

6 ПРИРОДА

1979



ПРИРОДА

Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1912 году



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Доктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВ

Академик
Д. К. БЕЛЯЕВ

Академик
А. И. БЕРГ

Академик
Ю. В. БРОМЛЕЙ

Доктор биологических наук
А. Л. БЫЗОВ

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

Заместитель главного редактора
В. А. ГОНЧАРОВ

Член-корреспондент АН СССР
Б. Н. ДЕЛОНЕ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Л. КРЕТОВИЧ

Академик
К. К. МАРКОВ

Доктор философских наук
Н. Ф. ОВЧИННИКОВ

Заместитель главного редактора
В. М. ПОЛЫНИН

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

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР
Р. Б. ХЕСИН

Академик
Н. В. ЦИЦИН

Доктор географических наук
Л. А. ЧУБУКОВ

Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ

Доктор биологических наук
А. В. ЯБЛОКОВ



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

На первой странице обложки. Голубой зимородок в Окском государственном заповеднике. См. статью А. Д. Нумерова, Ю. В. Котюкова «Голубой зимородок».

Фото В. Е. Гиппенрейтера.

На четвертой странице обложки. Золотая статуэтка горного козла, найденная Советско-Афганской археологической экспедицией в Северном Афганистане осенью 1978 г. См. заметку В. И. Сариниди «20 тыс. золотых изделий из Тилля-тепе».

Редакция рукописей не возвращает

©Издательство «Наука»,
«Природа», 1979 г.

В НОМЕРЕ

В. В. Мигулин, Б. И. Силкин. Международные исследования магнитосферы	2
Г. А. Заварзин. Пространство логических возможностей в многообразии бактерий и их филогения	9
Л. А. Микаэлян. Нейтрино	20
Л. Полинг: «В химии еще много нерешенных проблем...»	30
А. С. Девдариани, В. А. Гроссгейм. Код геологической летописи	36
Е. П. Захаров, Г. П. Захарова. Растения — индикаторы кобальтовых руд	45
Е. Г. Петров. Проблемы рационального осушения полесских болот	46
Л. Л. Кунин, О. К. Тимонина. Газы в металлах: тенденции современного анализа	54
В. И. Шумаков, М. Б. Мирский. Проблемы трансплантологии	62
А. Д. Нумеров, Ю. В. Котюков. Голубой зимородок	69
Я. А. Шер, Ю. Н. Голендухин, А. О. Поляков. Петрогрлифы Саймалы-Таша	74

**КРАСНАЯ
КНИГА**

Н. Н. Щербак. Эублефар туркменский	83
И. Ян, Э. Вольф. Альфред Брем — исследователь, просветитель, художник. К 150-летию со дня рождения	86

НОВОСТИ НАУКИ

96

РЕЦЕНЗИИ

Г. Л. Кофф. «Огромный мир в зерне песка...» (115)	115
Д. В. Лебедев. Саратовский период жизни Н. И. Вавилова (117)	119

НОВЫЕ КНИГИ

119

В КОНЦЕ НОМЕРА

П. Е. Рубинин. Нобелевская неделя П. Л. Капицы	122
---	------------

Международные исследования магнитосферы

В. В. Мигулин, Б. И. Силкин



Владимир Васильевич Мигулин, член-корреспондент АН СССР, директор Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР, заведующий кафедрой физики колебаний физического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Председатель Комиссии по проведению в СССР программы «Международные исследования магнитосферы». Специалист в области теории колебаний, распространения радиоволн и др. проблем радиофизики. Лауреат Государственных премий (1946 и 1953 гг.)



Борис Исаакович Силкин, сотрудник Межведомственного геофизического комитета. Участник многих международных геофизических программ. Автор популярных книг по геофизике: *Наша незнакомая планета* (в соавторстве с В. А. Троицкой и Н. В. Шебалиным); М., 1962; *Год, посвященный планете* (в соавторстве с В. В. Белосусовым); М., 1961; *Земля и Солнце*. М., 1967; *Цунами не будет неожиданным* (в соавторстве с А. Е. Святловским). Л., 1973. Неоднократно публиковался в «Природе».

Окружающая нашу планету обширная и весьма сложная система взаимодействующих между собой физических полей, плазмы, волн и частиц высоких энергий — магнитосфера Земли, как стало ясно в последнее десятилетие, представляет собой важную составную часть среды обитания человека.

