особенности, которые можно обнаружить в скелете, так как мы, естественно, ничего не знаем о коже и волосяном покрове доисторического человека, а только проводим рискованную аналогию с современным человеком. Он забывает о том, что Дарвин и Уоллес<sup>2</sup> создали эволюционную теорию, основываясь именно на «рискованной аналогии» с современными видами. Они рискнули и добились успеха, потому что в науке только смелостью можно завоевать прекрасную даму.

Так к чему же в конце концов привели эти прямые свидетельства — ископаемые черепа? Они изменили некоторые детали, но ни одного противника теории эволюции не обратили в новую веру. Скорее наоборот, многочисленные споры, возникшие вокруг питекантропа и пилдаунского человека, были с удовольствием подхвачены фундаменталистами<sup>3</sup>, чтобы дискредитировать эволюционную теорию в целом.

Именно у тех, кто изучает историю культуры, вера в прямые свидетельства наиболее твердо укоренилась. У них есть настолько огромный запас прямых свидетельств, что нет смысла полагаться на такую неравноценную замену, как косвенные свидетельства. Рукописи, надписи, горшки, постройки имеются в изобилии, поэтому мы с полным правом надеемся получить необходимые сведения только из этих источников.

<sup>2</sup> Альфред Рассел Уоллес (1823—1913) — английский натуралист, создавший одновременно с Ч. Дарвином теорию естественного отбора, один из основоположников зоогеографии. В 1858 г. послал Дарвину рукопись своей статьи «О стремлении разнообразней бесконечно удаляться от первоначального типа», в которой излагал идеи, сошедшие с теорией естественного отбора Дарвина, над которой тот работал уже более 20 лет. Автор термина «дарвинизм».

<sup>3</sup> Фундаменталисты — сторонники крайне консервативного течения (фундаментализма) в современном протестантизме, сложившегося во втором десятилетии XX в. главным образом в южных штатах США и направленного против либерального протестантского рационализма. Отвергая любую критику Библии, они требуют возвращения к вере в чудеса, в божественность Христа и т. д. В 20-е годы в ряде южных штатов фундаменталисты провели антиэволюционные законы, запрещавшие преподавание в государственных школах дарвиновского учения о происхождении человека. В 1973 г. в штате Теннесси была проведена поправка к закону, согласно которой дарвиновское учение должно преподаваться как гипотеза наряду с библейской версией.

<sup>1</sup> Эжен Дюбуа (1858—1940) — голландский антрополог. В 1890—1892 гг. обнаружил на о. Ява скелетные остатки ископаемого предка человека, назвав его *Pithecanthropus erectus*, т. е. обезьяночеловек прямоходящий. Эти открытия сыграли важную роль в укреплении эволюционной теории. — Здесь и далее прим. ред.

Эта наивная вера в правоту нашего собственного зрения примечательна еще и потому, что в XIX и в первой четверти XX в. историки потратили немало времени на дискредитацию тех самых свидетельств, на которые они опирались. Нибур возглавил борьбу с ранней римской традицией, которая до него принималась безоговорочно<sup>4</sup>. Но критики не удовлетворились разоблачением легенд, вскоре они отважились на борьбу с великими историками. Фукидид был современником, а иногда и участником событий, которые он описывал. Его свидетельства никогда не подвергались сомнению. Тем не менее либерал Грот обвинил его в том, что он пристрастный консерватор, который клеветает на греческих демократов<sup>5</sup>. Геродот, может быть, легковверен, но его честность никогда не вызывала сомнений<sup>6</sup>. Он писал о персидских войнах, основываясь на рассказах свидетелей; но ученые, зараженные модным скептицизмом, поехали в Марафон, чтобы проверить его данные, и доказали, что Геродот неправильно описал эту битву. Некоторые даже утверждали, что персы, а не греки победили в этом сражении. Моральные оценки были поставлены с ног на голову — герои ниспровергнуты, а негодяи возвеличены. Удивительно, что после такого разгула скептицизма кто-то вообще продолжал писать историю. Многие историки надеялись найти более веские доказательства в твердом материале, вырытом лопатой. Для проверки фактов, записанных историками, были собраны надписи, но им так же нельзя доверять, как и историкам. Надписи редко бывают

искренними, они часто льстят или носят «пропагандистский» характер. В любом случае они относятся к событиям, которые в то время казались наиболее значительными, но которые ни в коей мере не помогают нам понять развитие культуры. Горшки и кастрюли не лгут только потому, что не умеют говорить. Их основная заслуга — не считая того, что они проливают свет на ремесла — состоит в том, что их можно отнести к определенному периоду времени. Но какой в этом смысл, если нет событий, относящихся к этому периоду?

Не удивительно, что от отчаяния многие отвернулись от истории, считая ее просто игрой в догадки. Они чувствовали себя так, как восточный судья, который, выслушав пятьдесят лжесвидетельских показаний, теряет надежду установить, где правда, а где ложь в данном деле, потому что его сыщики не предоставили косвенных улик для проверки утверждений свидетелей. Те, кто еще сохранил интерес к истории человека, уже не надеются проследить эволюцию его идей, за исключением тех случаев, когда они могут полагаться на такие надежные, непреходящие источники, как кости или камни. Они уверяют нас, что мы никогда не узнаем о верованиях неолитического человека, потому что они не воплощены в камне. Мы можем посмотреть на скелеты и таким образом получить некоторое представление о том, что думали их обладатели о смерти. Но как узнать о социальной организации, об обрядах, связанных с браком или рождением, которые ни во что вещественное не воплощены?

Эти люди должны помнить, что Огюст Конт<sup>7</sup> в качестве примера непознаваемого привел химический состав звезд. Через несколько лет Кирхгоф<sup>8</sup> при помощи спект-

<sup>4</sup> Бартольд Георг Нибур (1776—1831) — немецкий историк античности. Впервые поставил проблему исторической достоверности источников, проблему их критики, в то время как до него в исторической науке преобладала тенденция принимать на веру факты, почерпнутые из книг древних авторов, не подвергая их анализу.

<sup>5</sup> Джордж Грот (1794—1871) — английский историк античности. В своем труде по истории Древней Греции крайне идеализировал афинскую демократию — отсюда и критика древнегреческого историка Фукидида (ок. 460—400 до н. э.). Рассматривая раннюю греческую историю с позиций гиперкритицизма, Грот отрицал достоверность событий вплоть до VIII в. до н. э.

<sup>6</sup> Геродот (490/480 — ок. 425 до н. э.) — древнегреческий историк. Его «История», посвященная важнейшему политическому событию греческой истории — греко-персидским войнам, основана на разнообразных источниках — личных наблюдениях, устной традиции, рассказах очевидцев, народных преданиях, письменных материалах.

<sup>7</sup> Огюст Конт (1798—1857) — французский философ, один из основоположников позитивизма и буржуазной социологии. Позитивизм он рассматривал как среднюю линию между эмпиризмом и мистицизмом. Наука, по Конту, познает не сущности, а только явления.

<sup>8</sup> Густав Роберт Кирхгоф (1824—1887) — немецкий физик, иностранный член-корреспондент Петербургской Академии наук. Установил правила, позволяющие рассчитывать любые электрические цепи постоянного и квазистационарного тока; вывел уравнение, устанавливающее зависимость теплового эффекта реакции от температуры. В 1854 г. вместе с Р. В. Бунзеном начал изучать спектры пламени, окрашенного парами металлических солей, и в результате заложил основы спектрального анализа.

рального анализа получил те самые данные, которые, по утверждению Конта, было невозможно получить. Дело в том, что люди заявляют о невозможности открытия, когда начинают размышлять о его вероятности, когда — скорее всего — предчувствуют, что открытие вот-вот произойдет.

Есть одна отрасль человеческой истории, в которой нет прямых свидетельств и нет надежды их получить. Это сравнительное языкознание. Никто не думает, что мы когда-нибудь обнаружим документы, содержащие образцы утраченного языка, от которого произошли латынь, греческий, санскрит, английский. Люди, говорившие на нем, не имели письменности до тех пор, пока он не разделился на языки, коренным образом отличающиеся друг от друга. Самые древние греческие надписи были сделаны не ранее, чем за 1000 лет до н. э., что было по крайней мере через тысячу лет после этого разделения. Отсутствие прямых свидетельств пошло на пользу. Оно заставило лингвистов отказаться от длительной и неэффективной любовой атаки, приверженцами которой являются археологи, и перейти к более решительным и экономным фланговым действиям. Они вынуждены были прибегнуть к сравнительному методу.

Этот метод основан на принципе разветвления. Если у данного вида разветвление шло в разных направлениях и он породил много новых видов, то можно пойти вспять и проследить, откуда начинаются эти отклонения до того момента, пока они не совпадут в одной точке. Это и будет гипотетический вымерший предок. Каждый потомок воспроизводит своего предка или подражает ему, но при этом есть и различия, не одинаковые у всех потомков. При сравнении всех потомков или производных мы можем устранить различия, оставив только общее, и получим то, что они сохранили от утраченного оригинала. По одному производному нельзя судить о том, каким был оригинал. Если бы мы ограничили свои исследования только северными европейцами, мы бы пришли к выводу, что первобытный человек был белокожим. Однако у других рас другой цвет кожи, поэтому мы должны представить себе, что у первобытного человека был такой цвет кожи, от которого произошли все существующие расы. Если бы мы знали только английский язык, мы бы считали, что человек должен называть женщину, которая его родила, только *mother* и никак иначе. Но в других языках ее называют *mother*, *matar*, *metar* и т. д. Мы должны вывести

все эти варианты из такой формы, которая дала бы объяснение всем дериватам.

Проверить эти предположения можно по полученным результатам. В то время как противники сравнительного метода все еще спорят о том, кто такие греки, был ли Зевс когда-то могущественным монархом или явлением природы, откуда появились неолитические люди, как следует восстанавливать пилтдаунский череп, сравнительное языкознание так прочно себя утвердило, что споры заглохли, потому что почти не о чем спорить, а дискуссии придают науке жизненную силу. Теперь никто не оспаривает тот факт, что латынь, греческий и другие языки являются ветвями, одного и того же дерева, никто не оспаривает основных характеристик праязыка. Очень много слов в производных языках уже отождествлено. Никто не отрицает эквивалентности английского *father*, латинского *pater*, греческого *pater*, санскритского *pitar*, древнеирландского *athir* и т. д.

Странно, что самыми решительными противниками распространения сравнительного метода на другие области культуры являются представители сравнительного языкознания. Они уверены, что этот метод не годится для изучения религии или социальной структуры. Не будем спорить, а приведем пример.

Давайте возьмем словарь классических древностей или мифологический словарь и посмотрим, что сделали сторонники прямых свидетельств с Гермесом. Филологи-классики и знатоки древностей по-разному трактовали, кто такой Гермес: тьма, рассвет, сумерки, ветер, бог потустороннего мира, бог солнца. К сожалению, все эти предположения нельзя доказать при помощи прямых свидетельств, потому что истинный характер Гермеса был забыт задолго до возникновения письменности. Мы могли бы анализировать текст за текстом и не приблизиться к истине. Предположения остаются предположениями. Это сражение с догадками характерно для тех, кто не признает ничего, кроме прямых свидетельств. Они похожи на людей, которые пытаются провести линию от известной точки к неизвестной, не имея никакого представления о расстоянии и очень мало зная о направлении. Мы должны провести линию по крайней мере из двух точек, чтобы они соединились в той точке, которую мы ищем. Одна только Греция не может указать направление и расстояние. Возьмем Индию за вторую точку.

Читая о ведийском боге Агни, нельзя не поразиться некоторому сходству с Гермесом. Однако поверхностного сходства не достаточно: из-за него рыбы попадают в один класс с китами, а ласточки —

### АГНИ

1. Огонь, рождается при трении палочек для добывания огня.
  2. В особенности жертвенный огонь.
  3. Как таковой, совершил первое жертвоприношение <...>
  4. Как таковой, передает жертвы богам и сам получает свою долю (жертвоприношений).
  5. Как таковой, является посредником между богами и людьми, их посланцем.
  6. Вместе с жертвами передает богам и жертвователя (духовно); благодаря ему, последний сливается воедино с богами.
  7. Также — алтарь, на котором разводят огонь.
  8. Также огонь для кремации.
  9. Как таковой, переносит умерших в подземный мир.
  10. Жрец богов.
  11. Трехголовый и триединый <...>, потому что живет на земле, в воздухе и в небе.
  12. Одна из ипостасей Агни называется Лицо, потому что он идет впереди.
  13. Полководец приносит жертвы этому Агни как Лицу войска.
  14. Его несут впереди идущего племени, чтобы он очищал дорогу.
  15. Очень плодovit <...>
  16. Ассоциируется с бараном.
  17. Агни отождествляется со скотом и с дарящим скот <...>
  18. Приносит богатство.
  19. . . . . .
  20. Его называют Убийцей демонов <...>, а также Убийцей Вритры, демона.
  21. . . . . .
  22. Отождествляется с солнцем.
  23. Вспыхивает на рассвете <...>, поэтому его называют Пробуждающимся на рассвете (uṣarbudh — на санскрите).
  24. Вспыхивает три раза в день.
  25. . . . . .
  26. . . . . .
- Следовательно, Агни равен Гермесу.

### ГЕРМЕС

- Изобретатель огня и палочек для добывания огня <...>
- . . . . .
- Изобретая огонь, совершает жертвоприношение, обязательно первое <...>  
«Жаждет обрядового мяса», но воздерживается и приносит жертвы двенадцати богам, одним из которых он, очевидно, является.
- Посланец богов. Посредник между богами и людьми.
- Переносит Геракла и Диониса на небеса при их обожествлении.
- Hermaios lophos — это груда камней, которая считается алтарем, т. е. убежищем Гермеса <...>
- . . . . .
- Переносит души в Аид, поэтому называется Провожатым душ.
- Глашатай богов.
- Встречается с эпитетом «трехголовый».
- Есть Гермес Передовой Воин и Гермес, которого называют Командующим войском.
- Афинские полководцы приносили жертвы Гермесу Гегемону, Командующему войском.
- «Сначала Гермес очищал дороги»; «покровитель уезжавших за границу» <...>
- Есть изображения с phallus erectus (прямо стоящим фаллом. — Прим. перев.)...
- Ассоциируется с козлом и бараном.
- Аполлон дает ему власть над скотом и всеми четвероногими животными. Его называют Погонщиком скота, пасущим овец.
- Его называют Дающим полезные вещи; ему приписывают счастливые находки.
- Покровитель торговцев и путников...
- Его называют Убийцей Аргуса, чудовища.
- Изобретатель лиры и свирели.
- Некоторые ученые считают его богом солнца.
- Некоторые считают его рассветом.
- Родившись утром, он проходит три стадии в день.
- Его называют Предводителем сновидений.
- Покровитель ворон.



Индийский бог огня Агни.

1

Они настолько похожи друг на друга даже в мелких деталях, что мы вынуждены прийти к заключению, что это не поверхностное сходство, а сходство в самой структуре. Однако в правой колонке есть один существенный пробел: нет никаких указаний на природу Гермеса. Он изобрел огонь, но нигде не отождествляется с огнем. С другой стороны, слово Агни значит «огонь», и его природа ясно и неоднократно определяется в текстах. Перед нами альтернатива: изначально Гермес был богом огня — он не был богом огня, а идею огня добавила индийская ветвь после того, как она стала отделяться от греческой. Это была новая интерпретация изначального бога, который не отождествляется с огнем. У нас нет прямых свидетельств, которые помогли бы сделать выбор. Единственной проверкой могут служить косвенные свидетельства: какое из предположений объясняет факты? Второе ничего не объясняет, а только создает огромные трудности. Первое дает удовлетворительное объяснение большинству характерных осо-



Древнегреческий бог света Гермес.

бенностей Гермеса. Оно объясняет, почему он был посредником между богами и людьми — потому что жертвенный огонь передает жертвы богам; почему он проводит людей к богам — потому что жертвователь сливается с богами во время жертвоприношения; почему он провожает души в потусторонний мир — потому что огонь для кремации переносит туда умерших. Быть посредником между богами и людьми — это то же самое, что быть жрецом или глашатаем. В Индии священный огонь несли перед племенем, переходящим на другое место, в Спарте — перед войском, идущим по дорогам войны. Отсюда Агни — Лицо войска, Гермес — Передовой воин. Ассоциация со скотом менее ясна. Но чаще всего в жертву приносили скот, жертвенный огонь питался его плотью. Солнце — это огонь, это Агни на небе, поэтому не удивительно, что Гермеса принимали за бога солнца.

Такая аргументация в точности повторяет другую, когда решается вопрос о том, кто более близок к первоначальной форме:

ящерица, сохранившая четыре лапки, или змея, у которой никогда не находили лап. Первое предположение прельщает тем, что объясняет наличие рудиментарных лапок под кожей змеи; второе ничего не объясняет. Представляя прямые свидетельства о последовательности видов, палеонтология может подтвердить выводы зоолога и заполнить пробелы, но для основного вывода эти свидетельства не обязательны.

Сравнение Агни и Гермеса приводит нас всего лишь к их общему ближайшему предку, т. е. ко II, III, может быть, к IV тысячелетию до н. э. Мы можем пойти дальше, вспомнив культуры, которые, вероятно, отделились в более ранний период, например шумерскую. Можно привлечь существующие культуры отдаленных районов. Камчатские коряки считают богом полено, из которого они высекают огонь. Он является посредником между богами и людьми, а также богом корякского скота — северных оленей. Сходство очевидно.

Мы можем по-другому расширить сферу исследований. Можно рассматривать Агни и Гермеса просто как звенья в каждой из систем — в индийской и греческой культурах, как зуб или глаз у двух видов одного и того же рода животных. Они представляют собой соответствия в двух родственных культурах. Мы пришли к заключению, что

Агни = Гермесу.

Мы отметили, что

Агни = жрец, брахман

и что

Гермес = глашатай, Керукс.

Из этого можно сделать вывод, что

брахман = Керукс. (...)

Сравнительный метод в нашем примере — Агни и Гермес — достигает цели скорее и с большей степенью достоверности, чем простое изучение текстов. Мы это увидим во всех случаях. Филологи-классики, историки, археологи, все те, кто считает прямые свидетельства единственно допустимыми, склонны взгромоздить Пелион на Оссу, но дальше догадок дело не идет. Анализируя события тысячелетней давности, они никогда не достигают той точности, какой достигла эволюционная теория, рассматривающая события, которые происходили много геологических эпох назад и о которых нет прямых свидетельств.

Метод, признающий только прямые свидетельства, не только громоздкий, он не дает объяснений, а цель науки — объяснять. Грамматик, который держится

за греческие тексты и не решается встать, как он считает, на зыбучие пески сравнительного метода, может констатировать факты греческой грамматики, но не может их объяснить. Например, он не может сказать, почему в греческом языке «е» так часто чередуется с «о», как в словах *legomen* и *legefe*, а лингвист-компаративист может, призвав на помощь латынь, санскрит и другие языки. Он может формулировать определенные правила фразыка, которые объясняют все факты производных языков и которые исключают все другие объяснения.

Прямые свидетельства не только оказываются неспособными объяснять, они могут предложить неправильное объяснение, потому что они сообщают нам только часть фактов, хотя и кажется, что сообщают все. Я имею в виду пример с Фиджи. Там я познакомился с аристократической семьей, или, если хотите, с семьей вождя, которая была разделена на четыре клана. Вожди выбирались по очереди из двух кланов, а другие два были «вне игры». Мне рассказали, как это произошло и почему. Это было не так давно, еще на памяти старейших. Первоначальная семья, состоящая из потомков вождя, жившего в конце XVIII в., очень разрослась. Поскольку к ней подходили с теми же мерками, что и к маленьким кланам, получалось, что она не вносила справедливой доли в дела общины. Поэтому самая младшая ветвь, которую мы назовем D, откололась. Потом, когда разрослась оставшаяся часть, откололась A. Внутри оставшейся части B с большим рвением занималась общественными делами, а C пренебрегала ими и работала на себя. Чтобы заставить C внести свою лепту в общественные работы, ее отделили от B. Если бы я ограничился только этой деревней, как ученые ограничиваются Грецией, Римом или Египтом, я бы удовлетворился этим примером и принял такое деление на четыре части за местное явление. Но тот же самый порядок — четыре клана, из двух выбирались вожди, а другие два исключались — оказался в соседнем племени, потом еще в одном. Стало совершенно ясно, что первый пример нельзя считать чистой случайностью, он оказался прямым свидетельством, — так же как нельзя считать случайной форму кристалла, повторяющуюся во многих экспериментах. Семья вождя, состоящая из четырех ветвей, была моделью, которая до последнего времени существовала на Фиджи. Число четыре было, несомненно, связано

с ритуалами — с празднествами, исцелениями и т. д. Такое деление на четыре части появляется в Центральной Австралии, на Яве, в Индии, где оно связано с четырьмя основными точками горизонта. Очевидно, это очень древняя модель, поскольку она является общей для народов, живущих так далеко друг от друга. Она, безусловно, возникла не на Фиджи. Тем не менее прямые свидетельства на примере одной семьи могли бы привести к мысли, что такая модель возникла в одном месте в XIX в. по решению одного-двух сильных и способных людей. Должны ли мы отказаться от этого свидетельства, считая его ложным? Конечно, нет. Оно говорит нам правду, ничего кроме правды, но не всю правду. Оно говорит нам об определенных переходящих формах организации, которые возникают в любом обществе, и о том, как они изменяются; оно не говорит нам о том, что такая традиция — четыре клана — существовала с незапамятных времен и что любое изменение должно было восстановить или сохранить первоначальную структуру. Оно не говорит нам о том, что до изменений такая четырехчастная структура существовала.

Чтобы понять это, предположим, что Европа была сметена с лица земли в результате нашествия варваров, что все письменные документы были уничтожены и что даже наше общественное устройство было стерто из памяти людей. Америка избежала этой участи. У нее остался текст конституции, которая была провозглашена после войны за независимость. Историк с жадностью ухватился бы за этот документ и, ликуя, объяснил бы ученому миру происхождение парламентарной формы правления. Мы знаем, что он был бы абсолютно неправ, что парламент возник задолго до XVIII в, что фактически он никогда не возникал, а постепенно развился из ассамблеи другого рода, что американская конституция просто местное видоизменение древнего института, созданное в соответствии с местными условиями и теми философскими теориями, которые мы можем восстановить, изучая Руссо, Локка, Гоббса и более ранних философов.