Название «магнитосфера» традиционно. На самом деле эта система, согласно современным представлениям, имеет форму, скорее напоминающую гигантский цилиндр диаметром около 20 земных радиусов, вытянутый в длину на сотни тысяч километров — до самой орбиты Луны. Недавние исследования доказали, что магнитосфера — принадлежность не одной толь-

ко Земли: у таких планет, как Юпитер или Меркурий, обладающих дипольным магнитным полем, также имеется магнитосфера.

Процессы, определяющие «поведение» магнитосферы, контролируются взаимодействиями, осуществляющимися на ее внешней границе, куда поступают частицы, приносимые намагниченной плазмой солнечного ветра; в самой магнитосфере, где несущие энергию частицы поступают на «временное хранение»; и на нижней, ближайшей к поверхности Земли границе, где они постепенно рассеиваются в высоких слоях атмосферы.

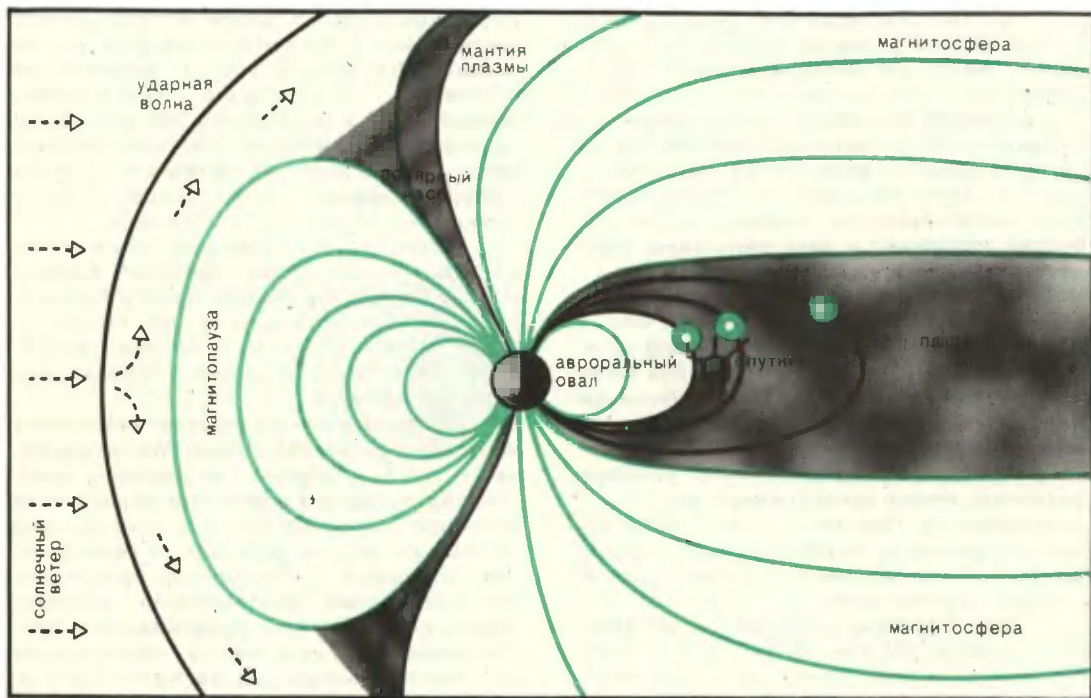
Поэтому магнитосфера Земли представляет собой некую «космическую лабо-

раторию», в которой мы можем непосредственно наблюдать и изучать фундаментальные процессы переноса энергии, играющие существенную роль в таких грандиозных астрофизических явлениях, как солнечные вспышки, развитие оболочек нейтронных звезд, эволюция радиогалактик, жизнь межпланетной и межзвездной среды.

Неисследованным, но, несомненно, значительным является влияние магнитосферы на легко нарушаемый баланс динамики ионосферы, стратосферы и тропо-

сферы». В руководящий комитет Международных исследований магнитосферы вошли представители Специального комитета по солнечно-земной физике, Комитета по космическим исследованиям, Международного научного радиосоюза, Международного геодезического и геофизического союза, Международного союза чистой и прикладной физики, Международного астрономического союза и др. организаций.

Ученые 60 стран мира проявили инте-



Магнитосфера Земли и положение в ее системе спутников Земли.

сферы, а тем самым — на погоду и климат Земли. Очевидно воздействие магнитосферы на состояние геомагнитного поля и на распространение коротких радиоволн, на системы электропередачи, а может быть (это еще требует доказательств), и на эволюционные процессы в биосфере Земли, если рассматривать их в геологических масштабах времени.

Для решения этих важных проблем в 1972 г. Международный совет научных союзов предложил всем странам — членам совета принять участие в программе

рес к исследованиям магнитосферы, разработали национальные программы и приступили к их выполнению. Наиболее активные участники Программы: США, СССР, ФРГ, Австралия, Австрия, Аргентина, Бельгия, Великобритания, ВНР, ГДР, Дания, Израиль, Индия, Италия, Канада, Норвегия, ПНР, Финляндия, Франция, ЧССР, Швейцария, Швеция, Япония.

В СССР активное участие в Программе принимает около 40 научных учреждений АН СССР, академий наук союзных республик, Госкомитета по гидрометеорологии и контролю природной среды Совета Министров СССР, Министерства высшего образования СССР. Головным учреждением является Институт земного магнетизма,

ионосферы и распространения радиоволн АН СССР. Сеть советских станций и обсерваторий ведущих наблюдения по Программе, насчитывает более 60 пунктов, разбросанных по территории нашей страны от заполярного о. Хейса и м. Челюскин на севере до Ашхабада на юге, от Львова на западе до Узлена на Востоке; в Южном полушарии в программе участвуют советские антарктические станции: Мирный, Молодежная, Восток и Новолазаревская, а в Мировом океане — научно-исследовательские суда «Академик Курчатов» и «Космонавт Георгий Добровольский».

Основными разделами Международных исследований магнитосферы были признаны: изучение областей резкого обращения направленности магнитного поля; исследование конвекции магнитосферной плазмы, взаимодействия волн с частицами, распространения волн через неоднородности в магнитном поле; крупномасштабных неустойчивостей плазмы, неустойчивостей, связанных с электрическими токами в околоземном пространстве.

Первоначально проведение исследований было намечено на период между 1976 и 1978 гг. Однако к 1975 г. стало ясно: сроки запуска многих спутников, без которых исследования магнитосферы были бы неполноценными, таковы, что многие важные данные станут поступать лишь с начала 1978 г. Поэтому было принято решение увеличить сроки исследований до 1979 г. включительно. При этом 1976 г. был отведен для создания информационно-координационной системы наблюдательных работ, которые развернулись в 1977 г.

При Годдардовском центре космических полетов НАСА в США (Гринбелт, штат Мэриленд) создан Центр по оценке спутниковой ситуации, который, используя вычисленное заранее местоположение спутников, определяет интервалы времени, представляющие особый интерес для того или иного вида наблюдений, так чтобы запуски спутников, ракет, шаров-зондов и наземные наблюдения могли быть поставлены своевременно и дать максимальные результаты. Центр также регулярно предоставляет участникам исследований схемы предвычисленных орбит важнейших спутников относительно тех или иных областей и границ магнитосферы Земли. Так, в 1976 г. Центр объявил 18 специальных спутниковых периодов, что позволило своевременно провести наблюдения явлений в магнитном поле Земли, околоземной космической плазме, магнитном «хвосте» планеты, в районе своеобразной «воронки», по ко-

торой в околоземное пространство проникают заряженные частицы.

В Центре по оценке спутниковой ситуации функционирует машинный архив, содержащий данные о всех спутниковых программах Международных исследований магнитосферы, их организаторах, датах и сроках запусков спутников, научных приборах, установленных на борту, объектах наблюдения и т. п.

Важным органом программы стал Центральный отдел обмена оперативной информацией, созданный при Мировом центре геофизических данных в Боулдере (штат Колорадо). Отсюда к 1700 заинтересованным специалистам на всех континентах ежемесячно уходят оперативные бюллетени, содержащие «расписания» предстоящих в ближайшие три месяца запусков ракет, шаров-зондов, полетов самолетов-лабораторий, пребывания в море научно-исследовательских судов, которые принимают участие в Программе.

Региональным центром обмена информацией для стран Западной Европы служит Парижская обсерватория в Медоне, для СССР и всей Восточной Европы — Совет «Физика солнечно-земных связей» АН СССР в Научном центре в Троицке Московской области.

Важную услугу оказывает участникам исследований магнитосферы Международная служба урсиграмм¹ и Мировых дней, которая составляет и оперативно рассылает прогнозы состояния Солнца, извещения о начавшихся на нем вспышках и геомагнитной активности. С введением программы Международных исследований магнитосферы служба начала предсказывать прохождение так называемых корональных дыр через центральный меридиан Солнца.