Представим себе, что у нас нет никаких документов о сословии пэров до Георга I, что самые ранние упоминания о пэрах относятся к царствованию этого монарха. Историки сразу бы сделали вывод, что сословие пэров создал Георг I, и приняли бы причины пожалования этого титула конкретным людям за мотивы, которые привели к созданию института

пэров. Это было бы все равно, как если бы палеонтолог сказал: «Вот череп плейстоценовой эпохи, он самый древний из всех найденных. Следовательно, мы присутствуем при рождении человечества». Это был бы абсурдный вывод. Тем не менее историки постоянно делают такие абсурдные заключения, когда теряют след; они считают, что след возник там, где они потеряли его, и не предполагают, что он мог исчезнуть раньше. В этой дурной привычке более всего виноваты греки. Они говорят, что Солон или Ликург создали тот или иной закон, устанавливают причины возникновения этого закона и дают нам понять, что он ведет начало именно от этих законодателей. Современные историки слишком часто соглашаются и больше не исследуют этого вопроса. Они забывают, что можно возвратиться к старому закону, внося в него поправки. Недавно парламент проголосовал против работы театров по воскресеньям, но этот обычай возник не теперь. Мы знаем, что он восходит к древним иудеям. Недавний закон просто еще раз подтвердил и применил к современности очень древнее табу. Отсутствие письменных свидетельств не имеет никакого значения; только сравнительные данные могут привести к правильному решению. Так случилось, что относительно Ликурга у нас есть сравнительные данные. Мы знаем, что многие институты, приписываемые ему, существовали на Крите. Мы можем сделать вывод, что они гораздо старше Ликурга, что они восходят по крайней мере к ближайшим общим предкам спартанцев и критян. Если Ликург включил их в свои законы, то вполне вероятно, что он вновь подтвердил или изменил то, что уже существовало. Традиция также гласит, что Ликург ввел металлические деньги очень широко распространены, они присущи не только Спарте. Сравнительные данные указывают на то, что они возникли не в Спарте. Если Ликург действительно включил металлические деньги в свои законы, то он, может быть, всего лишь настаивал на том, чтобы их сохранить.

Историк, который доверяет только документальным свидетельствам, никогда не проникнет вглубь и не увидит ничего, кроме случаев, которые выглядят, как истоки данного явления, а на самом деле представляют собой лишь эпизоды в процессе развития. Спросите его, например, о происхождении ордена нищенствующих монахов. Он начнет рыться в библиоте-

ках в поисках документов, он напишет историю серых монахов, начиная со св. Франциска, основателя этого ордена. Он будет считать, что ответил на ваш вопрос. Но в то время была мода на монашеские ордена: братство крестоносцев было создано на десять лет раньше, в 1198 г., в Риме, орден черных монахов — в 1206 г., орден белых монахов — около 1238 г.<sup>9</sup> Но их истоки следует искать в обществе, существовавшем на Востоке не позднее XII в. Очевидно, идея пострижения в монахи носилась в воздухе. Ни св. Франциск, ни основатели других орденов не изобрели их, а только переделали. Они были не авторами, а орудиями эволюции. Эта эволюция началась до них. Где и когда она возникла? Письменные свидетельства никогда нам об этом не расскажут.

Историк-компаративист обращается к существующим институтам. Он находит на Цейлоне монашеский «орден», очень похожий на европейский, что подтверждает их общее происхождение. Здесь ему на помощь приходят прямые свидетельства. Тексты, надписи, барельефы, гробницы дают ему возможность установить, что сингальское монашество восходит к тому, что было примерно в 500 г. до н. э. в Непале. Однако свидетельства указывают на то, что и это не было самым началом, что другие подобные «ордена» были основаны в тот же период, один из которых — джайнский — до сих пор сохранился в Индии. Будда, основатель сингальской разновидности этого «ордена», как и св. Франциск, очевидно, развил существовавшую до него идею. Происхождение этого «ордена», как и всякое происхождение, лежит далеко за пределами досягаемости письменных свидетельств.

Письменные свидетельства могут только подтвердить гипотезу историка-компаративиста. Они рассказывают нам о буддийских миссиях к западу от Индии, восходящих к 250 г. до н. э. Они свидетельствуют о значительном проникновении восточных идей в Европу в средние века, включая буддийские легенды. Общеизвестно, что христианский св. Иосиф не кто иной, как Будда, и что эпизод с корзиной в «Виндзорских насмешницах» изображен на буддийском барельефе, относящемся к I в. до н. э.

Правда, нет никаких документов, свидетельствующих о распространении мона-

шеских орденов из Индии в Европу. Но нет и документов о том, что человекообразные обезьяны пришли на Борнео или в Африку из общего центра. Мы не можем увидеть и никогда не увидим, как они пришли. Мы можем найти ископаемых обезьян на всем пути от Малазии до Центральной Африки, но мы только предполагаем, что у них был общий предок и что именно они прошли этот путь.

В Темзе водится голянь. Он есть также и в Северне. Эти реки никак не связаны между собой, а голянь не выходит в море и не путешествует по суше. Разве зоолог делает из этого вывод, что бог создал одну пару — самца и самку — и пустил ее в Темзу, а другую пару — в Северн? Нет, он уверен, что все голянь в любой из этих рек произошло от общего предка и перешли из одной реки в другую или из какой-то третьей перешли в обе. Потом он ищет доказательства того, как это произошло. Если он их не находит, то не отказывается от своего убеждения, а скромно признает, что у него не хватает знаний.

Ученые, изучающие человека, археологи и антропологи, менее скромны, они реже признают свои ограниченные возможности. Если они не могут увидеть миграцию какого-либо народа или обычая, то они приходят к выводу, что никакой миграции не было. Если вы не можете представить письменного свидетельства, что народы пришли из Старого Света в Новый, они отрицают существование такой миграции. Если они не видели, что дольмены бродили по миру и пришли откуда-то в Англию, Индию, Африку, они заявляют, что это не доказано, а для них это все равно что опровергнуто.

Это не доказано и никогда не будет доказано, если под доказательством понимать, что мы действительно видели происходящее или знаем кого-то, кто видел. Но доказать — это не значит видеть; это значит дать исчерпывающее и единственно возможное объяснение разрозненным фактам. Может быть, когда-нибудь будет найдено другое объяснение, но пока наша гипотеза, если она представляет какую-нибудь ценность, поможет нам добиться успеха, а это единственное, что имеет значение.

В науке, так же как в судопроизводстве, косвенные свидетельства не являются заменой низшего порядка для прямых свидетельств; на них основано знание.

Перевод с английского В. Д. Медвинской.

<sup>9</sup> Имеются в виду кармелиты, доминиканцы, августинцы-кремиты наряду с францисканцами.

Экология

**Птицы и техника**

**В. Э. Якоби,**  
кандидат биологических наук  
Институт эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР  
Москва

Мы привыкли к тому, что птицы соседствуют с человеком повсюду, известно также, что они появляются в местах, казалось бы, совершенно непригодных для их жизни, например на аэродромах. А такое соседство уже не только нежелательно, но даже опасно: птицы выводят из строя технику, а сталкиваясь с самолетами, вызывают их аварии. Случайно ли залетают птицы на аэродромы или обосновываются там надолго? Проведя специальные исследования на 60 аэродромах, мы нашли, что многие виды орнитофауны приспособились даже гнездиться там. Прежде чем обсудить этот биологический феномен, приведу примеры.

Многие птицы — жаворонки, чибисы, чирки, кряквы — гнездятся на поле аэродрома в непосредственной близости от взлетно-посадочной полосы, на близлежащих водоемах иногда встречаются даже гнездовые колонии озерной, сизой и серебряной цаек; на деревьях и кустарниках в районе аэродрома селятся колониями грачи, есть гнезда вороны, сороки, горлянки; на зданиях и технических сооружениях вьют гнезда голуби, ласточки (касатки и воронки), стрижи, воробьи, галки, скворцы, пустельга, мелкие совы и др.

Птичье население аэродромов и их ближайших окрестностей настолько привыкает к грохоту взлетающих и приземляющихся самолетов, что перестает воспринимать эти сильнейшие звуки и спокойно строит гнезда, насиживает яйца, выкармливает птенцов. Не пугают



**Гнездо вороны, свитое из обрезков различной проволоки.**

птиц и сильные воздушные вихри, создаваемые низко летящими самолетами. Мне пришлось наблюдать за громадной колонией грачей (более 4 тыс. гнезд), поселившихся в посадках акации. Над птицами то и дело на небольшой высоте пролетали реактивные самолеты, но грачи настолько привыкли к шуму, что почти половина этой колонии осталась на гнездах даже тогда, когда в двух метрах над ними пролетел вертолет.

Из наблюдений за поселенцами аэродромов складывается впечатление, что птицы знают опасные зоны и даже расписание полетов: при взлете или посадке они не пересекают взлетно-посадочную полосу, а облетают ее, в другое же время всегда сокращают путь к месту кормления. Так, например, ведут себя грачи. И уж совсем поразительным было поведение полевого луня в Краснодарском аэропорту: он летал вдоль взлетно-посадочной полосы и ловил саранчовых и грызунов, вспугнутых пронесшимися над ними самолетами. Для него самолеты

были помощниками в добыче корма.

Где и из какого материала птицы строят гнезда в местах, столь далеких от природных? На аэродромах есть небетонированные участки, деревья, кустарники, строения, а значит птицы могут гнездиться в них так же, как в естественных биотопах или городских ландшафтах. Но если таких природных островков не хватает, они устраивают гнезда в различных технических сооружениях, а в качестве гнездового материала используют технические отходы. Поэтому на аэродромах можно встретить, например, «технические» дупла живущих там скворцов. Мы находили гнезда в краевой части поллой металлической балки верхней антенны и даже в самом излучателе антенны; встречались гнезда и на вращающемся радиолокаторе. Несмотря на необычность, а иногда и «подвижность» таких дупел, скворцы успевали вывести в них птенцов и даже возвращались к гнездам в следующем году.

На некоторых аэродромах скворцы пытались устроить гнезда в отверстиях тяги элеронов верхнего крыла самолета АН-2: между рейсами они носили строительный материал и откла-

дывали яйца. Правда, дальше этого дело не доходило, еще не было ни одного случая, чтобы в самолете вывелись птенцы. АН-2 и радиолокаторы привлекают не только скворцов; домовый воробей, коноплянка, зеленушка, белая и желтая трясогузки тоже строят в них гнезда и тоже сооружают их из подсобного технического материала.

Столь же укромные места для гнезд находят и ласточки — касатка и воронок: на аэродроме в Ростове-на-Дону они пытались, например, лепить гнездо в углу между фюзеляжем и крылом стоявших в ожидании рейса АН-10 и ИЛ-18 и терпели неудачу лишь потому, что самолеты надолго улетали.

Конечно гнездятся на аэродромах и сизые голуби, в этом нет ничего удивительного, но поражает изобретательность некоторых из них в отношении строительного материала для гнезд. Один голубь сделал гнездо из обрезков стальной проволоки от щетки с автомашины, убирающей взлетно-посадочную полосу. Ни в чем не уступает голубю и его южная родственница — малая горлица: на Ашхабадском аэродроме она построила гнездо из обрывков мягкой проволоки в воздухозаборнике самолета ИЛ-18, стоявшего на ремонте в течение трех дней.

В таких оживленных местах, как городские аэродромы, птицам не часто удается вывести потомство, но там, где самолеты подолгу бездействуют, приверженные к технике родители успевают вырастить птенцов.

Вороны стали привычными в любом городе, они приспособились жить, не обращая внимания на всевозможные городские шумы, и нет ничего удивительного, что эти птицы гнездятся на аэродромах или в непосредственной близости от них. Но в выборе материала для гнезд они превзошли, пожалуй, даже голубей. В гнездах этих любительниц блестящих предметов часто находили оправы для очков, часы, кольца. Но некоторые птицы не столько украшают дом будущего потомства, сколько укрепляют его.

Например одна ворона выложила основание гнезда свинцовыми прокладками, которые вытащила из швов фундамента, стоявшего неподалеку памятника; другая устроила гнездо на развилке дерева и свила его из обрезков железной и алюминиевой проволоки разной толщины (в оплетке и без нее), были в нем также обрывки колючей проволоки и несколько кусков арматурного железа, и только внутренняя часть гнезда была выстлана мелкими веточками. Весил этот металлический вороний дом около 5 кг.

Грачи, чьи гнездовые колонии нередко встречаются на аэродромах и в их окрестностях, возле шоссе и железных дорог, на решетчатых мачтах высоковольтных линий, для постройки тоже используют проволоку и другие металлические предметы. В таких гнездах при их весе 3,2—5 кг вес технических деталей составляет до 60 %.

Почему же птицы выбирают для гнездования столь необычные места? Ответить на этот вопрос нетрудно. Аэродромы вторгаются в естественный ландшафт, издавна обжитой разнообразными птицами, и те, со свойственной им приверженностью к определенной территории, продолжают там гнездиться. Недостаток же естественных дупел и материала для постройки гнезд заставляет птиц строить свой дом в технических дуплах из того материала, который удается найти тут же на аэродроме. Поэтому и появляются вращающиеся, движущиеся и летающие гнезда.

Первенство в освоении техногенного ландшафта принадлежит, вероятно, молодым птицам. Молодые скворцы, например, прилетают позже старых, когда пригодные, близкие к естественным, места для постройки гнезд уже заняты. Им приходится благоустраивать под гнездо любое укрытие, вплоть до отверстий тяги элеронов и различных частей антенны.

Если птицам однажды удалось вывести потомство в каком-нибудь техническом гнезде, на следующий год они возвращаются в него же. Подросшие птенцы могут расселяться

и строить уже свои гнезда подобные тем, в которых они вывелись, по-видимому, запоминая их. Помимо такого обучения, вероятно, возможно обучение и через подражание. Увидев, что пара птиц строит гнездо не в дупле дерева, а, скажем, на антенне, соседняя пара из подражания поступает точно так же. Таким образом, необычные единичные гнездовья могут стать, а в некоторых местах уже стали массовыми.

На первый взгляд, многие из приведенных примеров кажутся курьезными, но так ли это? Птицы, поселившиеся по соседству с аэродромами, шоссе или железными дорогами, нередко сталкиваются с поездами, машинами, самолетами, вызывая повреждения дорогостоящей техники. Особенно многочисленны столкновения грачей с самолетами во время весенней и осенней миграций, при появлении слетков. Грачи же (реже серые вороны), строящие из проволоки гнезда на линиях электропередач, устраивают короткое замыкание и бывает, что лишают электроэнергию целый район.

Безусловно, с освоением птицами аэродромов, линий электропередач, дорог нужно бороться. Для этого хороши все средства: например можно регулярно в течение нескольких лет уничтожать гнезда. Но куда более эффективно отпугивать птиц с помощью биоакустических приемов. С одного аэродрома Литвы удалось выселить колонию грачей после того, как несколько раз ночью были воспроизведены записанные на магнитную ленту сигналы бедствия и звуки выстрелов, их действие подкреплено мощными световыми импульсами. Чтобы препятствовать гнездованию грачей и ворон на линиях электропередач, достаточно прикрепить проволоку, несколько планок, стеклянные или пластмассовые шары, резиновый мяч в местах, которые чаще всего птицы избирают для устройства гнезда.

Таким образом, вынуждая птиц приспособляться к технике, человеку самому приходится защищать эту технику от непрошенных поселенцев.

Космические исследования

**Запуски космических аппаратов в СССР (июль — август 1985 г.)**

В июле — августе 1985 г. в Советском Союзе было запущено 18 спутников, в том числе 15 спутников серии «Космос». «Космос-1672 и -1678» продолжают исследовать природные ресурсы Земли в интересах различных отраслей народного хозяйства СССР и международного сотрудничества. Информация поступает в Государственный научно-исследовательский центр «Природа» для обработки и использования.

На борту биоспутника «Космос-1667», предназначенного для продолжения исследований влияния факторов космического полета на живые организмы, установлены научно-экспериментальные системы с различными биологическими объектами, а также аппарата для радиационно-физических исследований<sup>1</sup>.

Очередные спутники связи «Молния-1» и «Молния-3» предназначены для обеспечения эксплуатации системы дальней телефонно-телеграфной радиосвязи и передачи программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита» и в рамках международного сотрудничества. Спутник связи «Радуга» выведен на близкую к стационарной круговую орбиту и оборудован бортовой ретрансляционной аппаратурой, которая осуществляет непрерывную круглосуточную телефонно-телеграфную радиосвязь в сантиметровом диапазоне длин волн и одновременную передачу цветных и черно-белых программ Центрального телевидения СССР.

<sup>1</sup> Подробнее об этом см.: Биоспутник «Космос-1667». — Природа, 1985, № 11, с. 104.

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	наклонение, град	период обращения, мин
«Космос-1665»	3.VII	208	316	72,9	89,4
«Космос-1666»	9.VII	646	679	82,5	97,8
«Космос-1667»	10.VII	222	297	82,3	89
«Космос-1668»	15.VII	216	297	70,4	89,3
«Молния-3»	17.VII	462	40 850	62,8	736
«Космос-1669»	19.VII	193	264	51,6	88,8
«Космос-1670»	1.VIII	253	278	65	89,6
«Космос-1671»	2.VIII	210	310	72,8	89,3
«Космос-1672»	7.VIII	199	290	82,3	89
«Космос-1673»	8.VIII	204	294	64,8	89,2
«Космос-1674»	8.VIII	648	677	82,5	97,8
«Радуга»	9.VIII	36 560	36 560	1,3	1 476
«Космос-1675»	12.VIII	613	39 342	62,8	1 149
«Космос-1676»	16.VIII	178	371	67,2	89,7
«Молния-1»	22.VIII	656	40 638	62,8	736
«Космос-1677»	24.VIII	255	280	65	89,6
«Космос-1678»	29.VIII	196	311	82,3	89,2
«Космос-1679»	29.VIII	182	364	64,9	89,7

Космические исследования

**Экспедиция на «Салюте-7» (июль — август 1985 г.)**

К середине июля В. А. Джанибеков и В. П. Савиных завершили разгрузочные работы с автоматическим транспортным кораблем «Прогресс-24». 15 июля 1985 г. «Прогресс-24» отстыковался от станции, перешел на траекторию спуска, вошел в плотные слои атмосферы и прекратил существование.

19 июля 1985 г. был запущен спутник «Космос-1669», аналогичный по конструкции грузовым кораблям типа «Прогресс». Он доставил на орбитальную станцию научную аппаратуру и другие необходимые грузы. После завершения разгрузочных работ, 29 августа 1985 г. «Космос-1669» был отстыкован от станции. В автономном полете были продолжены испытания его отдельных систем и агрегатов, после чего спутник был переведен на траек-

торию спуска и прекратил существование в плотных слоях атмосферы.

Космонавты продолжили выполнение программы научных исследований и экспериментов. Периодически проводились так называемые медицинские дни, когда космонавты подвергались комплексным медицинским обследованиям. Проводились и другие биохимические исследования с помощью многофункциональной аппаратуры «Аэлита» и «Реограф».

По программе биологических исследований на установке «Светоблок-Т» проведен эксперимент по формированию полиакриламидного геля с помощью фотонициации, а на установке «Магнитогравистат» — эксперимент по изучению влияния невесомости и искусственного магнитного поля на пространственную ориентацию проростков льна. Был проведен синтез компонентов нуклеиновых кислот в условиях открытого космоса. 2 августа 1985 г. во время выхода космонавтов в открытый космос прибор «Медуза» с исследуемыми образцами был установлен на внешней поверхно-

сти станции. В конце августа прошел первый этап биологического эксперимента «Субстрат», в котором оценивалась эффективность различных методов культивирования высших растений в условиях невесомости.

2 августа 1985 г. космонавты провели сборку и монтаж крупногабаритных конструкций в открытом космическом пространстве — были установлены дополнительные панели на третьей солнечной батарее. Подобный монтаж дополнительных панелей солнечных батарей был предусмотрен при создании станции «Салют-7», чтобы можно было последовательно увеличивать ее энергетические возможности. В настоящее время все три солнечные батареи станции оснащены комплектами дополнительных секций, которые включены в единую систему электропитания пилотируемого комплекса.

Завершив монтажные операции, космонавты установили в зоне входного люка аппаратуру, созданную совместно советскими и французскими специалистами и предназначенную для сбора метеоритного вещества в космическом пространстве; кроме того, они заменили научное оборудование, кассеты с образцами биополимеров и различных конструкционных материалов. Демонстрируемые блоки и приборы, длительное время находившиеся на внешней поверхности станции, будут возвращены на Землю для последующих исследований.

Во время выхода, продолжавшегося 5 ч, были испытаны скафандры полужесткого типа улучшенной конструкции, модифицированные с учетом опыта работы в открытом космосе предыдущих экипажей станций «Салют». В течение всего выхода с помощью портативной медицинской аппаратуры велась запись электрокардиограмм у обоих космонавтов и регистрировался ряд других физиологических параметров.

В июле — августе экипаж принял участие во втором этапе комплексного эксперимента «Курск-85», который проводился в соответствии с программой «Интеркосмос». Одновременно с визуальными наблюдениями и фотосъемками со станции «Са-

лют-7» выполнялась съемка с искусственных спутников Земли, самолетов-лабораторий, вертолетов и наземных пунктов наблюдений.

В рамках международной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» космонавты выполнили несколько серий наблюдений и съемок биосферных заповедников на территории Советского Союза, в частности Центрально-Черноземного заповедника и окружающих его сельскохозяйственных угодий. Эти исследования направлены на решение одной из важнейших задач современности — экологическое прогнозирование, охрану природы и рациональное землепользование.

Экипаж принял также участие в двух этапах комплексного эксперимента «Гюнеш-85», проводившегося в рамках обширной программы по изучению динамики геосистем дистанционными методами. Эксперимент выполнялся в районе Кавказско-Каспийского научного полигона Азербайджанской ССР. В ходе эксперимента выполнялись, в частности, спектрометрирование нефтегазовосных районов Западного Азербайджана и прибрежной зоны Каспийского моря, фотосъемка сельскохозяйственных угодий в пределах южного склона Большого Кавказа, определялись оптические характеристики атмосферы над Кавказско-Каспийским регионом.

Был проведен также эксперимент «Купол», в котором с помощью фотографической и спектрометрической и радиометрической аппаратуры оценивалась загрязненность атмосферы над крупным промышленным центром — г. Запорожье.