Национальное управление по изучению океана и атмосферы США в целях исследований магнитосферы организовало автоматический сбор данных геомагнитных станций мира своим геостационарным спутником.

Еще в период Международного геофизического года (1957—1959) были организованы Мировые центры геофизических данных — один в США, другой в СССР. Исследователь сам выбирает, в какой из центров он сдает результаты своих наблюдений, а оба центра постоянно и безвозмездно обмениваются недостающими ма-

¹ Название оперативных сообщений, поступающих из Международного научного радиосоюза (URSI).

териалами. Каждый специалист имеет право получить из любого центра копию интересующих его материалов по цене, не превышающей стоимости копирования.

Участники программы «Международные исследования магнитосферы» могут получить из Мирового центра в США данные волновых параметров, частиц и полей околоземного космического пространства со спутников типов «Geos» и «ISEE» (International Sun — Earth Explorer).

Данные о рентгеновском излучении, частицах и магнитных полях, зарегистри-

рующими являются исследования в высоких широтах Северного полушария, которые выполняются на шарах-зондах совместно специалистами СССР, Австрии, Франции и Швеции.

Высокие широты — важнейший район изучения воздействия околоземного космоса на атмосферу планеты. Именно здесь начал действовать советско-шведский проект «Синхронные авроральные множественные баллонные обсерватории». В районе Кируны (север Швеции) запускают аэростаты, которые господствующие здесь в

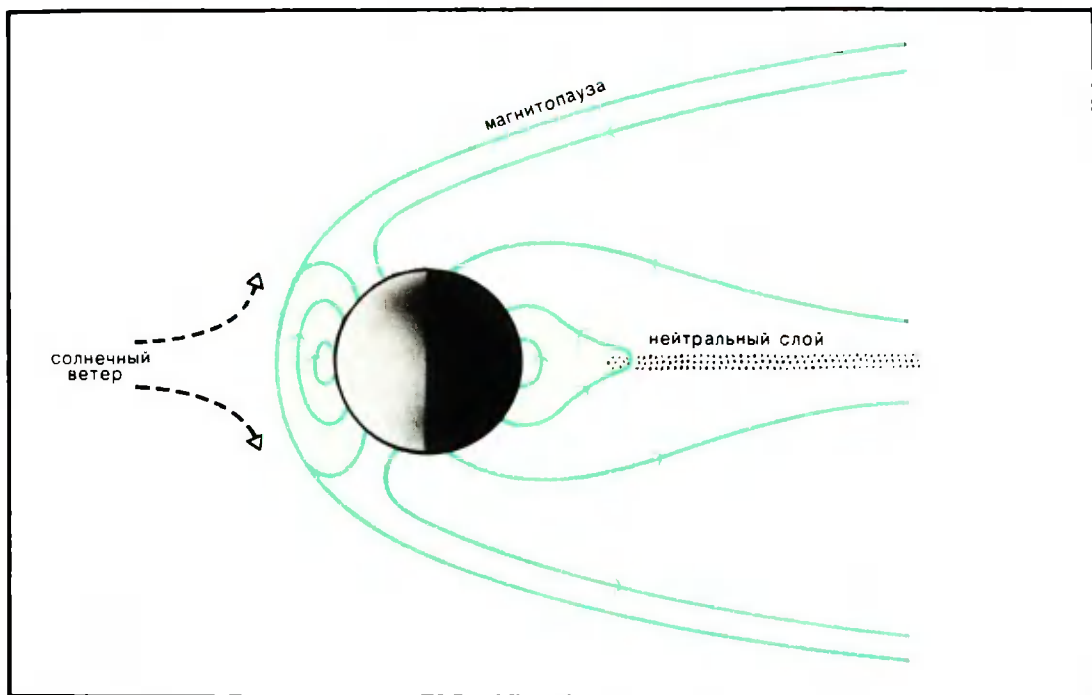


Схема магнитосферы Меркурия.

рованные спутниками серии «NOAA», а также «Solrad-10» и «Solrad-11», могут быть получены любым специалистом из Лаборатории космической среды Национального управления по изучению атмосферы и океана США. Аналогичные данные советских спутников будут представлять исследователям Советская Комиссия Программы через Мировой центр геофизических данных в Москве.