В соответствии с программой исследования природных ресурсов Земли и изучения окружающей среды космонавты вели наблюдения и съемки ручными камерами и спектрометрами горных массивов Памира и Тянь-Шаня, кольцевых структур в Центральных Кызыл-Кумах, отдельных районов Европейской части страны. Велось также визуально-инструментальные наблюдения и съемки перспективных в нефтегазовом отношении районов Советского Союза, орошаемых земель Уз-

бекистана, Туркменистана, Херсонской области.

С помощью прибора «Мария» экипаж выполнил несколько серий измерений потоков электронов и позитронов высоких энергий; цель эксперимента — изучение генерации этих частиц в радиационных поясах Земли и околоземном космическом пространстве. Исследовались также межпланетная среда, зодиакальный свет, излучение слабых галактических и внегалактических источников.

Большой интерес для создателей космической техники представляют сведения о воздействии открытого космоса на различные материалы, в том числе на фотоэлементы, используемые в качестве преобразователей солнечной энергии в электрическую. Оценивалась эффективность солнечных батарей станции — тех, что функционируют с момента выведения ее на орбиту, и установленных дополнительно; определялись электрические параметры батарей при их различной ориентации на Солнце.

**С. А. НИКИТИН**  
Москва

#### Космические исследования

### «Джотто»

2 июля 1985 г. в 11 ч 23 мин по Гринвичу с космодрома в Куру (Французская Гвиана) ракетой-носителем «Ариан-1» был запущен космический аппарат «Джотто» для исследований кометы Галлея; согласно расчетам, 13 марта 1986 г. космический аппарат должен пройти на расстоянии около 500 км от ядра кометы.

Первая ступень ракеты-носителя снабжена парашютной системой; после приводнения ее предполагали спасти, однако попытка оказалась неудачной.

«Джотто» представляет собой стабилизируемый вращением аппарат (скорость вращения 15 об/мин). Стартовая масса 960 кг, масса после окончания работы двигателя и израс-

ходования гидразина на коррекции траектории — 512 кг. В период максимального сближения с кометой Галлея ось вращения аппарата будет совмещена с вектором относительной скорости, поэтому истекающие из ядра кометы летучие вещества и пылевые частицы будут попадать в аппарат через нижнее днище (оно защищено от ударов частиц, летящих со скоростями до 69 км/с). На другом конце космического аппарата установлена параболическая чаша антенны с высоким коэффициентом усиления. Антенна снабжена механизмом противовращения, поэтому в период встречи с кометой она будет постоянно направлена на Землю.

Перед «Джотто» поставлены следующие научные задачи: определить элементный и изотопный состав летучих компонентов комы, в частности идентифицировать основные молекулы; выявить характеристики физических процессов и химических реакций, происходящих в кометной атмосфере и ионосфере; измерить скорости потока летучих компонентов и пылевых частиц, истекающих из ядра кометы, и определить отношение пылевой компоненты и газовой; исследовать плазму, возникающую в результате взаимодействия кометы с солнечным ветром; получить изображения ядра кометы с разрешением около 50 м, что позволит оценить его массу.

Научная аппаратура массой 57 кг (потребляемая электроэнергия 70 Вт) включает 10 приборов: телевизионную камеру, масс-спектрометр нейтральных частиц, масс-спектрометр пылевых частиц, ионный масс-спектрометр, систему регистрации пылевых частиц по столкновениям, два анализатора плазмы, прибор для регистрации частиц высоких энергий, магнитометр, оптический зонд.

Расчетный период научных измерений — 3—4 ч на этапе максимального сближения космического аппарата с ядром кометы. Прием информации от «Джотто» в этот период будет вести приемная станция в Парксе (Австралия), оборудованная антенной диаметром 64 м.

«Джотто» создан Европейским космическим агентст-

вом, включающим 11 стран Западной Европы. Затраты на его создание составили 120 млн долл.

Interavia Air Letter, 1985, № 10785, p. 7—8 (Швейцария); ESA Newsletter, 1985, № 2.

#### Космические исследования

### Солнечный ветер исследуется активными методами

Осенью 1984 г. по программе AMPTE для исследования процессов в межпланетном пространстве активными методами были запущены три спутника — «IRM», «UKS» и «CSE»<sup>1</sup>. Орбиты спутников проходили за пределами магнитосферы и пересекали околоземную ударную волну, образующуюся при столкновении солнечного ветра с магнитным полем Земли.

Одна из задач эксперимента — определение источника частиц в радиационных поясах Земли. Предстояло выяснить, связан ли он с солнечным ветром, или же частицы поступают непосредственно из земной ионосферы. С этой целью «IRM» выбросил в космическое пространство некоторое количество лития, который образовал быстро расширяющееся плазменное облако, ионизованное излучением Солнца. За возникновением, распространением и перемещением облака следили приборы «UKS». Одновременно спутник «CSE», предназначенный для определения состава заряженных частиц в космическом пространстве, находясь уже за фронтом ударной волны (ближе к Земле), измерял количество лития, проникающего сквозь нее. Так как литий весьма редко встречается в ионосфере, любые следы его появления в какой-либо области можно считать свидетельством того, что

литий проник туда вместе с солнечным ветром.

Первый выброс лития в космическое пространство был проведен вскоре после магнитной бури, которая привела магнитосферу Земли в возмущенное состояние; в результате следов лития в области ударной волны обнаружено не было. После второго выброса, который состоялся через 10 дней после первого, удалось зарегистрировать незначительное количество — около 20 ионов лития на 1 млн протонов. (До эксперимента возможное их количество оценивалось в пределах 1—200 частиц на 1 млн) Однако участники исследований не исключают, что на самом деле это другие виды ионов, которые в определенных условиях приобретают «литиеподобные» свойства. Анализ полученных данных продолжается.

Эксперименты позволили вскрыть ряд других интересных фактов. Так, впервые обнаружены ионы кислорода во всех стадиях ионизации — от  $O^+$  до  $O^{7+}$ . Вероятно, теперь требуется пересмотреть существующие теоретические модели.

Science News, 1984, v. 126, № 13, p. 197 (США).

#### Астрофизика

### Параметр Хаббла и эффект гравитационной линзы

У. Боргист и С. Рефсдел (U. Borgeest, S. Refsdal; Гамбургский университет, ФРГ), используя данные наблюдений двойного квазара QSO0957+561 А,В, дали новую оценку величины параметра Хаббла.

Параметр Хаббла  $H_0$ , связывающий скорость «убегания» объекта  $u$  с расстоянием до него  $r$  ( $u=H_0 r$ ), характеризует темп расширения Вселенной. Определение  $H_0$  — важная задача наблюдений, поскольку обратная величина  $H_0^{-1}$  позволяет установить возраст Вселенной:  $t_0=(2/3)H_0^{-1}$  при  $\Omega_0=1$  и  $t_0=H_0^{-1}$  при  $\Omega_0=0$ . Здесь  $\Omega_0=\rho_{cp}/\rho_k$  — отношение средней плотности вещества во Все-

<sup>1</sup> Подробнее об этом проекте и спутниках см.: Изучение магнитосферы Земли и солнечного ветра.— Природа, 1985, № 11, с. 105.

ленной к критической плотности, которая отделяет «открытые» космологические модели с  $\Omega_{cp} < \Omega_k$  от «закрытых» с  $\Omega_{cp} > \Omega_k$ .

До последнего времени основной метод определения  $H_0$  основывался на независимых измерениях расстояний и скоростей «убегания» галактик. Величина  $H_0$ , найденная таким методом различными авторами, колеблется в пределах от примерно 50 до 100 км/с · Мпк. Главный источник ошибок кроется в многоступенчатой процедуре измерения расстояний до галактик.

Однако уже свыше 20 лет известна принципиально иная возможность определения  $H_0$ , основанная на использовании эффекта гравитационной линзы. Наблюдения двойного квазара позволили ее осуществить. Дело в том, что гравитационная линза, которой служит галактика, расположенная между квазаром и наблюдателем, своим полем тяготения искривляет лучи света, испущенного квазаром. В результате вместо одного изображения квазара наблюдаются два: А и В. При этом времена прохождения лучей света от источника к наблюдателю по различным путям оказываются различными. Как показали авторы, измерив красные смещения квазара и галактики-линзы, углы между галактикой и изображениями квазара, а также время задержки прихода сигнала от разных изображений, можно рассчитать  $H_0$ .

Использование данных, относящихся к двойному квазару, привело к значению параметра Хаббла  $H_0 = 75$  км/с · Мпк. Учитывая неопределенность в расчетах, связанную с тем, что неизвестны закон распределения массы в галактике, а также гравитационный потенциал, создаваемый скоплением галактик, авторы считают более надежной величину  $H_0 = 125$  км/с · Мпк. Соответственно, возраст Вселенной  $t_0$  тогда будет равен  $9 \cdot 10^9$  лет или, если быть более осторожным и принять только верхнюю границу  $H_0$ ,  $t_0 \geq 5 \cdot 10^9$  лет (при  $\Omega_0 = 1$ ).

Astronomy and Astrophysics, 1984, v. 141, № 2, p. 318—322 (ФРГ).

## Астрономия

### М 81 — галактика с кольцом

Красивейшая спиральная галактика М 81 находится от нас на расстоянии всего около 3,5 Мпк, так что с помощью больших телескопов можно различать в ней отдельные звезды высокой светимости. Это главная галактика в группе, состоящей (помимо карликовых галактик) из десятка членов. К ближайшим из них от М 81 тянутся мосты и перемычки из нейтрального водорода. Именно взаимодействием с М 81 объясняют теперь признаки активного звездообразования, в частности длинные волокна ионизованного водорода в неправильной галактике М 82 — ближайшей к северу соседке М 81.

Однако с 1963 г. и до недавнего времени особенности движения газа в этих волокнах объяснялись как последствиями гигантского взрыва, происшедшего когда-то в ядре М 82. Поэтому, когда в 1965 г. Х. Арп на обсерватории Маунт-Паломар обнаружил слабо светящееся кольцо вокруг северной части М 81, он предположил, что оно является результатом взаимодействия электронов высоких энергий, выброшенных при взрыве ядра М 82, с магнитным полем М 81, т. е. что мы наблюдаем синхротронное излучение этих электронов.

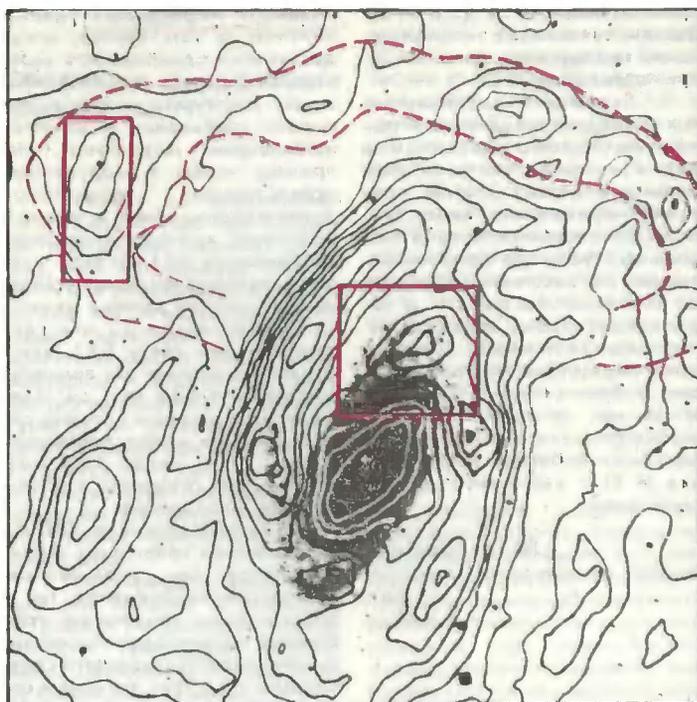
В северной части М 81 давно известны загадочные параллельные друг другу темные черточки, которые в отличие от обычных полос поглощающего свет пылевого вещества, следующие спиральной структуре, «равнодушны» к спиральным рукавам, а иногда и пересекают их. Х. Арп предположил, что эти полосы — результат проекции взрывного фронта на диск М 81.

Недавно, обсуждая с И. Д. Караченцевым фотографии кольца Арпа, полученные им и В. Е. Караченцевой на 6-метровом телескопе САО АН СССР, мы совместно пришли к выводу, что особенности северной части М 81 можно объяснить совершенно иначе. Прежде всего, эти фотографии показали, что

кольцо Арпа разрешается на отдельные звезды; точнее говоря, в его наиболее ярких участках видны звезды, столь же яркие (до 21<sup>м</sup>; это звезды высокой светимости и, следовательно, молодые), как и в самой М 81. Можно не сомневаться, что свечение и всего кольца также обязано составляющим его звездам.

Подобное объяснение подкрепляется тем, что вдоль кольца расположены области повышенной плотности нейтрального водорода. Как нашли еще в 1975 г. калифорнийские радиоастрономы С. Готтесман и Л. Вельяшев, его масса в кольце Арпа составляет  $1,2 \cdot 10^9 M_{\odot}$ , т. е. вчетверо меньше, чем в самой М 81. Водородные облака, как правило, связаны с молодыми звездами. Так и здесь, участки кольца с наибольшей плотностью звезд являются также и участками с наибольшей плотностью нейтрального водорода, и поглощение света, соответствующее этой плотности водорода, составляет не менее  $0,0^9$  (в синих лучах). Поэтому естественно предположить, что поперечные темные полосы в северной части М 81, природа которых была неясна, представляли собой более плотные газопопылевые облака кольца,

Вверху слева — кольцо Арпа вокруг галактики М 81; в верхней части снимка видна галактика М 82 [фотография получена А. Сендиджем]. Вверху справа — фотография М 81, на которую нанесены линии равной плотности нейтрального водорода. Пунктир — контуры кольца Арпа; прямоугольник и квадрат — участки неба, сфотографированные на 6-метровом телескопе САО АН СССР и показанные внизу: слева — восточный участок кольца Арпа, соответствующий области с максимальной плотностью нейтрального водорода. Большинство слабых объектов на снимке — звезды высокой светимости, относящиеся к кольцу. Группировка вблизи центра фотографии справа выявлена В. Е. Караченцевой в 1970 г. как карликовая галактика группы М 81. Внизу справа — северная часть М 81. Идущие поперек спиральных рукавов полосы поглощения продолжают кольцо Арпа в проекции на диск М 81.



проецирующиеся на диск М 81. Звезды, связанные с этими облаками, теряются на фоне звезд, принадлежащих М 81.

Галактик с надетыми на них кольцами звезд, газа и пыли известно всего с десяток, и за двумя — тремя исключениями плоскость кольца обычно проходит через центр галактики. В М 81 плоскость кольца пересекает большую полуось галактики на расстоянии примерно 10 кпк от ее центра, и такая конфигурация, конечно, динамически неустойчива. Пока неясно, образовано ли кольцо газом, выброшенным из М 81 или М 82 при их гравитационном взаимодействии, или же оно — результат лобового столкновения М 81 с какой-либо другой галактикой.

**Ю. Н. Ефремов,**  
доктор физико-математических наук  
Москва

Физика

## Новый способ голографической записи информации

А. А. Васильев, П. В. Вазурин, В. А. Елхов, И. Н. Компанец, А. В. Прафенов, П. Н. Семочкин (Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР) разработали новую схему голографической постраничной записи информации. Такая схема характеризуется более высокой плотностью записи и защищенностью от помех. В основном эти преимущества проявляются при записи больших массивов информации — страниц текста, чертежей, изображений. Весьма эффективен вывод таких массивов с помощью пространственно-временных модуляторов света, из которых наибольшее распространение получили жидкокристаллические типы.

В большинстве применявшихся до сих пор схем записи голограмм использовалась модуляция амплитуды светового пучка. Наибольший объем запи-

сываемой информации удается получить в том случае, когда достигается однородность свойства модулятора по всей площади апертуры, поэтому так высоки требования к качеству изготовления модулятора. Например, чтобы в модуляторе, использующем управляемое двулучепреломление в жидком кристалле, выдержать контраст изображения 10:1 по всей площади, толщина жидкокристаллического слоя не должна меняться больше, чем на 0,2 мкм (для длины волны света 0,63 мкм). Поскольку обычно эта величина составляет 1 мкм на 1 см<sup>2</sup> площади, то тем самым площадь голограммы не может превышать 0,2 см<sup>2</sup> (т. е. менее 5×5 мм). В результате ограничен и объем массива информации.

Разработанный в ФИАНе метод записи голограмм характеризуется как повышенным контрастом изображения, так и значительным снижением требований к однородности толщины жидкокристаллического слоя. Связано это с тем, что в нем используется фазовая модуляция пучка, которая (в отличие от амплитудной) гораздо менее чувствительна к неоднородности толщины жидкого кристалла. Используя модулятор площадью 20×20 мм с неоднородностями толщины 1—2 мкм, удалось получить контраст 30:1.

Квантовая электроника, 1984, т. 11, № 2, с. 403—405.

Физика

## Необычная сжимаемость кристаллов цеолита

В последние годы в ряде институтов СССР и за рубежом успешно изучаются закономерности структурных изменений и превращений минералов, находящихся при высоких давлениях и температурах. Подобные исследования весьма важны для развития представлений о составе, строении и эволюции глубинных оболочек Земли.

В эксперименте обычно используются рентгеновские камеры с алмазными наковальня-

ми, которые представляют собой маленькие усеченные пирамиды, диаметр верхнего основания которых составляет примерно 0,5 мм, а высота — 2,5 мм. Между ними зажата стальная шайба толщиной около 0,2 мм, с отверстием диаметром 0,3 мм, которое заполняется каплей жидкости, передающей давление. Внутри такой миниатюрной «камеры» помещают исследуемый кристаллик и мелкие кусочки рубина, по сдвигу линии люминесценции которого определяют создаваемое при сближении наковален давление; в эксперименте оно достигает миллиона атмосфер. Таким методом изучено пока лишь несколько десятков минералов и синтетических соединений.

Р. Хейзен и Л. Фингер (R. Hazen, L. Finger; геофизическая лаборатория Института Карнеги, США) установили, что сжатие некоторых кристаллов зависит от природы жидкости, передающей давление. Исследования велись на образцах цеолита, в структуре которого имеется трехмерная система каналов диаметром около 4 Å. Когда в качестве жидкости, передающей давление, использовалась вода, сжимаемость кристалла цеолита оказалась примерно в 6,5 раз ниже, чем когда использовались глицерин или фторорганическое соединение C<sub>8</sub>F<sub>18</sub>O. Для смеси метилового и этилового спиртов сжимаемость была в 2 раза меньше, чем для воды.

По мнению авторов, эффект обусловлен соотношением диаметров структурных каналов цеолита и молекул среды, передающей давление. Небольшие молекулы воды с диаметром, меньшим 2 Å, легко проникая в полости алюмосиликатного каркаса цеолита, заполняют их и создают внутреннее давление, примерно равное внешнему. Молекулы метилового спирта с диаметром около 4 Å при нормальных условиях незначительно адсорбируются цеолитом, а молекулы этилового спирта, как и еще более крупные молекулы глицерина, а также C<sub>8</sub>F<sub>18</sub>O с диаметром более 4 Å, вообще не могут внедриться в канал цеолита.

Таким образом, под действием внешнего давления, ока-

зываемого на кристалл цеолита в опытах с участием спиртовых сред, внутреннее давление жидкости в структурных каналах оказывается много меньше, что приводит к значительно большей сжимаемости этих кристаллов. *Journal of Applied Physics*, 1984, v. 56, № 6, p. 1838—1840 (США).

Физика

## Обратимая аморфизация твердых тел

Может ли кристаллическое твердое тело при нагреве до температур, заметно меньших, чем температура плавления, стать аморфным? На первый взгляд, нет. А можно ли циклически переводить образец из кристаллического состояния в аморфное и обратно, не очень быстро нагревая его от температуры  $T_1$  до температуры  $T_2$  и затем охлаждая до температуры  $T_1$  (причем  $T_1$  и  $T_2$  заметно далеки от температуры плавления)? Казалось бы, это совсем невозможно. Однако подобные процессы существуют.

Физика

## Управляемая связь коаксиальных световодов

В последнее время в линиях связи все чаще используются волоконные световоды. Чтобы избежать искажения передаваемого сигнала, применяют многоканальные световоды, в которых излучение с разной длиной волны распространяется по разным каналам — пространственно разнесено. В таких световодах электромагнитная связь между каналами должна быть минимальна. Способы достигнуть этого весьма различны<sup>1</sup>.

В. И. Бусурин (Московский авиационный институт им. С. Орджоникидзе) предлагает создать управляемый оптический разветвитель; в нем регулировку связи между коаксиальными световодами можно получить, изменяя оптические параметры внешней, окружающей световод, среды. Управление связью осуществляется с помощью изменения показателя преломления внешней среды  $n_a$ . Изменив  $n_a$  примерно на  $10^{-3}$ , можно перейти от минимальной связи между световодами к максимальной.

С помощью таких разветвителей можно создавать чувствительные элементы (датчики), реагирующие на внешние воздействия (если они отражаются на показателе преломления среды, в которой находится такой световод).

*Квантовая электроника*, 1984, т. 11, № 2, с. 365—370.

<sup>1</sup> Об одном из них см., напр.: Исследуются световоды с малыми потерями. — *Природа*, 1985, № 9, с. 105.

жига при  $800^\circ\text{C}$  зависит от состава сплава. Если он содержит 40 % Cr, то переходит в равновесное состояние, представляющее собой смесь фаз ( $\text{Cr}_2\text{Ti}$  и равновесный гексагональный  $\alpha\text{-Ti}$ ), а сплав с 30 % Cr превращается в чистую  $\beta$ -фазу. (В сплаве с 20 % Cr поведение обычное — при нагреве до 600 или  $800^\circ\text{C}$  он постепенно переходит к равновесной структуре.) Самое удивительное, что если сплав с 30 % Cr опять подвергнуть отжигу при  $600^\circ\text{C}$ , он снова превращается в чисто аморфный сплав; поэтому «качая» образец между  $600^\circ\text{C}$  и  $800^\circ\text{C}$ , его можно многократно переводить из одного метастабильного состояния ( $\beta$ -фаза) в другое (аморфное).

Исследуя зависимость свободной энергии сплава от концентрации атомов Au (или Cr), авторы предложили следующее объяснение наблюдаемому явлению. Равновесное состояние сплава в виде смеси  $\text{Au}_4\text{Ti} + \text{AuTi}_3$  термодинамически выгоднее (хотя и не намного), чем аморфное. В то же время аморфизация не требует переноса атомов на такие большие расстояния, как образование новой кристаллической фазы (напомним, что в твердом теле скорость переноса атомов сильно падает при уменьшении температуры). По-видимому, температура  $350^\circ\text{C}$  слишком низка, чтобы атомы можно было достаточно быстро перестроить в новую структуру, а для аморфизации ее вполне хватает.

Для системы Cr—Ti при температуре  $600^\circ\text{C}$  аморфное состояние термодинамически выгоднее, чем метастабильное кристаллическое. Но поскольку свободная энергия этих двух фаз по-разному зависит от температуры, при  $T=800^\circ\text{C}$  более устойчивой оказывается уже  $\beta$ -фаза. Что же касается равновесного состояния, то его свободная энергия мало меняется с температурой, но образование его начинается лишь при более высоких температурах, так как оно требует переноса атомов внутри твердого тела (диффузии).

Ситуация со сплавом Cr—Ti еще необычной. При быстром охлаждении сплав, содержащий примерно 30 % Cr, переходит в смесь аморфной и кристаллической  $\beta$ -фазы с кубической решеткой. После отжига при  $600^\circ\text{C}$  он становится аморфным (как и в случае с Au—Ti), а результат последующего от-

*Physical Review Letters*, 1985, v. 54, № 19, p. 2103—2106 (США).

## Биохимия

**Джекалин — новый активизирующий белок**

Лектины — белки, обладающие способностью специфически реагировать с углеводами — найдены в семенах многих растений, а в последнее время обнаруживаются и в тканях животных. Лектины широко используются в цитологических и иммунологических исследованиях, поскольку введение их в клетки оказывает на последние митогенное (стимулирующее деление клеток) или иное активирующее действие.

Бразильские исследователи М. К. Рок-Барейра и А. Кампос-Нето (М. С. Roque-Barreira, A. Campos-Neto; Медицинская школа Рибейран-Прету) выделили лектин из семян хлебного дерева (джекфрута). Этот белок, названный джекалином, оказывает митогенное действие на Т-лимфоциты и активирует В-лимфоциты. Кроме того, он обладает способностью связываться лишь с тремя из десятков белков, присутствующих в сыворотке крови человека, и в том числе с иммуноглобулином А (IgA).

Отделив эти три белка от самого джекалина и используя затем гельфильтрацию, можно выделить иммуноглобулин А в чистом виде, для чего до сих пор требовались весьма обширные затраты труда. Как известно, этот иммуноглобулин содержится во многих секретах (слюне, молозиве, кишечном соке и др.) и по существу является первым из антител, с которыми сталкиваются инфекционные агенты. С помощью джекалина удается наладить весьма простой метод определения количества IgA в секретах, что помогает охарактеризовать иммунитет на этом уровне. Простота выделения IgA в чистом виде в больших количествах с помощью нового лектина в значительной мере упростила исследования этого важного класса иммуноглобулинов.

Выделение самого джекалина несложно. К тому же, джекалин очень стабилен, и его

можно хранить при комнатной температуре в течение многих месяцев без потери активности. *Journal of Immunology*, 1985, v. 134, № 5, p. 1740 (США).



Биохимия

**Гербицид избирательного действия**

Американские биохимики К. Ребейз и Г. Хопен (К. Rebeiz, H. Hoppen) разработали принципиально новый вид гербицида. Он основан на аминокислотах, входящих в состав растений и безвредных для окружающей среды. Гербицид представляет собой смесь дельта-аминолевулиновой кислоты (АЛК) с химическим активатором. Такая смесь обладает способностью образовывать тетрапирролы — соединения, которые, подвергаясь воздействию солнечного света, превращаются в хлорофилл. В обычных условиях растение вырабатывает тетрапирролы лишь в ограниченном количестве, достаточном для биосинтеза хлорофилла. При обработке же растений АЛК возникают излишние тетрапирролы; они вступают в реакцию, при которой кислород превращается в свободный радикал, обладающий высокой реактивностью. В организме растения этот свободный радикал повреждает стенки клеток, что и приводит к гибели растения.

Дельта-аминолевулиновая кислота в смеси с активатором разбрызгивается над растениями в ночное время, и к утру в них образуется значительный запас тетрапирролов. Днем избыточные тетрапирролы, которые растение не может переработать в молекулы хлорофилла, производят губительные для него свободные радикалы. Чрезвычайно важно, однако, что такой эффект наблюдается не у всех растений. В ходе исследований было обнаружено, что различные виды растений вырабатывают разные тетрапирролы, причем некоторые из них не образуют свободных радикалов. Так, пшеница, овес и ячмень оказались устойчивыми к воздействию этого гербицида, тогда как многие сорняки быст-

ро погибали после соответствующей обработки (например, горчица, различные виды амарантовых, для гибели которых была достаточна даже малая концентрация гербицида).

Выявленная в полевых экспериментах высокая избирательность действия нового гербицида говорит о возможности широкого его применения в практике сельского хозяйства.

*New Scientist*, 1985, v. 105, № 1447, p. 23 (Великобритания).

## Генетика

**Воздействие космического фактора на синтез РНК у крыс**

Судя по специальным исследованиям на биоспутниках серии «Космос»<sup>1</sup>, в материнском организме животных могут возникать изменения, которые неблагоприятно сказываются на развитии потомства<sup>2</sup>. Учитывая это, В. Ф. Макеева, Г. С. Кололова, И. А. Егоров и Л. В. Серова (Институт биохимии им. А. Н. Баха АН СССР) изучили синтез РНК в ядрах и активность растворимой РНК-полимеразы в печени беременных крыс из трех групп: у животных после пятидневного космического полета на биоспутнике «Космос-1514»; у животных, находившихся на Земле в модели биоспутника, где имитировались основные условия космического полета; у контрольных животных, которых содержали в виварии. Синтез РНК и активность фермента были изучены также у родившегося от подопытных крыс потомства.

Оказалось, что синтез РНК у совершивших космический полет крыс почти в 2 раза, а у совершивших имитированный полет — на 30 % выше, чем в

<sup>1</sup> О специальных биоспутниках см.: Биоспутник «Космос-1667». — *Природа*, 1985, № 11, с. 104.

<sup>2</sup> Газенко О. Г., Ильин Е. А. и др. — *Косм. биол. и авиакосм. мед.*, 1981, т. 15, № 2, с. 60.

контрольной группе животных. Синтез РНК у потомства полетной группы повышался, по сравнению с контрольным потомством, начиная с 30-дневного возраста. Точно так же менялась и активность РНК-полимеразы у подопытных беременных крыс и их потомства.

В специальных опытах установлено, что после космического полета повышается активность обеих форм РНК-полимеразы: формы I, ответственной за синтез предшественника матричной РНК, и формы II, которая обеспечивает синтез предшественника рибосомной РНК.

Авторы делают вывод, что у крыс, перенесших космический полет в последней трети беременности, и у их потомков под влиянием каких-то факторов космического полета возникают изменения в РНК-синтезирующем аппарате.

Доклады АН СССР, 1985, т. 282, № 5, с. 1272—1274.

#### Иммунология

### Взаимодействие между В- и Т-лимфоцитами

Установлено, что для синтеза антител В-лимфоцитами необходимо участие Т-лимфоцитов. Однако характер взаимодействия В- и Т-лимфоцитов оставался неизвестным. Первое время полагали, что сам антиген служит как бы мостиком между ними, сшивая их через специфические антигенные рецепторы, расположенные на поверхности обоих типов клеток. Позже выяснилось, что Т-клетки активируются антигеном только в том случае, если он ассоциируется с соответствующей молекулой белка главного комплекса гистосовместимости (ГКГ), точнее, одной из двух его разновидностей. Гипотеза была дополнена предположением, что кроме антигенного мостика между Т- и В-клетками есть еще контакт, обусловленный особым рецептором Т-клеток, присоединяющимся к ГКГ-белку на поверхности В-клеток.

В исследовании А. Ланцавеккиа (А. Lanzavecchia; Базель-

ский институт иммунологии, Швейцария) изучалось специфическое взаимодействие между Т- и В-клетками от одного индивидуума, имевшими одинаковую специфичность по отношению к антигену (столбнячному анатоксину). Выяснилось, что специфический рецептор иммуноглобулиновой природы на поверхности В-клеток ответственен лишь за захват антигена, но не за его «представление» Т-клеткам. Эти два процесса удалось разделить во времени. Одного лишь захвата антигена недостаточно — антиген должен быть «обработан» внутри В-клетки (видимо, с помощью ферментов лизосом), и лишь после этого фрагменты антигена поступают на поверхность В-клеток и ассоциируются с ГКГ-белками мембран. Именно этот комплекс и распознается специфическим рецептором Т-клеток.

Важность полученных результатов несомненна: один из главных этапов сложного процесса иммунного распознавания выяснен в основных чертах. Весьма существенно, что исследования выполнялись на лимфоцитах человека.

Nature, 1985, v. 314, № 6011, p. 537—539 (Великобритания).

#### Медицина

### Меченые тромбоциты выявляют тромбы

К числу перспективных методов диагностики тромбов в коронарных артериях при остром инфаркте миокарда относится скинтиграфическое исследование, в котором регистрируется излучение тромбоцитов, меченных индием-111.

Тромбоциты (клетки крови, активно участвующие в процессе свертывания) выделяются из крови пациента, метаясь индием-111 и повторно вводятся в кровоток больного. При наличии в каком-либо участке сосудистого русла тромбоза они включаются в тромб, позволяя визуализировать его с помощью скинтиграфической техники. Однако циркулирующие в крови меченые тромбоциты создавали

радиоактивный фон, который затруднял регистрацию активных клеток, включившихся в тромб. Это заставило группу американских исследователей во главе с К. А. А. Фоксом (К. А. А. Fox) модифицировать применявшуюся ранее методику.

Вместе с мечеными индием-111 тромбоцитами в кровоток больного вводились и эритроциты, меченные технецием-99, которые служили маркером распределения свободно циркулирующих в кровотоке клеток. С помощью скинтиграфической техники и компьютерной обработки данных удалось добиться более четкой визуализации очагов накопления меченых тромбоцитов, благодаря тому что радиоактивный фон, создаваемый не включенными в тромб клетками, вычитался из получаемого изображения.

При клиническом испытании у 8 из 9 больных с острым инфарктом миокарда уже в течение первых суток были выявлены тромбы в коронарных артериях. Новый метод, по мнению авторов, делает возможным раннее обнаружение тромбов в коронарных артериях и позволяет оценивать эффективность вмешательства, направленного либо на предотвращение, либо на лизис (растворение) коронарных тромбов при развивающихся инфарктах; кроме того, он может оказаться эффективным для оценки роли тромбоцитов в развитии заболеваний, сопровождающихся внутрисосудистым тромбозом.

American College Journal of Cardiology, 1984, № 4, p. 975—978 (США).

#### Цитология

### Регуляция сборки и функционирования микротрубочек

После оплодотворения яйцеклетки хромосомы обеих гамет объединяются в единый хромосомный набор зиготы. При митозе дублированные хромосомы делящейся клетки должны разойтись, с тем чтобы

достаться каждой из дочерних клеток. В обоих случаях клетки используют одни и те же транспортные средства, главным подвижным элементом которых являются микротрубочки. В отсутствие в них надобности микротрубочки разбираются на составные звенья — молекулы белка тубулина. При необходимости, т. е. при оплодотворении или в соответствующие фазы цикла деления, они достаточно быстро и точно собираются вновь. Какими сигналами регулируются сборка и разборка микротрубочек?

Группа исследователей под руководством Дж. Шаттена (G. Schatten; Университет штата Флорида, США) установила, что таким сигналом является сдвиг pH цитоплазмы.

Уникальной моделью для исследования внутриклеточной регуляции формирования и функционирования микротрубочек является яйцо при оплодотворении. Процесс сборки осуществляется на центриолях внедряющегося сперматозоида и занимает около 5 минут. Затем ядра сперматозоида и яйцеклетки перемещаются в центр последней. Установлено, что оплодотворение сопровождается изменением концентрации ионов в цитоплазме. В частности происходит сдвиг pH от значения 6,8 до более щелочного значения 7,2.

В эксперименте подавлялся сдвиг pH в щелочную сторону в оплодотворенных яйцеклетках морских ежей *Lytechinus variegatus* и *Arbacia punctulata*. Это вызывало разборку микротрубочек. Обычного перемещения ядер в центр яйца при этом не происходило. «Арест» pH на 5 минут после оплодотворения блокировал сборку микротрубочек. Снятие «ареста» с pH и сдвиг его к щелочным значениям включали механизм сборки и движения ядер с последующим нормальным развитием. Кроме того, авторы искусственно повышали значение pH в неоплодотворенном яйце, что индуцировало сборку микротрубочек и движение ядер в центр клетки.

Авторы считают, что сборка и функционирование микротрубочек в яйцеклетке при оплодотворении регулируются сдвигом pH цитоплазмы. Они

предполагают выяснить, насколько универсален этот механизм регуляции, т. е. управляется ли им же сборка и функционирование цитоплазматического комплекса микротрубочек при митозе.

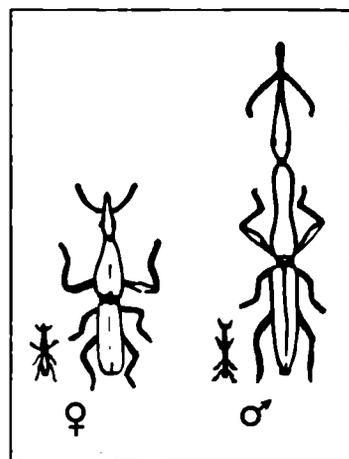
European Journal of Cell Biology, 1985, v. 36, p. 116—127 (ФРГ).

#### Биология

### Половое поведение у насекомых

Оригинальные сведения о половом поведении тропического жука-долгогола *Brenthius anchorage* приводят работавшие в Панаме Л. Джонсон (L. K. Johnson; Университет штата Айова, США) и С. Хаббел (S. P. Hubbell; Смитсоновский институт тропических исследований, Панама). Изученный ими вид интересен тем, что при размножении образует гигантские скопления. В это время жуки, личинки которых развиваются в древесине, собираются плотными группами на коре кормового дерева. При этом у каждой особи есть богатый выбор брачного партнера. Самки с помощью своей длинной и тонкой головотрубки сверлят в дереве небольшие углубления для будущей откладки яиц, а самцы, подыскав подругу, охраняют ее от конкурентов и посягательств других самок на избранный участок кормового растения. Соотношение полов в скоплении примерно 1:1, однако было отмечено, что 40 % самок не имели подле себя самца, а среди самок лишь 18 % были одиночками. Оказалось, что 10 % самок привлекли к себе более четверти всех самцов, и подле некоторых находилось до четырех претендентов. Таким образом, для каждого ухаживавшего самца велика вероятность потерпеть неудачу в соперничестве. Зато инициатива в выборе партнера полностью принадлежала самцам, а самки (за одним исключением) никогда не отвергали ухаживаний самцов.

Все самцы (и мелкие, и крупные, а размер их в группе



Относительные размеры самок мелких и самок крупных жуков-долгоголов в группе.

различался в 23 раза) предпочитали крупных самок. Такой выбор, по мнению исследователей, биологически целесообразен в первую очередь потому, что более крупные самки несут и более жизнеспособное потомство. А что же происходило с мелкими самками? Выяснено, что самец способен спариваться 2—3 раза и, кроме того, различает и предпочитает давно не спаривавшуюся самку оплодотворенной. Таким образом, и у мелких самок вероятность оставить потомство достаточно велика.

Behavioral Ecology and Sociobiology, 1984, v. 15, № 3, p. 183 (Зап. Берлин).

#### Биология

### Вторичный паразитизм у насекомых

К числу насекомых, давно испытанных для снижения численности некоторых видов вредителей, относится трихogramма — яйцевой паразит<sup>1</sup> из отряда перепончатокрылых.

<sup>1</sup> См., напр.: Карцев В. М. Яйцееды против растительноядных клопов. — Природа, 1985, № 7, с. 114.

В Канаде *Trichogramma pretiosum* была применена для борьбы с бабочкой совкой *Heliothis verescens* в тех местностях, где яйца совки заражает и другой паразит — *Telenomus heliothidis*. Неожиданно выяснилось, что личинка трихограммы способна развиваться в личинке теленомуса как вторичный сверхпаразит (т. е. паразит в паразите).

Как обнаружили М. Р. Стренд и С. Б. Винсон (М. Р. Strand, S. B. Vinson; Техасский университет, США), при перезаражении яйца совки, уже зараженного теленомусом, самка трихограммы ведет себя иначе, чем при первичном заражении. Проколов оболочку яйца острым яйцекладом, она делала виляющие движения брюшком, приподнимала и опускала яйцеклад, будто толкла им что-то. Таким путем она ухитрялась наощупь ввести яйцо внутрь личинки теленомуса, которая уже через минуту оказывалась парализованной из-за действия веществ, проникающих вместе с яйцом. Обычно трихограмма откладывает в одно яйцо совки два своих яйца, но в личинку теленомуса — только одно, определяя, вероятно с помощью яйцеклада, что запасов пищи хватит только на одну личинку.

Если для трихограммы заражение хозяина, уже содержащего чужую личинку, нетипично, то для других видов это обязательное условие развития паразита. Необычный тип вторичного паразитизма детально исследовал Д. Гузо и Д. Б.



Наездник *Hyposoter*, готовый отложить яйцо в тело гусеницы: брюшко подогнуто и из него выставлен острый яйцеклад.

Штольц (D. Guzo, D. B. Stoltz; Университет в Галифаксе, Канада). Наездники-ихневмониды *Hyposoter exiguae*, *H. fugitivus* и *H. rivalis* охотно заражают гусениц бабочки волнянки *Orgyia leucostigma*, хотя обычно их яйца в этом хозяине гибнут. И все же иногда из собранных в природе гусениц волнянки наездники выводятся. Оказалось, они могут развиваться лишь в случае, если гусеница была предварительно заражена наездником из другого семейства — браконидом *Cotesia melanoscela*. Первый паразит подавлял иммунную реакцию хозяина, чем и пользовался второй паразит (убивая при этом личинку первого паразита). В итоге из последовательно зараженной обоими паразитами гусеницы с определенной вероятностью выходили либо *Hyposoter*, либо *Cotesia*.

*Annals of the Entomological Society of America*, 1984, v. 77, № 6, p. 679—686 (США); *Parasitology*, 1985, v. 90, № 1, p. 1—10 (Великобритания).

Зоология

**Волк-синантроп**

В последние годы в СССР все более отчетливо формируются и территориально разоблащаются две экологические группировки волка: обитателя слабо измененного ландшафта, питающегося преимущественно дикими копытными, и обитателя антропогенного ландшафта, питающегося домашними животными и отходами деятельности человека, т. е. волки-синантропы. Экологию и распространение синантропного волка изучали Д. И. Бибиков, А. Н. Кудактин и Л. С. Рябов (Институт эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Серверцова АН СССР).

Вопрос о доле волков-синантропов в популяциях конкретных регионов имеет прямое отношение к проблеме контроля за численностью вида. Истреблять нужно именно синантропную форму; дикий волк животноводству вредит мало, но выполняет важные регулирующие функции в экосистемах,

и потому его истребление экологически не обосновано.

У волков-синантропов сильно изменена биология. Генетически они представлены во многих местах гибридами от скрещивания волка с бродячей собакой с преобладанием крови волка (именно такой волк преобладает, например, в Воронежской области). Экологические особенности волков-синантропов обусловлены его зависимостью от человека, обеспечивающего их легко доступным кормом на скотомогильниках и у ферм, где нередко выбрасываются трупы домашних животных. Наряду с пищевой специализацией на домашних животных и падали, волки-синантропы теряют навыки активной охоты на диких животных; у них нарушается территориальное поведение, вырабатываются адаптации к жизни вблизи человека и повышенная устойчивость к преследованию.

В 70-е годы на Восточно-Европейской равнине при общем росте численности волка усилился и процесс его синантропизации, остановить который удалось лишь к началу 80-х годов. В густонаселенных сельскохозяйственных областях Белоруссии, Украины, центральной и южной частях Европейской России, а также в Западной Сибири основная часть преобладавшего здесь волка-синантропа была уничтожена. В других районах СССР, особенно с развитым отгонным животноводством (зона тундры с домашним оленеводством, горные районы Кавказа, Средней Азии и Южной Сибири), еще сохраняется немало волков-синантропов.

*Зоологический журнал*, 1985, т. LXIV, вып. 3, с. 429—441.

Этология

**Алкоголь препятствует адаптации**

Закономерности поведения под воздействием алкоголя (повышенная эмоциональная реактивность, раздражительность и агрессивность) были установлены, когда этанол по-

лучали животные, первыми атакующие и побеждающие в схватках, например вожаки обезьяньих стай или грызуны, изолированные в отдельных клетках и нападающие на подсаживаемых к ним сородичей для защиты территории. Но что произойдет, если ввести алкоголь тем, на которых по законам животного царства нападают?

Американские исследователи из Мэдфордского университета К. Мицек, Д. Уинслоу и Дж. Деболд (К. А. Miczek, J. T. Winslow, J. F. DeBald) вводили этанол через стальные трубочки в пищеводы крысам и мышам, помещаемым затем в клетки, где уже давно жили их сородичи. Той же процедуре подвергались обезьяны, занимавшие подчиненное положение в стае. Нетрезвые грызуны гораздо чаще атаковали хозяевя клетки, а нетрезвые обезьяны — другие члены стаи.

Получив этанол, крысы, мыши и обезьяны повели себя «самоуверенно», «дерзко» и «непредусмотрительно»: гораздо реже трезвых животных они демонстрировали позы подчинения, умиротворяющие тех, кто на них нападал. Связано это, по-видимому, с нарушением под влиянием алкоголя наиболее сложной формы приспособления животных к окружающей среде — зоосоциальной адаптации. Характерно, что подобные отклонения проявились после введения столь малых доз этанола, что они не затрагивали других видов жизнедеятельности. Это и неудивительно: нейрофизиологический механизм зоосоциальной адаптации складывается позднее других в процессе онтогенеза и является наиболее хрупким инструментом мозга.

Pharmacology, Biochemistry and Behavior, 1984, v. 20, p. 349 (США).