Особого упоминания заслуживают программы, основывающиеся на двухстороннем или многостороннем сотрудничестве ученых разных стран. Так, много-

зимнее время восточные ветры проносят на восток над Швецией, Финляндией и севером Европейской территории СССР.

Установленные на борту баллонов приборы измеряют потоки авроральных (т. е. связанных с полярными сияниями) электронов, определяют их энергетический спектр, исследуют динамику их вторжения в ионосферу высоких широт, что чрезвычайно важно для решения как теоретических, так и практических вопросов радиосвязи и распространения радиоволн.

Активно действует в рамках Международных исследований магнитосферы единая Североамериканская сеть магнитометров, созданная специалистами США и Канады. Япония и Франция заключили соглашение о совместных наблюдениях

магнитосферы на сопряженных точках магнитно-силовой линии земного поля, «соединяющей» Исландию, где работают французы, и японскую антарктическую станцию Сева.

В 1977 и 1978 гг. НАСА в соответствии с Программой запустило три спутника типа «Эксплорер», составивших систему «ISEE». Спутники «ISEE-1» и «ISEE-3» созданы НАСА, а спутник «ISEE-2» — Европейским агентством по изучению космоса, объединяющим ученых ряда западноевропейских стран.

Спутники «ISEE-1 и -2» вышли на почти идентичные высокоэллиптические орбиты с апогеем 138 тыс. км и перигеем 280 км. Столь сильно вытянутые орбиты позволяют с помощью научного оборудования, установленного на спутниках, проводить исследования процессов воздействия Солнца на Землю не только в непосредственной близости к планете, но и в значительном удалении от нее, в области, где солнечный ветер приходит в столкновение с земной магнитосферой. Эти исследования охватывают магнитосферу как с солнечной стороны Земли, так и на большой части магнитного «хвоста» планеты с обратной ее стороны.

Третий спутник этой серии несет на борту приборы для наблюдения солнечного ветра и пятнообразующей деятельности на Солнце. Его орбита пролегает значительно ближе к Солнцу, в 1,5 млн км от поверхности Земли. Она проходит через так называемую точку либрации, где силы тяготения Солнца уравновешиваются комбинацией тяготения Земли с центробежной силой спутника. Кроме того, этот спутник не должен, с точки зрения земного наблюдателя, попадать на диск Солнца, чтобы радиопомехи Солнца не создавали помех приему от него данных.

Расстояние между двумя первыми спутниками этой системы колеблется всего между сотнями и несколькими тысячами километров. Это позволяет отличать временные эффекты физических процессов системы Солнце-Земля от пространственных эффектов. Орбиты разработаны таким образом, чтобы сохранять спутники в рабочем состоянии не менее трех лет, причем пребывание каждого в тени Земли не превышает по длительности 3 часа подряд.

Все три спутника оборудованы приборами для измерения характеристик частиц, магнитного и других полей, радиолучений, космических лучей, рентгеновского излучения в околоземном и около-солнечном пространстве.

В отличие от любого одиночного спутника они могут «отличать» внезапное изменение в количестве высокоэнергетичных частиц, вызванное событиями на Солнце, от такого же явления, связанного с выпадением частиц из собственных радиационных поясов Земли. Кроме того, такая трехчленная система спутников обладает способностью регистрировать отражение или «переработку» первичных частиц при их соприкосновении с ударной волной на границе магнитосферы Земли.

Еще один проект, входящий в Программу, — Европейский проект изучения некогерентного рассеивания. В Норвегии на полярной обсерватории в Тромсе установлено приемопередаточное оборудование, а в Кируне (Швеция) и Соданкюле (Финляндия) — приемное радиооборудование, регистрирующие характер рассеянных ионосферой радиоволн. По ним определяют характеристики ионосферной плазмы до высот в несколько тысяч километров, измеряют скорость «полярных ветров» — потоков плазмы, текущих вдоль магнитных силовых линий, и наблюдают их изменение во время возмущений полярной ионосферы.

Существенную роль в исследовании магнитосферы должен сыграть спутник «Geos-1» Европейского космического агентства, выведенный на высокоапогейную эллиптическую орбиту, которая позволяет ему «сотрудничать» с целью наземных наблюдательных станций в Северной Европе и в других северных районах Атлантического побережья. С работой «Geos-1» координировано множество различных наземных стационарных наблюдений, запусков шаров-зондов и ракет с геофизической аппаратурой на борту, осуществляемых в десятках стран по единой программе.