#### Биотехнология

### Новый корм для скота

Сотрудники Красноярского института биофизики АН СССР под руководством И. А. Терскова исследовали свойства водородокисляющего

штамма бактерий *Alkaligenes eutrophus* Z-1 в связи с тем, что микроорганизмы, и в первую очередь водородокисляющие бактерии, перспективны для производства высокоценного кормового белка.

При достаточной концентрации кислорода, водорода и углекислоты в питательной среде, где выращиваются эти бактерии, общее содержание белков в биомассе составляет 75%, а белки включают все незаменимые для организма животных аминокислоты. В биомассе бактерий также присутствуют водорастворимые витамины (тиамин, рибофлавин, никотиновая и пантотеновая кислоты, пиридоксин, биотин). По их содержанию водородокисляющие бактерии значительно превосходят зерна пшеницы — основной источник этой группы витаминов для человека.

По биохимическим характеристикам продукция сельскохозяйственных животных, которых кормили биомассой *Al. eutrophus* (мясо, сало, яйца), не отличалась от продукции контрольных животных. Основываясь на полученных данных, можно говорить о возможности использовать биомассу водородокисляющих бактерий в рационах сельскохозяйственных животных с целью частичной замены традиционных кормов.

Прикладная биохимия и микробиология, 1984, т. XX, вып. 4, с. 540—550.

#### Биогеохимия

### Крылоногие моллюски и круговорот углерода

Американские ученые Р. Бирн, Дж. Аккер, П. Бецер, Р. Фили и М. Кейтс (R. H. Byrne, J. G. Acker, P. R. Betzer, R. A. Feely, M. A. Cafes) изучали роль жизнедеятельности планктонных организмов в функционировании карбонатной системы океана. Исследования проводились в северной части Тихого океана с борта научно-исследовательского судна «Дискаверер».

Построенные планктонными организмами известковые раковинки после смерти живот-

ных постепенно погружаются на дно. Карбонат кальция в раковинах, а следовательно, и в осадках океана представлен двумя основными кристаллическими формами — кальцитом и арагонитом. Растворимость арагонита значительно выше, чем кальцита. Внимание исследователей привлекли крылоногие моллюски, или птероподы, раковинки которых, в отличие от раковин микро- и нанопланктона (кокколитофорид и фораминифер), сложены не кальцитом, а арагонитом.

Установлено, что поток  $\text{CaCO}_3$  от поверхности ко дну океана, обусловленный арагонитовыми раковинками птеропод, превосходит поток, обусловленный кальцитовыми раковинками фораминифер и кокколитофорид. Существенная доля раковинок крылоногих моллюсков растворяется по пути на дно, что объясняет избыточную щелочность поверхностных слоев в некоторых районах океана.

Кальциты, отлагающиеся на дне, выходят из круговорота углерода на сотни и тысячи лет. Там, где известковые осадки залегают на малой глубине, например в коралловых рифах, высока температура, и, следовательно, растворимость кальцита очень мала. Данные о высокой интенсивности растворения арагонита в верхних слоях воды позволяют предполагать, что повышение концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере, вызывающее избыточную кислотность вод океана, может до некоторой степени компенсироваться ускоренным растворением раковинок крылоногих моллюсков в поверхностных слоях воды. Уменьшение кислотности поверхностных слоев приведет к соответственному уменьшению щелочности глубинных вод, т. е. к ускоренному растворению кальцитовых и крупных арагонитовых раковинок на дне. Иными словами, в результате повышения концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере, включается механизм ускорения круговорота углерода. Этот круговорот может поглотить до 20% современного поступления  $\text{CO}_2$  в атмосферу, а главное — сделать это достаточно быстро.

Nature, 1984, v. 312, № 5992, p. 310, 321—326 (Великобритания); Science, 1984, v. 226, № 4678, p. 1074—1077 (США).



## Реинтродукция золотистой игрунки

Небольшая обезьянка игрунка (*Leopithecus rosalia rosalia*), именуемая за свою рыжеватую гриву «золотистой», — весьма редкое животное. На ее родине — прибрежных лесах юго-восточной части Бразилии — осталось, как считают специалисты, не более 150 особей. Причиной тому послужила, наряду с браконьерским отловом для зоомагазинов, массовая вырубка лесов, где она обитает. К счастью, игрунка отлично размножается в неволе. Когда в конце 70-х годов в 50 зоопарках мира были созданы условия, приближающиеся к естественным, численность игрунки быстро возросла примерно до 400 особей.

В настоящее время проводится совместная бразильско-американская Программа реинтродукции золотистой игрунки (повторного введения в фауну), рассчитанная на несколько лет. В биосферный заповедник Поко д'Анта (близ Рио-де-Жанейро), где на площади 5 тыс. га еще сохранились немногочисленные представители этого вида приматов, будут поселены животные, родившиеся и выросшие в неволе. Первые 15 отобранных из различных зоопарков США особей были доставлены осенью 1983 г. в Центр изучения приматов в Рио-де-Жанейро, где они проходят тщательный карантин и подготовку. Среди животных — семья из 9 особей и 3 молодые семейные пары.

Подготовка к выпуску животных в природные условия разделена на несколько этапов: вначале постепенно увеличивают размеры клетки; затем животных приучают разыскивать спрятанный от них в труднодоступные места корм, спать под открытым небом, находить убежище от дождя, строить гнездо, самостоятельно добывать пищу и т. д.

Этот широко поставленный эксперимент должен дать ценный опыт. Из 300 видов различных приматов, некогда



Золотистая игрунка в биосферном заповеднике Поко д'Анта (Бразилия).

существовавших на Земле, ныне сохранилось едва ли 120, причем численность многих видов резко сократилась за последние десятилетия. Ряд видов может исчезнуть еще до конца нашего столетия, если не будут приняты решительные меры, в основу которых можно положить Программу реинтродукции золотистой игрунки.

Science News, 1984, v. 125, № 9, p. 140 (США).



## Водные ресурсы мира

Институт всемирного наблюдения (Worldwatch Institute, Вашингтон, США) опубликовал отчет, содержащий оценку состояния и перспектив водоснабжения на земном шаре.

К 2000 г. рост количества изымаемой человеком пресной воды приведет к тому, что в Северной Африке и на Ближнем Востоке все ее ресурсы будут близки к исчерпанию. В Южной и Восточной Европе, Средней и Южной Азии объем потребляемой воды также окажется на пределе возможного. На территории Юго-Запада США местные водные запасы уже сейчас перестают удовлетворять существующие нужды.

Известно, что количество ежегодно выпадающих над сушей (исключая Антарктиду и Гренландию) осадков достигает 110 330 км<sup>3</sup>. Этого было бы до-

статочно, чтобы удовлетворить потребности даже в 5—10 раз большего, чем нынешнее, населения Земли. Однако 2/3 этого количества быстро исчезает в виде стока, а остающаяся часть влаги распределяется неравномерно и не всегда доступна. Например, количество воды, приходящее на душу населения в Северной и Центральной Америке, вдвое превышает средний уровень на человека в масштабе всей планеты, а на двух третях территории Африки составляет лишь 2/3 этого среднего уровня. Ныне около 1/4 всей доступной для использования воды подвергается изъятию; из этого количества 70 % идет на ирригацию, а 25 % — на промышленные нужды. Если загрязнению воды не будет положен предел, к 2000 г. четвертая ее часть может стать непригодной для использования.

Весьма тревожным сигналом является почти повсеместное падение водоносного слоя в почве. В США, например, целиком зависит от подземных источников водоснабжения крупнейший город в штате Аризона — Тусон. За счет осадков пополняется лишь 35 % используемой городом влаги, поэтому в ряде прилегающих районов глубина залегания водоносного слоя упала на 50 м. В области между городами Даллас и Форт-Уэрт (штат Техас) за период с 1960 г. этот слой понизился на 120 м.

Положение может быть улучшено, как отмечается в отчете, лишь за счет повышения эффективности ирригации, усиления охраны водных ресурсов от загрязнения, введения собранной на поверхности воды в подземный водоносный слой, а также экономическими мерами — контролем за стоимостью потребляемой влаги.

Science News, 1984, v. 126, № 25—26, p. 397 (США).

## Геофизика

### Магнитный полюс переместился

Геофизическая экспедиция Отдела физики Земли Управления горных дел и ресур-

сов Канады установила новое местонахождение Северного магнитного полюса: ныне он расположен в 350 км к северо-западу от Резольюта (о. Корнуоллис, Канадский арктический архипелаг).

Известно, что в результате ряда процессов в твердом теле Земли, в том числе в ядре, магнитные полюса планеты постоянно перемещаются. Сейчас Северный магнитный полюс движется на север со средней скоростью около 10 км в год. Примерно раз в десятилетие местонахождение магнитных полюсов приходится определять заново, после чего составляются новые карты, необходимые для навигации. В 70-х годах Северный магнитный полюс располагался примерно в центре о. Барстер, в архипелаге Парри, а до того — еще много южнее, на п-ове Бутия (и то, и другое — в пределах Северо-Западных территорий Канады).

New Scientist, 1985, v. 106, № 1461, p. 5 (Великобритания).

#### Океанология

### Гидротермы в Атлантике

Научно-исследовательское судно «Рисерчер», принадлежащее Управлению по изучению океана и атмосферы США (НОАА), совершило рейс в центральную часть Атлантического океана, где под руководством П. Роны (P. Ronp; НОАА) изучались геофизические и геологические характеристики морского дна. Судно прошло с измерениями 1700 км вдоль подводного Срединно-Атлантического хребта от 50° с. ш. до экватора. С помощью буксируемой за судном камеры было сделано большое количество снимков дна.

Еще в 1972 г. на оси Срединно-Атлантического хребта, примерно в точке с координатами 25° с. ш., 42° з. д., был обнаружен, а в 1982 г. исследован эруптивный ров, через который на поверхность дна изливались разогретые насыщенные химическими элементами воды. Подобные объекты в Атлантике менее изучены, чем в Тихом

океане, где их открыто уже более 80<sup>1</sup>. Экспедицией на «Рисерчере» было обнаружено еще три эруптивных рва. Эти донные расщелины, шириной около одного метра каждая, расположены точно по оси центральной долины Срединно-Атлантического хребта; две из них — около 18° с. ш., 45° з. д., третья — несколько юго-юго-восточнее, ближе к изгибу хребта, повторяющему очертания западного побережья Африки.

Открытие новых гидротермальных источников в Атлантике подтверждает современные представления об активной роли срединно-океанических хребтов в воздействии на гидрхимию вод и геохимию осадков в Мировом океане. О степени и характере этого влияния можно будет судить после специальных исследований.

Science News, 1984, v. 126, № 16, p. 246 (США).

#### Вулканология

### Вулканизм срединно-океанических хребтов

Специалист по динамике жидкостей Дж. Уайтхед, петролог Г. Дик и геофизик Х. Шоутен (J. A. Whitehead, H. J. B. Dick, H. Schouten; Вудсхолский океанографический институт, штат Массачусетс, США) разработали новую модель эволюции вулканических процессов, происходящих в зоне срединно-океанических хребтов.

Как известно, осевая зона срединно-океанических хребтов — одна из наиболее активных вулканических областей на Земле. Здесь литосфера раскалывается, раздвигается и образуется новая океаническая кора. Вулканизм концентрируется вдоль осевых долин и хребтов; его активность связана со скоростью спрединга и наличием трансформных разломов. Источником вулканического вещества служит верхняя мантия.

Разрабатывая свою модель, американские ученые использовали хорошо изученную механику жидкостей гравитационную и плотностную дифференциацию вещества. В мантии, считают они, создаются условия, при которых происходит частичное плавление мантийного вещества, вызывая его разуплотнение. Разность плотностей по закону гравитационной неустойчивости Рэлея — Тейлора приводит к образованию внутри расплава шарообразных сгустков, которые через определенное время всплывают вверх, к консолидированной коре и концентрируются в вулканические очаги. (В экспериментах в качестве расплава использовался водноглицериновый раствор, вводимый в более плотный глицерин; через 45 с в водноглицериновом слое обнаруживались нестабильные участки, закономерно расположенные друг относительно друга; спустя некоторое время они поднимались и концентрировались у поверхности глицерина, создавая подобие вулканических очагов.)

Предложенная модель, по мнению ее авторов, хорошо объясняет полученные недавно сейсмологические и геологические данные о характере расположения вулканических очагов вдоль оси Срединно-Атлантического хребта. Расстояние между соседними вулканическими центрами зависит от размеров магматического очага и от величины разности между вязкостью расплава и вязкостью пород, окружающих вещество верхней мантии.

Прежние гипотезы объясняли процессы плавления и перемещения магмы действием на мантийное вещество холодных литосферных плит в зонах разлома.

Nature, 1984, v. 312, № 5990, p. 146—148 (Великобритания).

#### Метеорология

### Возраст воздуха из ледникового льда

Изучая пузырьки воздуха, оказавшиеся включенными в ледниковый лед, специалисты

<sup>1</sup> См.: Гидротермы на океаническом дне. — Природа, 1984, № 2, с. 118.

определяют химический состав атмосферы в отдаленные эпохи. При этом условно допускается, что возраст воздушного пузырька примерно совпадает с возрастом включающего его льда. В действительности же на уплотнение первоначально рыхлого свежеснежного льда и образование из него твердого льда, способного удерживать включенные газы, уходит немало времени: в зависимости от скорости аккумуляции снежного покрова и температуры данного места этот процесс может занимать от 100 до 3000 лет.

Швейцарские специалисты по химии атмосферы И. Швандер и Б. Штауффер (I. Schwander, B. Stauffer, Бернский университет), работавшие на американской антарктической станции Сайпл, вывели полуэмпирическую формулу, которая позволяет с достаточной точностью устанавливать разницу в возрасте между воздушными включениями и захватившим их слоем ледникового льда. С помощью своего метода авторы определили, например, что в районе станции Сайпл такая разница составляет в среднем 95 лет, а на советской станции Восток, где аккумуляция снега происходит медленно, она достигает 2800 лет.

Science News, 1984, v. 126, № 13, p. 205 (США).

он нашел сначала часть черепа 12-летнего мальчика, а затем и почти полный его скелет, получивший официальное наименование WT 15 000.

Известные до сих пор остатки *Homo erectus* представляли собой лишь разрозненные черепа, несколько мелких костей и относительно полный скелет женщины, страдавшей костным заболеванием. Все эти остатки были разбросаны по удаленным друг от друга районам Северной Африки, Индонезии и Китая.

Возраст новой находки — примерно 1,6 млн лет. Рост мальчика был около 1,6 м, а это позволяет предположить, что, будучи взрослым, он достиг бы 1,8 м. Его кости обладают значительным сходством с костями *Homo sapiens* (человека разумного). Такой факт опровергает мнение, будто отдаленные предки людей были малорослыми и хрупкого сложения.

Детальное изучение этой находки впервые позволит осветить период эволюции предков современного человека в промежутке между существованием австралопитека афарского (так называемой «Люси»), мелкорослым гоминидом, обнаруженным в Эфиопии, и всемирно известным неандертальцем. New Scientist, 1984, v. 104, № 1427, p. 8 (Великобритания).

любопытными методами абсолютной геохронологии и дают весьма древний возраст — до 70 тыс. лет. Часть этих, вызывавших споры, определений ныне проверили Дж. Бада (J. Bada; Скриппсовский океанографический институт в Сан-Диего, штат Калифорния, США) и группа специалистов из Лаборатории абсолютной геохронологии Оксфордского университета (Великобритания).

Исследования выполнялись на основе новой, разрабатываемой в Оксфордском университете методики с использованием высокоселективного масс-спектрометра, основной частью которого служит электростатический ускоритель с каскадным генератором Ван-де-Граафа. Из образца (вытяжки аминокислот из скелетных остатков) весом всего в несколько миллиграммов удается получить на ускорителе необходимый поток частиц для последующего определения возраста органического вещества по стандартной радиоуглеродной методике.

Возможность применения масс-спектрометрии для радиоуглеродной датировки образцов была продемонстрирована еще в 1977 г., и уже тогда стали очевидны преимущества нового метода — его быстрота, надежность и почти в 1000 раз меньшая потребность в анализируемом веществе!

Для костных остатков ископаемого человека, обнаруженного в районе Лагуна-Бич (штат Калифорния), Дж. Бада в 1974 г. получил с помощью радиоуглеродного метода возраст 17 150 лет. По новой методике возраст тех же остатков определен в 5600 лет. Остатки так называемого «лос-анджелесского человека», возраст которых ранее был определен в 23 600 лет, теперь датируются в 8000 лет. И другие определения также дают возраст, соответствующий голоцену — в пределах 3—8 тыс. лет.

## Палеоантропология

## Палеогеография. Археология

### Новый свет был заселен в голоцене

### Почти полный скелет *Homo erectus*

В 1984 г. палеоантропологическая экспедиция, возглавляемая А. Уокером (A. Walker; Университет Дж. Гопкинса в Балтиморе, США) и Р. Лики (R. Leakey; Национальный музей Кении в Найроби), обнаружили у берегов оз. Туркана (на севере Кении) остатки *Homo erectus* (человека прямоходящего). Время существования *Homo erectus* — от 1,6 млн до 200 тыс. лет назад.

Непосредственным первооткрывателем этой ценнейшей находки был кенийский ученый К. Кимеу (K. Kimeu). Веда раскопки в болотистой местности,

Американские материки могли быть заселены первобытными людьми лишь в периоды, когда были свободны от ледников, т. е. либо в позднем плейстоцене (70—100 тыс. лет назад, в межледниковье), либо в голоцене (не ранее 12—13 тыс. лет назад, когда покровные ледники окончательно отступили). Большинство фактов — археологических, антропологических, геологических — указывают, что заселение произошло вслед за отступающим ледником, в голоцене. Однако для Североамериканского материка существует ряд определений возраста скелетных остатков ископаемого че-

<sup>1</sup> Подробнее см.: Hedg e s s R. E. M., G o w l e t t J. A. J. — Nature, 1984, v. 308, № 5958, p. 403.

Таким образом, сейчас можно считать установленным, что первобытный человек попал в Новый свет в голоцене. Скорее всего, это были предки современных индейцев — собиратели и охотники, проникшие в Америку из Азии через Берингийский сухопутный мост.

ature, 1984, v. 312, № 5993, p. 442 (Великобритания).

#### Археология

### В Пскове найдена печать князя Игоря!

На XVI заседании семинара «Археология и история Пскова и Псковской земли», проходившего в Пскове 27 мая 1985 г., С. В. Белецкий (Институт археологии АН СССР) рассказал о неизвестной ранее домонгольской печати, которая была обнаружена псковским коллекционером В. Г. Кольцовым и передана им в фонды Псковского музея-заповедника. На лицевой стороне печати изображен св. Георгий-воин с копьем и щитом, на оборотной — св. Николай Мирликийский.

Печати с изображением святых на обеих сторонах являются наиболее распространенными в домонгольской княжеской сфрагистике на Руси. Изображения святых символизировали христианские имя и отчество князя — владельца печати. Таким образом, печать, найденная в Пскове, могла принадлежать князю, которого в крещении звали Николай Георгиевич или Георгий Николаевич.

Последовательный разбор биографических сведений о русских князьях XII — начала XIII вв. и изучение уже известных ранее княжеских печатей позволили С. В. Белецкому утверждать, что владельцем печати был главный герой поэмы «Слово о полку Игореве» — князь Игорь-Георгий Святославич-Николаевич (1151—1202 гг.).

Биография Игоря Святославича изучена несколькими поколениями историков. С 1180 г. он княжил в Новгороде-Северском и Путивле. В 1185 г. князь пытался «поискати града



Печать, найденная в Пскове в 1983 г. На лицевой стороне — изображение св. Георгия-воина, на оборотной — изображение св. Николая Мирликийского.

Тьмутороканя... испити шеломом Дону», а с 1198 г. занимал великокняжеский черниговский стол. Однако о периоде жизни князя Игоря с 1164 по 1180 г. почти ничего не известно, кроме того, что после захвата в 1164 г. Черниговского княжества Святославом Всеволодовичем он остался без надеда. Где мог находиться в это время Игорь Святославич? Нельзя исключить, что он княжил тогда во Пскове. Правда, в летописи отсутствуют сведения о псковских князьях с 1140 по 1178 г. Тем не менее версия эта может быть подкреплена следующим фактом.

Печать найдена на левом берегу р. Великой, в нескольких сотнях метров ниже по течению от Спасо-Мирожского монастыря. Монастырь был основан в начале XI в. и на протяжении всего средневековья играл важную культурно-просветительскую роль во Псковской

земле. В этом монастыре хранилась киевская рукопись «Слова о полку Игореве» конца 80-х годов XII в. С этой рукописи в том же монастыре во второй половине XIII в. был сделан список, который, в свою очередь, послужил протографом для переписчика из псковского Елизааровского монастыря, работавшего над списком с поэмы в 1510—1512 гг. Этот-то список XVI столетия попал к знаменитому коллекционеру, археографу и историку А. И. Мусину-Пушкину, сыгравшему большую роль в исследовании этого памятника.

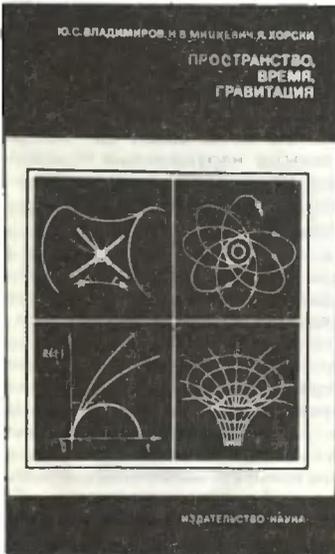
Совпадение мест хранения списка «Слова о полку Игореве» и находки печати весьма примечательно. Скорее всего, печать скрепляла документ, оказавшийся, как и список «Слова», в архиве Спасо-Мирожского монастыря. Во время половецкой части этого архива могла погибнуть, а документ, скрепленный печатью, мог быть унесен водой и прибит к тому месту, где ныне стоит Клементовская церковь. Печать либо оторвалась от грамоты, либо с нею была выброшена на берег, где и пролежала до 1983 г., пока не была обнаружена.

Но даже если Игорь Святославич и не княжил во Пскове, находка его печати в том месте, где хранился один из важнейших памятников древнерусской словесности — список «Слова о полку Игореве», свидетельствует о тесных взаимосвязях его с далеким от черниговских земель Псковом или уж, во всяком случае, со Спасо-Мирожским монастырем Пскова.

С. С. Неретина,  
кандидат философских наук  
Москва

## Теория тяготения вчера, сегодня и завтра

**И. Д. Новиков,**  
доктор физико-математических наук  
Москва



**Ю. С. Владимиров, Н. В. Мицкевич, Я. Хорски.** ПРОСТРАНСТВО, ВРЕМЯ, ГРАВИТАЦИЯ. Отв. ред. Ф. И. Федоров. М.: Наука, сер. «Наука и технический прогресс», 1984, 208 с.

Среди большого числа книг, популяризирующих общую теорию относительности и гравитации, рецензируемая книга, написанная двумя советскими специалистами Ю. С. Владимировым и Н. В. Мицкевичем в содружестве с физиком из Чехословакии Я. Хорски, занимает особое место. Авторы отошли от традиции максимально упрощать изложение в расчете

на уровень «пешеходов» или «домохозяек» и сочли возможным довольно широко использовать формулы и математические понятия, которые, однако, при желании вполне могут быть опущены. Вместе с тем применение математических формул позволило существенно расширить возможный круг лиц, заинтересованных в этой книге. В частности, она будет полезна не только для людей, далеких по своей профессии от естественных наук, но и для студентов вузов физико-математических специальностей, начинающих изучать теорию гравитации, а также для лиц с высшим естественнонаучным образованием.

В настоящее время уже очевидно, что научно-популярная литература должна подразделяться на несколько категорий. Наряду с книгами, написанными совсем просто, необходимы популярные книги для людей, существенно более подготовленных. Эта категория читателей постоянно расширяется. Мы живем в конце XX столетия, в стране со значительным процентом лиц с высшим образованием. Теперь нужно и можно писать не на том уровне, как это делалось в 30-е — 40-е или даже 50-е годы. Основы высшей математики сейчас уже изучают в средней школе, поэтому производным и интегралам в некоторой части научно-популярной литературе пора стать нормальным явлением. Наконец, должна быть научно-популярная литература, скажем, для физиков — по астрофизике и т. д.

Так или иначе, но буквально через два—три месяца после выхода рецензируемой книги в свет, можно было с уверенностью сказать, что она нашла своего читателя.

Книга состоит из трех глав: «Вчера», «Сегодня», «Завтра». В первой дан краткий экскурс в историю становления и развития основных идей современной теории гравитации. По-

казано, как еще во времена Аристотеля и Евклида зарождались понятия, развившиеся в наши представления о пространстве, времени и относительности. Отражена многовековая история раздумий над пятым постулатом Евклида, напряженность поисков его доказательства, порой принимавших драматический характер, и весьма поучительные во многих отношениях обстоятельства открытия первой неевклидовой геометрии, совершенного почти одновременно Н. И. Лобачевским, К. Гауссом и Я. Бояи.

Но основное внимание в главе «Вчера» уделено становлению общей теории относительности (ОТО), показу единой цепи идей и гипотез, идущих от математического анализа аппарата Лобачевского до структуры и содержания общей теории относительности Эйнштейна. Значение работ ряда математиков и мыслителей в этом интервале времени недостаточно хорошо известно. Для многих современных читателей остаются в тени работы В. Клиффорда и Э. Маха. Между тем нельзя не удивляться тому факту, что В. Клиффорд еще задолго до создания общей теории относительности говорил о тех понятиях, которые являются важными в современной теории гравитации: об искривлении пространства, о геометрических волнах кривизны, о деформации пространства. Важность физических идей Маха для создания общей теории относительности подчеркивал и сам Эйнштейн.

В конце первой главы обсуждается самый последний этап создания теории относительности и гравитации. Авторы отметили причины, по которым Б. Риман, В. Клиффорд, Э. Мах не могли создать общей теории относительности: им не хватало двух идей: во-первых, объединения пространства и времени в единое 4-мерное многообразие (что впоследствии особенно

подчеркивалось Г. Минковским) и, во-вторых, связи именно гравитации с искривленностью пространства-времени. Эти идеи были развиты Эйнштейном при создании специальной теории относительности, а также в последующих работах Эйнштейна, А. Пуанкаре и других авторов по релятивизации ньютоновской теории гравитации, завершившихся созданием общей теории относительности.

Мне кажется, что, справедливо отмечая заслуги многих ученых, авторы недостаточно четко говорят об основополагающей роли Эйнштейна в создании специальной и особенно общей теории относительности.

Вторая глава — «Сегодня» — посвящена обсуждению вполне сложившихся и устоявшихся выводов современной теории относительности. Здесь авторы популярно рассказывают о принципе эквивалентности сил инерции и сил тяготения, дают представление о свойствах сильного сферического поля тяготения в ОТО, а также о совершенно необычном для ньютоновской теории тяготения гравимагнитном поле. Это поле возникает, в частности, вокруг вращающегося массивного тела. Изложение этих проблем во многих местах книги весьма отлично от установившихся в популярной литературе стандартов.

Вторую главу завершает обсуждение двух тем — представлений о системах отсчета и идей современной космологии. Если важность науки о Вселенной как целом (космологии) очевидна и не нуждается сегодня в доказательствах (космология уже привела к интереснейшим результатам, увязавшим в единый логически стройный конгломерат принципиальные теоретические и наблюдательные данные), то может возникнуть вопрос: почему авторы поставили в один ряд с другими фундаментальными проблемами, освещенными в этой главе, проблему систем отсчета? Дело заключается в следующем. Обычно в ньютоновской физике под системой отсчета понимают воображаемый жесткий каркас (скажем, решетку), по отношению к которому измеряют движение тел. Согласно ОТО, про-

странство искривлено и это искривление меняется во времени. Никаких жестких каркасов, даже воображаемых, в общем случае быть не может. Это обстоятельство делает понятие системы отсчета и сложным и важным.

Третья глава — «Завтра» — оказалась самой объемной. Это и неудивительно: о достаточно хорошо понятом можно сказать кратко, а менее известное требует пространных объяснений. Начинается эта глава с раздела, посвященного гравитационным волнам. Они пока не обнаружены, несмотря на большое внимание, уделяемое во многих лабораториях мира экспериментальным поискам гравитационного излучения внешнего происхождения. Авторы анализируют сложившуюся в настоящий момент ситуацию, обсуждают возможные источники гравитационного излучения (как реальные, так и гипотетические), возможные методы детектирования гравитационных волн.

Следующий крупный раздел третьей главы посвящен проблематике, тесно связанной с вопросами второй главы. Этот раздел начинается обсуждением эволюции звезд и кончается кратким обзором данных об эволюции космологических моделей и о природе космологической сингулярности — необычного состояния, бывшего в начале расширения Вселенной. В этом разделе авторы рассказывают, в частности, о необычной структуре пространства-времени в целом, которая возможна в некоторых решениях уравнений общей теории относительности. При этом используется весьма наглядный метод изображения бесконечности пространства-времени — так называемые диаграммы Пенроуза. Применение диаграмм Пенроуза в популярной литературе по ОТО только-только начинается и, несомненно, имеет большое будущее.

Переходя к вопросам эволюции черных дыр, авторы дают весьма конспективный обзор современных представлений, привлекающих идеи квантовой физики, теории элементарных частиц и термодинамики. Хотя все изложенные здесь факты подробно проанализированы в

специальной литературе, решение изложить их в главе «Завтра» вполне оправданно, равно как и включение в эту главу анализа эволюции Вселенной и современных взглядов на проблему начала расширения Вселенной. В этих областях наука продолжает обнаруживать важные детали даже в рамках традиционной ОТО, и при ее обобщении именно здесь происходят наиболее существенные перемены и переоценки ситуации. Конечно, часть материала в этом разделе так тесно связана с материалом предыдущей главы, что трудно решить, где его следовало бы поместить, и авторы просто воспользовались своим правом индивидуальной трактовки фактов. При этом из их поля зрения выпали некоторые важные вопросы, например о фазовых переходах на ранних стадиях эволюции Вселенной и их связи со спонтанными нарушениями симметрий. Видимо, в этом отношении рецензируемая книга нуждается в дополнении.

Значительное внимание в третьей главе уделено обсуждению возможных обобщений стандартной теории относительности. Иногда в литературе подобное направление называют неэйнштейновскими теориями гравитации. Хотя в публикациях и рассматриваются отклонения от ОТО, но в данном случае так называть изложенное в книге было бы неверно. Авторы обсуждают именно такие возможные расширения теории, которые содержат в себе эйнштейновскую теорию гравитации как составную часть.

Особый раздел составляют вопросы построения квантовой теории гравитации, трактуемые авторами как проблема объединения закономерностей ОТО и квантовой теории. Здесь кратко обсуждены основные направления поисков решения этой проблемы: квантование слабых гравитационных полей, модельные теории квантования вселенных, гамилтонов подход и другие. Показано, что, несмотря на значительные затраченные усилия, еще предстоит много дел.

Завершает эту главу обстоятельный раздел, посвященный многомерным обобщениям

ОТО. Известно, что исследование этой проблемы, начатые с 20-х годов, испытали ряд взлетов и периоды забвения. Сейчас во всем мире это направление опять оказалось в центре внимания, что связано с последними работами по теории супергравитации, поисками возмож-

ностей построения теории Великого объединения всех известных взаимодействий.

В заключение следует подчеркнуть, что книга написана на основе самых последних достижений теоретической физики, притом специалистами, активно работающими в этой об-

ласти знаний. Именно поэтому авторам удалось показать проблемы «изнутри», в динамике их решения, и внести несомненный вклад в популяризацию современных знаний о пространстве, времени и гравитации.

## НОВЫЕ КНИГИ

### Физика

**ФИЗИКА XX ВЕКА: РАЗВИТИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ.** Ред.-сост. А. Т. Григорьян. М.: Наука, 1984, 336 с., ц. 2 р. 40 к.

Рассказ об эволюции представлений в любой из фундаментальных областей естествознания неизбежно приобретает характер исторического исследования. Такая историко-научная направленность характерна для всех шести статей сборника.

Открывается он обширным исследованием развития квантовых представлений. Основное внимание сосредоточено на событиях 1900—1925 гг., которые, по мнению автора статьи академика АН БССР М. А. Ельашевича, укладываются в два потока развития идей: первый связан с квантовой теорией атома, второй — с квантовой теорией излучения и концепцией корпускулярно-волнового дуализма. К этой работе близко примыкают две статьи, посвященные истории и современному состоянию проблемы атомной структуры (доктор химических наук Д. Н. Трифонов) и открытию и дальнейшему изучению атомоподобных структур: позитрония и метоатомов (академик В. И. Гольдманский и доктор физико-математических наук В. П. Шантарович).

Доктор физико-математических наук В. С. Летохов в своей статье о квантовой электронике специально обсуждает типично историко-научный

вопрос: почему сначала был открыт мазер, а не лазер. Академик А. В. Гапонов-Грехов и доктор физико-математических наук М. И. Рабинович выделили в нелинейной физике две фундаментальные проблемы — возникновение стохастичности в относительно простых детерминированных системах и возникновение упорядоченных детерминированных структур в нелинейных средах.

Завершает сборник обзор-прогноз развития ключевых проблем современной физики и астрофизики, составленный академиком В. Л. Гинзбургом.

### Биология

**СПРАВОЧНИК ПО БИОЛОГИИ.** Под ред. К. М. Сытника. Киев: Наукова думка, 1985, 584 с., ц. 2 р. 60 к.

Издание подготовлено с целью дать возможно более полную и новую информацию справочного характера по всем основным разделам биологии — ботанике, зоологии, анатомии и физиологии человека, общей биологии. Особое внимание уделено таким бурно развивающимся научным направлениям и дисциплинам, как бионика, биофизика, молекулярная биология, молекулярная генетика, генная инженерия и др. В справочнике также отражены проблемы экологии и охраны природы, названы основные законодательные

акты, документы партии и правительства об охране природы в СССР. Каждый раздел сопровождается списком литературы.

### Биология

**В. Е. Соколов. ПЯТИЯЗЫЧНЫЙ СЛОВАРЬ НАЗВАНИЙ ЖИВОТНЫХ.** Млекопитающие. Латинский — русский — английский — немецкий — французский. М.: Рус. яз., 1984, 350 с., ц. 3 р. 30 к.

Важность международных контактов ученых, необходимость широкого и оперативного обмена научной информацией не нуждаются сегодня в комментариях. Трудно переоценить поэтому актуальность начавшей выходить в издательстве «Русский язык» обширной серии многоязычных словарей, охватывающих названия фауны всех систематических групп животного мира. Шесть книг серии познакомят нас с названиями млекопитающих, амфибий и рептилий, птиц, рыб, насекомых и беспозвоночных, населяющих земной шар. Первым выпуском серии стал словарь животных — млекопитающих, вышедший в 1984 г. На 1987 г. запланировано его стереотипное переиздание. По полноте охвата мировой фауны млекопитающих данное издание не имеет аналогов (до выхода в свет этой книги существовали только региональные словари фауны — для Европы и Палеарктики). В основу построения всех вы-

пусков этого словаря положен таксономический принцип, т. е. принцип соподчинения: отряд — семейство — род — вид. Отряды и семейства представлены в порядке, принятом в международной биологической систематике. Первым приводится латинское название животного, далее следуют: русское, английское, немецкое и французское; роды внутри семейств и виды внутри родов даны в алфавитном порядке. Для удобства пользования словарем он снабжен указателями терминов на всех пяти языках, составленными по алфавитно-гнездовой системе. Тщательно продумано оформление словаря: уменьшенные кегля шрифта от более крупных таксонов к более мелким, введение цветных колонн-титлов и маркировки указателей, выделяющей термины на каждом из пяти языков, также носят функциональный характер. Словарь рассчитан на ученых-биологов, а также представителей других специальностей, встречающихся при чтении иностранной литературы с экологическими названиями, переводчиков и редакторов, студентов и аспирантов и других лиц, интересующихся зарубежной литературой по биологии.

лось тысячи лет назад. Однако в наше время здесь произошли особенно резкие перемены. Горнодобывающая и перерабатывающая промышленность, прокладка дорог, трубопроводов и линий электропередач, строительство разного рода — все это сказалось на природе Каракумов. Возникли техногенные грунты, лишенные растительности и гумуса, на них формируются барханы, которые вместе с массами песка наступают на прилегающие территории. Авторы описывают возможные пути к достижению гармонии между человеческой деятельностью и природой пустыни, в частности, существующие и разрабатываемые способы создания зеленых насаждений на барханных песках, такырах. К мерам по сохранению уникальной природы Каракумов относится и создание заповедников. До недавнего времени здесь существовал лишь один крупный заповедник — Репетекский. В 1979 г. создан обширный Капланкырский, а в 1982 г. — Амударьинский заповедник.

В заключение говорится о перспективах хозяйственного использования Каракумов.

#### Философия естествознания

#### География

**А. Арнагельдыев, В. И. Костюковский.** ПУСТЫНЯ КАРАКУМЫ. Отв. ред. А. Г. Бабаев. Природа и человек. М.: Наука, сер. «Человек и окружающая среда», 1985, 164 с., ц. 40 к.

Уникальна природа пустыни Каракумы. Ее в целом равнинная поверхность, занимающая площадь около 360 тыс. км<sup>2</sup>, неоднородна по происхождению и характеру слагающих грунтов. Это не застывшая в своем развитии область, это не только пески... Авторы представляют Каракумы как динамическую территорию, которая постоянно меняет свой облик под воздействием перепадов температуры, атмосферных осадков, ветров, растительности, деятельности животных и человека. Освоение Каракумов нача-

афинской школы, Сократ был наиболее почитаемой фигурой. Афинская школа философии навсегда осталась школой Сократа: в центре ее внимания стояло мировоззрение человека, определение его места в мировом порядке и обязанностей человека перед самими собой.

Чтобы стать «наукой логики», философия должна была пройти несколько стадий. Платон отделил идеи от вещей, но сами эти идеи в Академии рассматривались пристальнее, чем действительность. Для изучения последней уже понадобился Аристотель с его Ликеем, где ученики приучались не смешивать слова с вещами и выражать мысли единообразно понятиями словами. Для того времени это было важной задачей, так как одни и те же слова означали разное: логосом называли и судебную речь, и предложение, и мысль, и любое слово вообще.

В книге показывается, что афинская философия неотделима от словесности. Аристотель был литератором, не забывая об этом, а Платон вошел в историю литературы как поэт, вопреки своему скептическому отношению к поэзии. Подобная «филологичность» афинской школы, доказывает автор, обусловлена тем, что греки были первыми, кто взялся за выработку философской терминологии и понятийной системы.

Книга привлечет тех, кто интересуется историей философии и мировой культуры.

**Т. В. Васильева.** АФИНСКАЯ ШКОЛА ФИЛОСОФИИ. ФИЛОСОФСКИЙ ЯЗЫК ПЛАТОНА И АРИСТОТЕЛЯ. Отв. ред. В. Д. Джохадзе. М.: Наука, 1985, 160 с., ц. 55 к.

«Куда идешь, Сократ, и откуда?» «Из Академии, — отвечал я, — иду прямо в Ликей». Этим вопросом и этим ответом начинает античный писатель Лисид рассуждение о слове и понятии «филии» (дружеской любви), которая входит в состав слова «философия». Обладает ли мудростью тот, кто считает себя ее другом, т. е. философом? Дружеская любовь — это вечное стремление к тому, что вне нас, чего нам недостает. Такой урок должны были извлекать юноши из беседы, которую вел с ними Сократ, задержавшийся на пути из платоновской Академии в аристотелевский Ликей.

И в Академии, и в Ликее, объединенных общим именем

# Тематический указатель журнала «Природа» 1985 года

## ФИЛОСОФИЯ И ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ. ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ

Бороться против войны, пока она не началась	6	3	Перевод и культура. <b>Фейнберг Е. Л.</b>	8	94
В огненном зареве Великой Отечественной. Страницы истории Академии наук СССР. <b>Комков Г. Д.</b>	4	3	Первые шаги советской радиолокации. <b>Кобзарев Ю. Б.</b>	12	72
Естествознание и этика. <b>Черкасов В. Б., Шердаков В. Н.</b>	12	20	Поль Дирак. <b>Капица С. П.</b>	3	62
Золотые медали им. М. В. Ломоносова АН СССР за 1984 г.			«Преодоление самого себя».		
В его работах органически сочетаются математика и физика. <b>Логунов А. А.</b>	8	101	Б. Г. Кузнецов — историк науки. <b>Филонович С. Р.</b>	11	96
Он всегда стремится заниматься наиболее фундаментальными вопросами физики. <b>Гольдманский В. И.</b>	8	102	<b>Спиноза. Кузнецов Б. Г.</b>	11	97
Испытующие годы. Из писем П. Л. Капицы к матери 1921—1923 гг.	1	56	«Природа» в годы Великой Отечественной войны. <b>Успенская Н. В.</b>	5	88
Концепция вакуума в физике и философии. <b>Мостепаненко А. М., Мостепаненко В. М.</b>	3	88	Пространство и время: от мифа к науке. <b>Ахундов М. Д.</b>	8	53
Лауреаты Нобелевской премии 1984 г.			Семья Раевских. Не только войны, но и естествоиспытатели. <b>Редин Р. Ф.</b>	5	74
По физике — <b>К. Руббин, С. дан дер Меер. Михайлов А. С.</b>	1	94	Солнечные проекционные микроскопы в физическом кабинете Петербургской академии наук XVIII в. <b>Гуриков В. А.</b>	4	52
По химии — <b>Р. Мэррифилд. Швацки Ю. П.</b>	1	97			
По медицине — <b>Н. Эрне, Ц. Мильштейн, Г. Келер. Незлин Р. С.</b>	1	98			
Молодежь и задачи современной экологии	7	3			
Музей ЭВМ в США*	9	117			
На пути к единой науке о человеке. <b>Фролов И. Т.</b>	8	65			
«Наивысшая музыкальность в области мысли». (К 100-летию со дня рождения Нильса Бора.)					
На заре атомного века. <b>Резеберг У., Сачков Ю. В.</b>	10	82			
Прорыв в новую землю. <b>Гейзенберг В.</b>	10	93			
Наука и некоторые продовольственные проблемы периода Великой Отечественной войны. <b>Левшин Б. В.</b>	5	6			
Наука и протонаука. <b>Гурштейн А. А.</b>	4	90			
Научная литература соотносится с научно-популярной, как золотоносная руда с чистым золотом. <b>Петранов-Соколов И. В.</b>	4	100			
Новое имя в истории русской культуры. <b>Турилов А. А., Чернецов А. В.</b>	9	88			
Обнаружены остатки антарктической метеостанции*	11	120			
Обращение к ученым всего мира в связи с 40-летием Победы над фашизмом	5	4			

## АСТРОНОМИЯ. АСТРОФИЗИКА. КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Биоспутник «Космос-1667»*. <b>Никитин С. А.</b>	11	104
Взрыв сверхновой вблизи квазара*	11	104
В полете «Вега-1» и «Вега-2»*	3	109
Время и пространство в зеркале современной науки.		
Река времени. <b>Либшер Д.-Э., Новиков И. Д.</b>	4	14
Край Вселенной. <b>Хоккинг С.</b>	4	21
Вселенная как лаборатория элементарных частиц. <b>Хлопов М. Ю.</b>	5	20
Второй лунный метеорит*	5	107
Вулканизм на Земле и Венере*	1	106
Гамма-источник Геминга: белый карлик, вращающийся вокруг черной дыры? <b>Бисноватый-Коган Г. С.</b>	5	86
«Джетто»*	12	100
Длительность суток на Нептуне*	10	105
Завершена третья основная экспедиция на «Салют-7»*. <b>Никитин С. А.</b>	1	104
Запуски космических аппаратов в СССР (сентябрь — октябрь 1984 г.)*	2	104
Запуски космических аппаратов в СССР (ноябрь — декабрь 1984 г.)*	4	103
Запуски космических аппаратов в СССР (январь — февраль 1985 г.)*	6	106
Запуски космических аппаратов в СССР (март — апрель 1985 г.)*	8	105
Запуски космических аппаратов в СССР (май — июнь 1985 г.)*	10	103
Запуски космических аппаратов в СССР (июль — август 1985 г.)*	12	99
Из центра Галактики сигналы не приняты*	8	106
Изучение магнитосферы Земли и солнечного ветра*	11	105

\* Опубликовано в разделе «Новости науки».

Исследование Гор Максвелла на Венере*	3	111
Исследуются дальние области геомагнитного хвоста*	6	106
Кентерберийский рой*	11	105
Кольцо вокруг Нептуна*	9	103
Кольца Урана сфотографированы*	4	105
Комета Джакобини — Циннера приближается*	2	105
Лед в оболочке кометы*	5	106
М 81 — галактика с кольцом*. <b>Ефремов Ю. Н.</b>	12	102
Метеоритные кратеры. <b>Иванов Б. А., Базилевский А. Т.</b>	10	23
На границе Солнечной системы*	7	106
На обсерватории Сангкок сфотографирована комета Галлея*. <b>Киселев Н. Н., Щеглов П. В.</b>	8	107
Некорректные задачи в современной астрофизике. <b>Гончарский А. В., Черепашук А. М., Ягола А. Г.</b>	9	3
Необычное поведение сейфертовской галактики NGC 4151*	2	104
Новый хромосферный телескоп*	3	111
Новый астероид*	6	108
Обнаружена ли гелиопауза?*	10	104
Оптические вспышки от источников γ-всплесков*	5	105
Открыт «коричневый» карлик*	7	107
Открыт новый внегалактический пульсар*. <b>Гурвич Л. И.</b>	5	104
Откуда «реки» на Марсе?*	8	106
Параметр Хаббла и эффект гравитационной линзы*	12	101
Первый этап космической экспедиции «Вега»: исследование Венеры. <b>Балебанов В. М., Мороз В. И., Мухин Л. М.</b>	8	3
План исследования кометы Копфа*	4	103
Поиски планетных систем*	5	106
«Прогноз-10 — Интеркосмос»*	8	105
Проект крупнейшего телескопа*	7	107
Проекты больших космических интерферометров*	9	102
Пульсарная шкала времени*	1	106
Радиоизлучение от сверхновой I типа*	1	105
Распространенность дейтерия в кометах*	10	105
Реликтовое электромагнитное излучение — инструмент исследования Вселенной. <b>Насельский П. Д.</b>	11	76
Самые далекие радиогалактики*	4	105
Сверхновые и постоянная Хаббла*	7	106
Сколько метеоритов падает на Землю*	3	113
Солнечный ветер исследуется активными методами*	12	101
Спектральные линии в дециметровом диапазоне волн*	5	104
Спутниковая система для сбора информации о солнечной активности*	4	104
Спутниковая геодезия в Великобритании*	9	102
Существование Харона подтверждено*	11	106
Тепловое излучение Венеры*	2	104
Толщина колец Сатурна*	2	105
Центр Галактики — область, где рождаются звезды?*	6	107
Через систему Сатурна — к истории вещества планет. <b>Николаева О. В.</b>	4	63
Экология и проблема поиска внеземных цивилизаций*	4	104
Экспедиция на «Салюте-7» (июль — август 1985 г.)*. <b>Никитин С. А.</b>	12	99
Эллиптические галактики с оболочками*	6	107
Ядра шаровых скоплений: сжатие или расширение?*	1	104

## ФИЗИКА. ТЕХНИКА

Асимметрия в структуре атома водорода*	7	109
Атомы в фотонной «бане»*	2	106
«Белый» лазер*	11	107
Взаимодействие антипротонов с гелием и астрофизика. <b>Сапожников М. Г.</b>	6	70
Вода в перистых облаках при минус 36 °С*	7	109
Вычислительная физика — новая область науки? <b>Мазин И. И., Максимов Е. Г.</b>	1	80
Голографическое трехмерное зрение роботов*	1	107
Гравиметрия — наука о силе тяжести. <b>Грушинский Н. П.</b>	10	62
«Дюмаид» — детектор физики Великого объединения*	4	105
Единство фундаментальных сил природы и поиски глюболов — частиц из ядерного «клея». <b>Герштейн С. С., Логунов А. А.</b>	1	6
Жидкий гелий при сверхвысоких давлениях и температурах*	6	109
Запаздывающие тритоны испускаются ядрами лития*	2	107
Измерение симметрии. <b>Ройцин А. Б.</b>	2	73
Измерены заряды кварков*	9	103
Исследуются волоконные световоды с малыми потерями*	9	105
Квазикристаллы — структуры с симметрией 5-го порядка*	8	108
Кварконий — атом из кварков. <b>Дремин И. М.</b>	10	12
Криолюминесценция*	1	107
Лазерная спектроскопия одиночных атомов и молекул. <b>Летохов В. С.</b>	2	15
Маятник Фуко и вихревое гравитационное поле Земли*	3	114
Многозеркальная оптическая система — прототип нейтронного микроскопа*	3	113
Монополи и вихри: от Дж. Максвелла до наших дней. <b>Монастырский М. И.</b>	5	62
Набухание: от глины к живой клетке. <b>Веденов А. А., Левченко Е. Б., Третьякова Л. И.</b>	11	14
Нарушение пространственной четности в нейтронных резонансах. <b>Алфименков В. П.</b>	11	86
Нейтронный микроскоп*	10	106
Необычная сжимаемость кристаллов цеолита*	12	104
Нитрид молибдена — высокотемпературный сверхпроводник?*	11	106
Новая профессия электрического тока. <b>Троицкий О. А.</b>	5	71
Новый способ голографической записи информации*	12	104
Образование пары Френкеля при распаде атома в кристалле*	4	106
Обратимая аморфизация твердых тел*	12	105
Оптическая регистрация информации*	10	107
Остановка атомов лазерным светом*	10	106
Параметрическое рентгеновское излучение*	11	107
Получение искусственных алмазов при низких давлениях*	10	107
Получение ультракоротких акустических импульсов*	5	108
Проверка закона тяготения в лабораторных условиях*	7	107

Рентгеновское излучение при разрушении твердых тел*	7	108
Роботы и информатика. Попов Е. П.	12	3
Самоспекание ультрадисперсных порошков*	4	107
Сжимаемость ядерной материи*	9	104
Система единиц СИ и фундаментальные постоянные*	8	109
Такая нескучная физика. Смонд-рев М. А.	3	82
Таммовские состояния и физика поверхности твердого тела. (К 90-летию со дня рождения И. Е. Тамма.) Келдыш Л. В.	9	17
Токамаки сегодня и завтра. Велихов Е. П.	3	52
Управляемая связь коаксиальных световодов*	12	105
Ускорители XXI века?*	8	108
Черенковское излучение от «сгустка света»*	5	107
Электронные возбуждения и дефекты в кристаллах. Витовский Н. А., Эланго М. А.	12	49
Энергетика — излучения — кристаллы. Калашиников Н. П., Трушни Ю. В.	8	24
Ядерная энергетика и международная безопасность. Легасов В. А., Феоктистов Л. П., Кузьмин И. И.	6	6

## ИНФОРМАТИКА. МАТЕМАТИКА

Автоматизированный банк данных для химиков*	6	109
Вычислительные машины становятся интеллектуальными. Постелов Д. А.	4	28
Информатика: предмет и задачи. Дороницын А. А.	2	26
Математическое моделирование климата. Стенчиков Г. Л.	6	39
Математическое моделирование и охрана природы. Марчук Г. И.	7	6
Системные исследования: идея автономности. Балашов Е. П., Сачков Ю. В.	6	63

## ХИМИЯ

Горение: современный взгляд на древнейший процесс. Зельдович Я. Б., Либрович В. Б., Мержанов А. Г.	2	30
Диоксин — проблема научная или социальная? Фокин А. В., Коломиец А. Ф.	3	3
Карбал — сверхтвердый композиционный материал*	2	108
Озоновый щит Земли пока еще цел*	1	108
Парафиновые углеводороды реагируют с комплексами металлов. Шилов А. Е., Шульпин Г. Б.	8	13
Причина образования газов при разрушении твердых тел*	5	109
Синтез в режиме горения*	2	108
Экстракция металлов с помощью криптандов*	5	109

## ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

Бактериальный токсин подавляет лактацию у свиней*	8	112
Биологическая эволюция и эволюция макромолекул. Волькенштейн М. В.	6	82
Борьба с водорослями, повреждающими памятники архитектуры*	4	110
Вирусы у Юрибейского мамонта*	2	111
Возможности внутриутробного обучения*	5	111
Волк-синантроп*	12	109
Вторичный паразитизм у насекомых*	11	108
Генетика и демография*	3	116
Генетические основы ощущения вкуса*	10	109
Гигантская пчела обнаружена вновь*	4	112
Гигантский кальмар в Охотском море*	10	112
Гнездовой паразитизм у ласточек*	4	113
Голубой баран на Памире! Сапожников Г. Н.	2	102
Гусеницы бабочек голубянок — паразиты в системе симбиоза*	7	113
Дельфины постигают «грамматику»*	11	113
Загадки пола*	2	109
Загадочные странствия зеленой черепахи*	1	111
Звуковое оружие кашалота*	1	112
Значение раннего опыта в формировании поведения*. Кипятков В. Е.	9	110
Иерархия у муравьев-«рабовладельцев»*. Кипятков В. Е.	5	114
Искусственный сустав барсу*	4	111
Как обезьяны узнают родичей*	7	115
Какой компас у птиц врожденный?*	6	112
Кариотаксоны, надежность генома и прогрессивная биологическая эволюция. Корогодин В. И.	2	3
Количественное исследование языка муравьев*	9	110
Колония пингвинов в Сан-Диего*	6	115
Конкурентные отношения у паразитирующих личинок*. Карцев В. М.	2	112
Летучая мышь кормит именно своего детеныша*	6	115
Лидер первичной продукции — океан, а не суша. Крупаткина Д. К., Берлан Б., Маэстрини С.	4	56
Микроэволюция, полиморфизм и доминантные мутации. Гершензон С. М.	4	80
Морозоустойчивый комар*	9	111
На пути к «замороженному зоопарку»*	5	112
Насекомые запоминают опасность*	8	112
Наследственность и среда в развитии ребенка*	9	109
Новая форма мимикрии у рыб*	11	114
Новый вид и род простакобактерий*	4	111
Новые метанобразующие бактерии. Жилина Т. Н., Заварзин Г. А.	7	103
Оригинальный способ коммуникации насекомых*	6	113
Осы подле разрушенного гнезда*	8	112
Ответственность отца за рождение близнецов*	11	109
Паразитологи о волке. Спасский А. А., Бибиков Д. И., Коновалов Ю. Н.	7	63
Передвижение пчел и шмелей при сборе корма*. Карцев В. М.	9	111
Переносимые ветром щитовки*	5	114
Подводные наблюдения за антарктическим крилем. Несис К. Н.	5	101
Половое поведение у насекомых*	12	108
Последствия ядерной войны: взгляд радиобиолога. Кузми А. М.	6	17
Почти полный скелет Homo erectus*	12	113

Преимущества «коммунальной квартиры» у муравьев*	10	111
Происходит ли брожение в желудке китов?*	4	112
Происхождение полета у птиц*	3	118
«Птицезустойчивый» подсолнечник*	1	111
Птицы в экологии современного человека. Ильичев В. Д.	1	30
Редкое растение — мандрагора*	9	112
Редкий случай симбиоза*	5	112
Роль солнца в стартовой ориентации мигрирующих птиц. Кац Е. Б.	12	39
Самое глубоководное растение*	10	113
Северные олени на островах Арктики. Куприянов А. Г., Беликов С. С., Рандла Т. Э.	3	46
Скрещивается собака с шакалом. Бехтин И. Н., Сулимов К. Т.	3	65
След летающего насекомого. Бродский А. К., Иванов В. Д.	10	74
Смена функций у черного садового муравья в течение жизни*	11	116
Странствующие гусеницы*	5	113
Стреляющие органы. Несис К. Н.	9	98
Температура тела у насекомых*. Карцев В. М.	1	113
Хвост-зонтик у суслика*	4	113
Энергетическая цена индустриализации агросферы. Созинов А. А., Новиков Ю. Ф.	5	11

## ФИЗИОЛОГИЯ. МЕДИЦИНА

Алкоголь препятствует адаптации*	12	109
Алкоголь и витамины*	10	109
Аспирин и инфаркт миокарда*	9	108
Биогликоны повышают активность макрофагов*	9	107
Вакцинация людей с различными группами крови*	2	108
Вакцинация против клещевого энцефалита*	10	110
Витамины А и Е активируют иммунные реакции*	8	110
Восприятие детьми необычных явлений*	2	112
Восприятие черт мужчины и женщины*	6	112
Время восприятия эмоций*	9	109
Время реакции водителя*	10	109
Действие вирусов на лимфоциты*	6	112
Дибунол и старение организма*	8	111
Для вертикального роста корня необходим кальций*	1	114
Зачем нужны слезные железы*	7	112
Идеомоторные действия*	1	111
Канцерогенные углеводороды как стимуляторы роста*	9	112
Курение и асимметрия мозговой деятельности*	9	109
Курение и рак*	7	112
Лазер против атеросклеротических бляшек*	11	113
Лечебное действие РНК*	5	110
Макрофаги и опухоли*	11	111
Механизмы развития системного склероза*	6	111

Меченые тромбоциты выявляют тромбы*	12	107
Моделирование рассеянного склероза*	11	111
Моноклональные антитела в диагностике инфаркта и опухолей*	9	107
Музыка влияет на двигательную реакцию*	4	109
Нервные клетки делятся и во взрослом мозге?*. Рылов А. Л.	10	110
Новое о природе гипертонической болезни. Постнов Ю. В., Орлов С. Н.	10	3
Новое — хорошо забытое старое*	10	110
Новый способ прививок против бешенства*	11	112
Обнаружен «потенциал расслабления»*	3	118
Переживание ребенком разлуки*	8	111
Поиски вариантов холерной вакцины*	9	106
Получение противоопухолевых токсинов*	11	112
Предупреждение рака ротовой полости*	4	109
Принцип дополнительности в описании психических явлений. Фейгенберг И. М.	2	94
Причины образования метастазов*	2	110
Противоатеросклеротические свойства миггуена*	3	115
Развитие эмоций и ощущение ответственности*	4	110
Сердце как эндокринная железа*	3	117
Социальное взаимодействие смягчает стресс*	8	111
Сравнительная эффективность групповых и индивидуальных решений*	2	111
Стабилизация содержания кислорода в мышцах*	9	108
Стратегия зрительного восприятия*	5	111
Физиологический «портрет» шепота*	3	117
Экспресс-диагностика гриппа*	5	110
Электросон в профилактике эмоционального стресса*	7	113
Эмоции и восприятие времени*	5	111

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

Автоматический секвенатор ДНК*	2	111
Воздействие космического фактора на синтез РНК у крыс*	12	106
Взаимодействие между В- и Т-лимфоцитами*	12	107
Вирусы без нуклеиновой кислоты? Кунин Е. В., Чумаков К. М.	9	58
Внеядерные геномы высших растений. Негрук В. И.	2	60
Генетическая система эвкариот, подобная оперону бактерий*. Наумов Г. И.	11	108
Генная инженерия: революция в биологии? Гречко В. В.	3	24
Дрожжи синтезируют чужеродные белки*	11	110
Изучение гипертонии на молекулярном уровне*	4	107
Молекулярная онкология. Киселев Ф. Л.	11	58
Новые данные о натрийуретическом факторе*. Сургучев А. П.	11	108
Новый корм для скота*	12	110
Регуляция сборки и функционирования микротрубочек*	12	107

Синтезирован ген кальцитонина человека*	10	108	Бабочка мертвая голова. <b>Воловник С. В.</b>	10	36
Строение рецептора иммуноглобулина Е*	10	108	Водные ресурсы мира*	12	111
Субъединицы рибосомы способны перемещаться?*	1	109	Возможное влияние «ядерной зимы» на лесную экосистему*	9	113
			Гербицид, оказавшийся канцерогеном*	7	118
			Гренландский кит: надежды на восстановление вида*. <b>Беликов С. Е.</b>	11	116
			Грибы против кислотного дождя*	1	115
			Дальневосточный сцинк. <b>Басарукин А. М., Боркин Л. Я.</b>	11	37
			Деревья регистрируют кислотность осадков*	1	114
			Дикий гранат. <b>Левин Г. М.</b>	12	58
			Дождевые черви — редкие животные. <b>Перель Т. С.</b>	7	24
			Долговременные последствия ядерной войны — глобальная экологическая катастрофа. <b>Свирижев Ю. М.</b>	6	51
			Дунайский лес в опасности*	2	113
			Если исчезнут леса. . .	5	115
			Загрязнение атмосферы в Арктике*	7	12
			Защита морских берегов от размыва. <b>Каплин П. А., Никифоров Л. Г.</b>	1	69
			Изучается экосистема Балтийского моря*. <b>Пономарев Л. А.</b>	4	114
			Индикационная зоология. <b>Кривоуцкий Д. А.</b>	7	86
			Индийская бойга. <b>Орлов Н. Л.</b>	1	53
			Истоки эволюционной экологии: конкуренция, естественный отбор и видообразование. <b>Галл Я. М.</b>	11	67
			Источники ртути в Средиземном море*	3	119
			Козы угрожают заповедному острову*	7	115
			Кольцевой хребет Кондер. <b>Харкевич С. С., Крот В. Е.</b>	2	44
			Культивирование водорослей — одна из мер охраны шельфа. <b>Пржемянецкая В. Ф.</b>	7	36
			Летучие собаки в Рижском зоопарке. <b>Денисов И. А.</b>	8	92
			Ловушка для цеце*	10	114
			Микробиологический анализ воды за несколько часов*	1	110
			Нарушение природной среды усугубляет стихийные бедствия*	7	116
			Охота на аляскинского волка возобновляется*	9	117
			Охоту в Кении можно возобновить*	1	115
			Полисорбы — поглотители загрязняющих веществ*	10	115
			Полихлорированные дибензофураны в окружающей среде*	11	117
			Последствия величайшего пожара*	7	116
			Последствия экологической экспансии*	7	115
			Природные феномены Крыма. <b>Ена В. Г., Ена А. В., Ена А. В.</b>	7	51
			Птицы и техника. <b>Якоби В. Э.</b>	12	97
			Пустыни наступают*	8	116
			«Пчелиный мониторинг»*	10	114
			Размеры ареала и локальное обилие птиц*	2	113
			Рейнтродукция золотистой игрунки*	12	111
			Рекультивация нарушенных земель на Севере. <b>Крючков В. В.</b>	7	68
			Самая редкая в СССР змея. <b>Агасян А. Л., Туннев Б. С.</b>	5	42
			Свинца в питьевой воде англичан*	7	117
			Сера в биосфере. <b>Рябошапко А. Г.</b>	7	42
			Создан Центральносибирский заповедник*. <b>Рогачева Э. В., Янковская И. Н.</b>	7	119
			Тис ягодный. <b>Кулнев В. Ш., Гумбаев З. И.</b>	3	96
			Токсические свойства фенитротриона*	7	117
			Тяжелые металлы безвредны для глубоководного моллюска*	4	115
			Усиление мутагенного эффекта*	7	117
<b>БИОХИМИЯ. БИОФИЗИКА</b>					
Биологическая мембрана из полимеров*	5	109			
Биоритмы живой клетки*	7	110			
Влияние липидов на опухоли*	9	106			
Выделение пенициллинов через полупроницаемые мембраны*	4	108			
Гербицид избирательного действия*	12	106			
Джекалин — новый активирующий белок*	12	106			
Дрожжевой белок, связывающий ионы кобальта*	2	109			
Дрозофила и витамины*	7	111			
Еще один фактор, разрушающий оболочку нервных волокон*	1	110			
Ингибиторы ферментов синтезируются микроскопическими грибами*	11	113			
Интерферон повышенной специфичности*	6	109			
Интерферон против стафилококков*	7	111			
Культивирование возбудителя малярии вне организма*	4	109			
Крылоногие моллюски и круговорот углерода*	12	110			
Лейкоциты и кислород*	1	109			
Морские обитатели — источник новых лекарств и препаратов. <b>Еляков Г. Б., Люцко А. М., Стоник В. А.</b>	5	44			
На пути к противомаларийной вакцине*	11	110			
Новый метод создания мембраноактивных препаратов*	6	111			
Новая природная форма гормона*	11	109			
Определена структура фермента*	9	105			
Пенициллин и стрептомицин изменяют тканевое дыхание*	8	110			
Пептиды и агрессивное поведение. <b>Рылов А. Л.</b>	8	75			
Пестициды изменяют форму эритроцитов*	4	107			
Причины возникновения диабета*	6	110			
Регуляция накопления алкалоидов в растениях*	3	115			
Синтезирован гормон роста человека*	4	108			
Содержание лития в крови*	7	111			
Создаются новые биоспецифические материалы*	2	110			
Физические метки в молекулярной биологии. <b>Лихтенштейн Г. И.</b>	3	72			
Фермент нейраминидаза стафилококков*	3	116			
Химия памяти. <b>Кругликов Р. И.</b>	6	90			
Четвертое царство живой природы?*	10	111			
<b>ЭКОЛОГИЯ. ОХРАНА ПРИРОДЫ</b>					
Атмосферный метан в недавнем прошлом и глубокой древности*	9	113			
Аэрокосмические методы в экологическом прогнозе. <b>Виноградов Б. В.</b>	7	13			

Уссурийский когтистый тритон. <b>Козик С. С., Труберг А. Г.</b>	9	55
Хвойные оценивают мутагенность биосферы*	7	110
Экология микроорганизмов: эксперименты в природе. <b>Кожевин П. А.</b>	7	78
Экологические последствия минувшей войны. <b>Носков Ю. Г.</b>	3	16
Экологические типы ориентации членистоногих*. <b>Карцев В. М.</b>	11	115
Яйцееды против растительных клопов*. <b>Карцев В. М.</b>	7	114

## ГЕОЛОГИЯ

Актуальные проблемы геологии. (На 27-й сессии Международного геологического конгресса)		
Решение старых проблем порождает поток новых. <b>Яшин А. Л.</b>	3	98
Изотопные методы в решении проблем строения и эволюции Земли. <b>Вассербург Дж.</b>	3	99
Необходимо установить, как быстро протекают геологические процессы. <b>Зейбольд Е.</b>	3	101
От геологии описательной к экспериментальной. <b>Куширо И.</b>	3	102
Представление о Земле как динамическом теле совершенствуется. <b>Прайс Р.</b>	3	103
Проблема минерального сырья и плитовая тектоника. <b>Ваничек М.</b>	3	104
Новые геологические концепции рождаются в океане. <b>Обуэн Ж.</b>	3	105
Нынешний этап минералогии можно оценить как кристаллогенетический. <b>Костов И.</b>	3	106
Интерпретация волновых полей — основа геофизики. <b>Метьюз Д.</b>	3	107
27-я сессия Международного геологического конгресса: итоги и перспективы. <b>Богданов Н. А.</b>	3	107
В медвежьем углу Камчатки. <b>Салли Ю. С.</b>	10	50
Вулканизм срединно-океанических хребтов*	12	112
Выход нефти значительно увеличен*	3	120
Геология приальпийских озер*	9	115
Глубинные превращения земной коры*	10	116
Глубоководное бурение в океане продолжается*	9	114
Древняя гигантская волна на Гавайях*	11	119
Зарождение океана*	11	119
Исследуется тройственная точка в Индийском океане*	2	115
Как открывали новый минерал. <b>Портнов А. М.</b>	12	28
Когда следующее извержение вулкана Авача?*	6	119
Литофагия и геология. <b>Паничев А. М.</b>	9	34
Международные исследования дуги Скотия*	8	113
Металлогения рифтовых зон*	10	116
Минералогия живописи. <b>Голубов В. Н.</b>	9	48
Нефтегазосность недр: новые представления. <b>Соколов Б. А.</b>	8	84
Нефть в океане: загрязнение или естественный приток? <b>Троцюк В. Я., Немировская И. А.</b>	7	28
Нефтяные запасы США истощаются*	8	114
Новая находка сульфидов в Красном море*	10	115

Новые геологические карты*	2	116
Осадки на континентальных склонах*	9	115
Оценка минеральных ресурсов Антарктиды*	3	120
Первое крупное месторождение газа в Баренцевом море*. <b>Клиткин К. А.</b>	11	117
Плотнины, созданные взрывом. <b>Садовский М. А., Адушкин В. В.</b>	11	3
Подводный «факел» у острова Парамушир*	4	116
Подземный сверхглубокий полигон — лаборатория будущего. <b>Хитаров Н. И.</b>	2	68
Проблемы геологии докембрия. <b>Митрофанов Ф. П., Запольнов А. К.</b>	1	44
Проблемы освоения океанических руд*. <b>Базилевская Е. С.</b>	5	115
Редкий случай вулканизма*	4	117
Свидетели ранней истории Земли. <b>Шульдинер В. И.</b>	4	72
Сколько минералов найдено на Земле и на Луне?*. <b>Пуцаровский Д. Ю.</b>	1	117
Структура земной коры в Канаде*	9	47
Сульфидные руды на дне океана. <b>Батурин Г. Н.</b>	6	98
Тектоника Новой Гвинеи*	10	112
Тектоника северо-западного обрамления Тихого океана*	1	115
Термитники. <b>Бондырев И. В.</b>	5	103
Черный Голмаф. <b>Матвеев А. К.</b>	9	77
Шайтанский переливт. <b>Глазова Т. А., Григорьев Д. П.</b>	4	40
Эльбрус — действующий вулкан? <b>Короновский Н. В.</b>	8	42

## ГЕОФИЗИКА. ГЕОХИМИЯ

Аномальное содержание изотопов гелия в алмазах*	5	117
Геохимия тропических островов. <b>Добровольский В. В.</b>	11	40
Зоны образования алмазов в литосфере*	4	116
Кадмий в океанских фосфоритах*	8	113
Магнитный полюс переместился*	12	111
Новый взгляд на происхождение геомагнитных пульсаций. <b>Гульельми А. В.</b>	4	44
Образование полициклических ароматических углеводородов*	1	116
Парадокс релаксации напряжений в горных породах. <b>Пономарев В. С.</b>	5	53
«Парниковый» эффект в эоценовое время*	11	120
Первичная миграция углеводородов*	3	119
Полярные сияния и структура земной коры*	6	119
Последствия ядерной войны для атмосферы. <b>Голицын Г. С.</b>	6	22
Сверхтяжелые элементы в метеоритах: надежды и разочарования. <b>Шуклюков Ю. А.</b>	1	20
Сейсмическая стратиграфия. <b>Куркин Н. Я.</b>	12	60
Сейсмовибрационный стенд*	1	118
Скорость вращения атмосферы меняется*	1	116
Солнце, Луна и землетрясения*	2	115
Уран в земном ядре*	7	119

## ГЕОГРАФИЯ. КЛИМАТОЛОГИЯ

Аэрозольные климатические катастрофы. <b>Будыко М. И.</b>	6	30
---	---	----

Возраст воздуха из ледникового льда*	12	112
Выдающийся памятник русской картографии XVIII в.*	4	118
Глобальное отступление берегов*	6	120
Глобальные тенденции климата*	1	118
Динамика материковых оледенений. Пуннинг Я.-М. К.		
Закончился ли период потепления для Москвы?*	12	11
Куликово поле: природа и история последних 6 тысяч лет. Хотинский Н. А., Фоломеев Б. А., Александровский А. Л., Гуман М. А.	12	30
Метеоисследования в Арктике*	2	117
Наводнения зависят от Солнца?*	2	118
Надежность метеопрогноза в США*	2	118
От реконструкций климата к реконструкциям океанических течений. Монни А. С., Ясамазов Н. А.	5	32
От холодной зимы к ледниковому периоду?*	2	118
Пересыхало ли Средиземное море?*	9	116
Поведение льда на Южном полюсе*	4	117
Природа у колыбели человечества. Величко А. А.	3	35
Прогноз ледникового стока. Дюргеров М. Б.	2	47
Пульсирующий ледник*	5	119

## ОКЕАНОЛОГИЯ

В рифтовой зоне хребта Рейкьянес. Кузнецов А. П., Сагалевич А. М., Богданов Ю. А., Подражанский А. М.	8	35
Высокоточное определение океанских глубин*	2	117
Гидротермы в Атлантике*	12	112
Гидротермальная фауна вне районов гидротермальных излияний*	6	116
Глубоководные залежи полиметаллических руд*	2	116
Грибовидные течения в океане* <sup>1</sup>	10	112
Исследования рифта в районе Исландии*	7	118
История формирования Евразийского бассейна Арктики*	8	115
Картирование тихоокеанского дна*	3	121
«Красный прилив» в Черном море*	8	114
Крупнейший «водопад» мира*	10	120
Куда движутся воды через Гибралтарский пролив?*	10	119
Лед, океан и климат*	6	118
Серые киты и геоморфология дна*	5	117
Советские и французские исследования в Красном море*	6	117
Течения в древних океанах*	1	118
Тихий океан 18 тысяч лет назад*	5	118
Холмистое дно океана. Гершанович Д. Е., Леонтьев О. К.	9	43

## ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

«Геохимическая» причина гибели динозавров*	4	118
Гигантская ископаемая змея*	9	116
Древнейшие следы жизни. (По материалам 27-й сессии Международного геологического конгресса.) Крылов И. Н.	9	68

Крупнейший среди ихтиозавров*	2	114
Насекомые мелового периода на территории Европы*	10	119
От кого произошли страусы?*	2	114
Первые четвероногие: поиски и находки. Лебедев О. А.	11	26
Предок гигантских хищных динозавров?*	1	119

## АРХЕОЛОГИЯ. ЭТНОГРАФИЯ

Артур Хокарт и сравнительный метод этнографии.		
«Труды и дни» Артура Хокарта. Иванов Вяч. Вс.	12	83
Критерии оценки свидетельств. Хокарт А. М.	12	88
В Пскове найдена печать князя Игоря? Неретина С. С.	12	114
Висмут в бронзе древних инков*	1	119
Древние рудокопы Приморья. Кононенко Н. А.	10	47
Древний город на реке Москве. Юшко А. А.	11	52
Древнейший из австралопитеков*	5	119
Древнейшая кукуруза Центральной Америки*	6	120
Древности с берегов Ледовитого океана. Гурин Н. Н.	5	30
Искусство каменного века Восточной Прибалтики. Лозе И. А.	9	40
Исчезнувшие народы. Буртасы. Афанасьев Г. Е.	2	85
Как строили египетские пирамиды? Маниоковое дерево: происхождение тропического земледелия в Америке. Березкин Ю. Е.	10	39
Неолитический человек на севере Европы*	8	116
Новый свет был заселен в голоцене* О древнем виноградарстве и виноделии. Абдуллоев Д.	12	113
Облик фауны Приамурья в наскальных рисунках. Величкин А. Г.	1	102
Погребальные обычаи, их смысл и происхождение. Токарев С. А.	9	82
Происхождение домашних собак. Шнирельман В. А.	7	92
Раскопки на берегу Тигра*. Бадер Н. О.	11	121
Советские археологи на Кубе*	9	117
Советско-монгольские археологические исследования*	10	120
Эль-Ниньо и его последствия для археологии Перу. Березкин Ю. Е.	9	100

## РЕЦЕНЗИИ

Внимание: измененная природа. (На кн.: Ю. Новиков. Внимание: вода!) Абрамов Л. С.	7	122
Действенная любовь к птицам. (На кн.: В. Д. Ильичев. Управление поведением птиц.) Баскин Л. М.	11	124
Древнейшие обитатели Северо-Востока Азии. (На кн.: В. В. Леонтьев. Этнография и фольклор кереков.) Крупник И. И.	9	121
Еще раз о специальной теории относительности Эйнштейна в историческом		

контексте. (На кн.: Arthur I. Miller. Albert Einstein's Special Theory of Relativity. Emergence (1905) and Early Interpretation (1905—1911).) <b>Терентьев М. В.</b>	<b>8</b>	<b>117</b>	Современный взгляд на океан и его минеральные ресурсы. (На кн.: В. П. Гаврилов. Кладовая океана.) <b>Лымарев В. И.</b>	<b>7</b>	<b>121</b>
История и эстетика русских садов. (На кн.: Д. С. Лихачев. Поэзия садов.) <b>Скворцов А. К.</b>	<b>2</b>	<b>119</b>	Солнце, бедный тотем. (На кн.: К. Леви-Строс. Печальные тропики; Структурная антропология.) <b>Манин Ю. И.</b>	<b>6</b>	<b>123</b>
История науки, остающаяся современностью. (На кн.: Я. Б. Зельдович. Избранные труды. Химическая физика и гидродинамика.) <b>Гольданский В. И.</b>	<b>5</b>	<b>120</b>	Теория таготения вчера, сегодня, завтра. (На кн.: Ю. С. Владимиров, Н. В. Мицкевич, Я. Хорски. Пространство, время, гравитация.) <b>Новиков И. Д.</b>	<b>12</b>	<b>115</b>
Мир квантовой физики. (На кн.: Л. И. Пономарев. Под знаком кванта.) <b>Григорьев В. И.</b>	<b>6</b>	<b>121</b>			
Новые штрихи к истории астрономии. (На кн.: Историко-астрономические исследования.) <b>Житомирский С. В.</b>	<b>4</b>	<b>120</b>	<b>НОВЫЕ КНИГИ</b>		
Начало астрономии в России. (На кн.: Н. И. Невская. Петербургская астрономическая школа XVIII в.) <b>Цаева Г. К.</b>	<b>1</b>	<b>122</b>	<b>1</b> 124; <b>2</b> 122; <b>3</b> 125; <b>4</b> 123; <b>5</b> 123; <b>6</b> 127; <b>7</b> 125; <b>8</b> 121; <b>9</b> 124; <b>10</b> 125; <b>11</b> 126; <b>12</b> 117		
О современных ускорителях и их истории. (На кн.: Л. Л. Гольдин. Физика ускорителей.) <b>Ратнер Б. С.</b>	<b>4</b>	<b>119</b>	<b>В КОНЦЕ НОМЕРА</b>		
Опыт краткой истории научно-популярной литературы. (На кн.: Э. А. Лазаревич. С веком наравне.) <b>Цаева Г. К.</b>	<b>9</b>	<b>120</b>	Как котенка в воду. <b>Рылов А. Л., Хвесин А. Л.</b>	<b>9</b>	<b>127</b>
Опыт «сейсмической прозы». (На кн.: А. А. Никонов. Землетрясения.) <b>Горшков Г. П.</b>	<b>5</b>	<b>121</b>	Марья Семеновна лечится. <b>Рылов А. Л., Хвесин А. Л.</b>	<b>8</b>	<b>125</b>
Первая книга о Р. Гуке на русском языке. (На кн.: А. Н. Боголюбов. Роберт Гук (1635—1703).) <b>Филонович С. Р.</b>	<b>10</b>	<b>123</b>	«Места... zelo хорошие и хлебородные». <b>Кириков С. В.</b>	<b>1</b>	<b>126</b>
По поводу книги В. А. Кордюма «Эволюция и биосфера». <b>Беляев Д. К., Гиляров М. С., Татаринов Л. П.</b>	<b>1</b>	<b>120</b>	Мистер Чаптер и мистер Тпресс. <b>Биков К. А.</b>	<b>3</b>	<b>127</b>
Популяционные системы и видообразование: теория — природа — эксперимент. (На кн.: Ю. П. Алтухов. Генетические процессы в популяциях.) <b>Александров Д. А.</b>	<b>3</b>	<b>122</b>	О «флере для збереження глаз» и муке из земляных яблок г-на Пармантье. <b>Салин Ю. С.</b>	<b>5</b>	<b>126</b>
Пришло ли время перечитывать Б. Л. Личкова? (На кн.: Р. К. Баландин. Борис Леонидович Личков. 1888—1966.) <b>Флоренский П. В.</b>	<b>11</b>	<b>122</b>	«Об орудиях, нужных для путешествующего геолога». <b>Салин Ю. С.</b>	<b>4</b>	<b>126</b>
Современная картина нашего Млечного Пути. (На кн.: Л. М. Марочник, А. А. Сучков. Галактика.) <b>Ефремов Ю. Н.</b>	<b>10</b>	<b>121</b>	Орудие мести Ольги. <b>Бравов Б. Г.</b>	<b>7</b>	<b>128</b>
			Старинные чертежи Москвы. <b>Кусов В. С.</b>	<b>2</b>	<b>124</b>
			<b>НЕКРОЛОГ</b>		
			Бонифатий Михайлович Кедров	<b>11</b>	<b>102</b>
			Роман Бениаминович Хесин	<b>9</b>	<b>118</b>



Немировская И. А. (см. Троцук В. Я.)		Рубинин П. Е.	1	56	Фокин А. В.	3	3
Неретина С. С.	12 114	Рылов А. Л.	8	75;	Фролов И. Т.	8	65
Несис К. Н.	5 101;		8	125;			
	9 98;		9	127;			
	10 113	Рябошапка А. Г.	10	111	<b>Х</b> аркевич С. С.	2	44
Никитин С. А.	1 104;		7	42	Хвессин А. Л.	8	125;
	8 106;	<b>С</b> агалеви́ч А. М. (см. Кузнецов А. П.)				9	127
	11 104;	Садовский М. А.	11	3	Хитаров Н. И.	2	68
	12 99	Салин Ю. С.	4	126;	Хлопов М. Ю.	5	20
Никифоров Л. Г. (см. Каплин П. А.)			5	126;	Хокарт А. М.	12	88
Николаева О. В.	4 63		10	50	Хокинг С.	4	21
Новиков И. Д. (см. Либшер Д.-Э.)		Сапожников Г. Н.	2	102	Хотинский Н. А.	12	30
Новиков Ю. Ф. (см. Созинов А. А.)		Сапожников М. Г.	6	70			
Носков Ю. Г.	3 16	Сачков Ю. В. (см. Резеберг У.); (см. Балашов Е. П.)					
		Сви́режев Ю. М.	6	51	<b>Ц</b> верева Г. К.	1	122;
<b>О</b> буэн Ж.	3 105	Скворцов А. К.	2	119		9	120
Орлов Н. Л.	1 53	Смондырев М. А.	3	82	<b>Ч</b> еркасов В. Б.	12	20
Орлов С. Н. (см. Постнов Ю. В.)		Созинов А. А.	5	11	Чернецов А. В. (см. Турилов А. А.)		
		Соколов Б. А.	8	84	Черепашук А. М. (см. Гончарский А. В.)		
		Спасский А. А.	7	63	Чумаков К. М. (см. Кунин Е. В.)		
		Стенчиков Г. Л.	6	39			
		Стоник В. А. (см. Еляков Г. Б.)					
		Сулимов К. Т. (см. Бехтин И. Н.)					
		Сургучев А. П.	11	108			
<b>П</b> аничев А. М.	9 34	<b>Т</b> етаринов Л. П. (см. Беляев Д. К.)			<b>Ш</b> амин А. Н.	7	127
Перель Т. С.	7 24	Терентьев М. В.	8	117	Швачкин Ю. П.	1	97
Петрянов-Соколов И. В.	4 100	Токарев С. А.	9	82	Шердаков В. Н. (см. Черкасов В. Б.)		
Подражанский А. М. (см. Кузнецов А. П.)		Третьякова Л. И. (см. Веденов А. А.)			Шилов А. Е.	8	13
Пономарев В. С.	5 53	Троицкий О. А.	5	71	Шнирельман В. А.	7	92
Пономарева Л. А.	4 114	Троцкий В. Я.	7	28	Шуколюков Ю. А.	1	20
Полов Е. П.	12 3	Труберг А. Г. (см. Козик С. С.)			Шульпин Г. Б. (см. Шилов А. Е.)		
Портнов А. М.	12 28	Трушин Ю. В. (см. Калашников Н. П.)			Шульдинер В. И.	4	72
Поспелов Д. А.	4 28	Туннев Б. С. (см. Агасян А. Л.)					
Постнов Ю. В.	10 3	Турилов А. А.	9	88	<b>Щ</b> еглов П. В. (см. Киселев Н. Н.)		
Прайс Р.	3 103	<b>У</b> спенская Н. В.	5	88			
Пржеменецкая В. Ф.	7 36	<b>Ф</b> ейгенберг И. М.	2	94	<b>Э</b> ланго М. А. (см. Витовский Н. А.)		
Пуннинг Я.-М. К.	12 11	Фейнберг Е. Л.	8	94			
Пушаровский Д. Ю.	1 117	Феокистов Л. П. (см. Легасов В. А.)			<b>Ю</b> шко А. А.	11	52
		Филонович С. Р.	10	123;			
<b>Р</b> андла Т. Э. (см. Куприянов А. Г.)			11	96	<b>Я</b> гола А. Г. (см. Гончарский А. В.)		
Ратнер Б. С.	4 119	Флоренский П. В.	11	122	Якоби В. Э.	12	97
Редин Р. Ф.	5 74	Фоломеев Б. А. (см. Хотинский Н. А.)			Янковская И. Н. (см. Рогачева Э. В.)		
Резеберг У.	10 82				Яншин А. Л.	3	98
Рогачева Э. В.	7 119				Ясаманов Н. А. (см. Монин А. С.)		
Ройцин А. Б.	2 73						

В номере использованы фотографии АЛЕКСЕЕВА Н. Н., БАКРАДЗЕ М. А., БЕЛЕЦКОГО С. В., КАЦА Е. Б., КЛИМПИНЫША В. А., ЛЮБИНСКОГО Е. Г., МОЧУГОВСКОГО В. А., МУХИНА И. А., ЯКОБИ В. Э.



— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Этим символом обозначены материалы, которые журнал «Природа» публикует в рамках участия в деятельности этой программы.

Художник П. Г. АБЕЛИН  
Художественные редакторы:  
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Корректоры:  
Э. А. ГЕОРГАДЗЕ, Т. Д. МИРЛИС

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука».

Адрес редакции:  
117049, Москва, ГСП-1,  
Маровский пер., 26.  
Тел. 238-24-56, 238-26-33.

Сдано в набор 27.09.85.  
Подписано к печати 15.11.85  
Т—19948  
Формат 70×100 1/16  
Офсет  
Усл.-печ. л. 10,32  
Усл. кр.-отт. 1394,7 тыс.  
Уч.-изд. л. 15,6  
Бум. л. 4  
Тираж 53220 экз. Зак. 2702

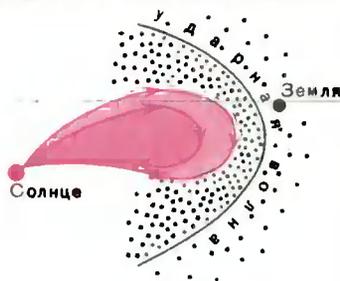
Ордена Трудового Красного Знамени Чеховский полиграфический комбинат ВО «Союзполиграфпром» Государственного комитета СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.  
142300 г. Чехов Московской области



## В следующем номере

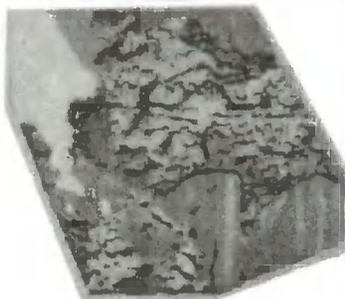
Всего полвека миновало со времен челюскинской эпопеи. У советских полярных исследователей появилась новейшая техника: мощные ледоколы, вертолеты и даже искусственные спутники Земли. Это помогло с блеском завершить операцию по спасению «Михаила Сомова», попавшего в ледовую ловушку у берегов Антарктиды.

Каневский З. М. От «Челюскина» до «Сомова».



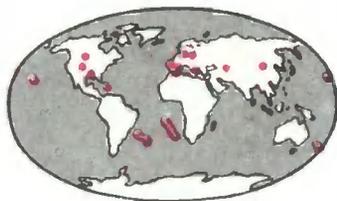
При взрывных процессах в плазме большая часть энергии передается ничтожной доле — частиц. Суть этого явления удалось разгадать, исследуя космические лучи в межпланетном пространстве.

Тверской Б. А. Генерация космических лучей в межпланетном пространстве.



Банк океанографических данных и аппаратура для обработки информации непосредственно на научно-исследовательских судах позволяют значительно повысить эффективность изучения Мирового океана.

Перчук В. Л. Информатика: новая страница в исследовании Мирового океана.



В последние годы накапливаются новые данные о том, что явления массового вымирания органических форм связаны с падением на Землю крупных космических тел или катастрофическими извержениями вулканов. Свои доводы за и против приводят советские исследователи, работающие в рамках международного проекта «Редкие события в геологии». «Редкие события в геологии».



В Заминских горах — одном из интереснейших районов Средней Азии — охрана природы будет совмещена с развитием туризма и спорта.

Алибеков Л. А. Народный парк Узбекистана.

Цена 80 к.  
Индекс 70707