14 июля 1978 г. был запущен еще один спутник Европейского космического агентства — «Geos-2». Он предназначен для изучения магнитного и электрического полей Земли, характеристик плазмы и др. явлений в той области, где динамические процессы вызывают ионосферные и магнитные возмущения.

Характерными для Программы являются одновременные запуски зондирующих ракет с территорий двух стран из пунктов, находящихся на противоположных «концах» одной и той же магнитно-силовой линии, причем момент запуска совпадает с прохождением спутника через соответствующую точку геомагнитного поля. Так, между 07 ч 00 мин 2 марта и 02 ч 00 мин

по Гринвичу 4 марта 1976 г. спутник «IMP-J» проследовал через нейтральную зону, отделяющую друг от друга северную и южную части магнитного «хвоста» Земли. В то же время спутники «IMP-H» и «Vela-A» пересекали магнитопаузу между внешней частью магнитосферы Земли и ударной волной, образуемой взаимодействием солнечного ветра с магнитной оболочкой планеты. Одновременные измерения физических параметров в этих ключевых областях околоземного пространства дали богатый материал о магнитосфере Земли.

участие также специалисты ВНР и ПНР. Кроме того от спутника отделился субспутник «Магикон», созданный специалистами ЧССР, который позволяет при изучении свойств магнитной плазмы отделить пространственные ее изменения от временных.

Высоты, на которых пролегает орбита «Интеркосмос-18», сравнительно невелики (апогей 768 км, перигей 407 км); ее наклонение составляет 83°. Это позволяет охватить наблюдением высокие широты, где силовые линии магнитного поля планеты сгущаются и приобретают «крутое» на-

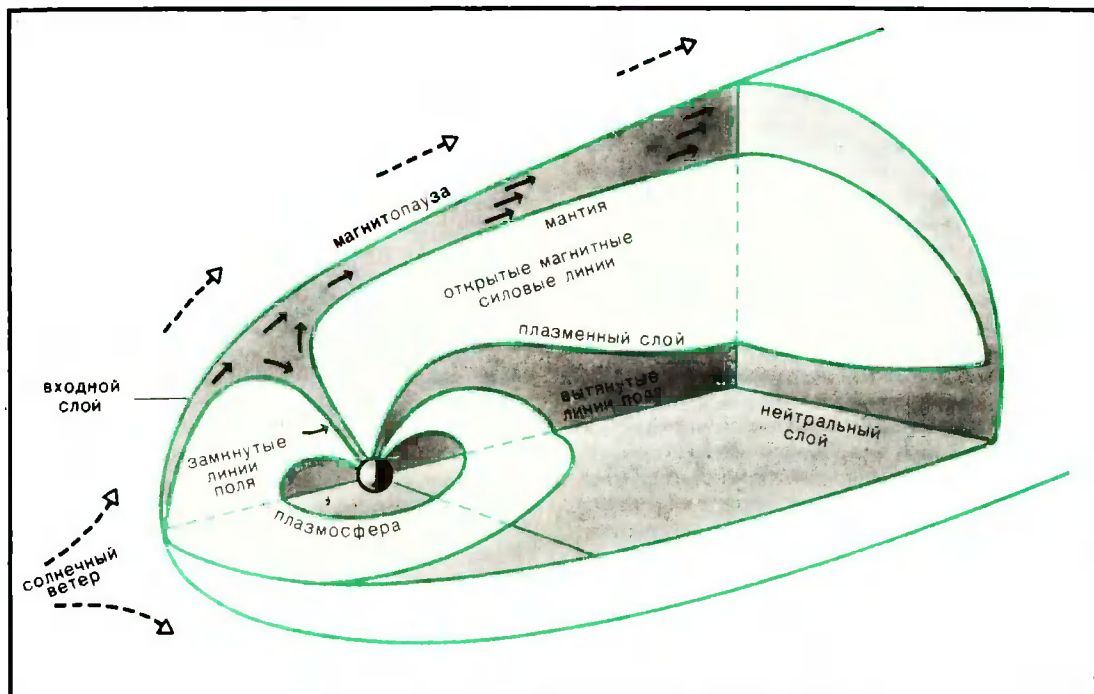


Схема конфигурации плазмы и магнитного поля магнитосферы Земли при спокойных условиях солнечного ветра.

По программе ведутся и совместные работы ученых социалистических стран. Так, советский спутник «Интеркосмос-18», или «МАГИК» (т. е. «Магнитный Интеркосмос»), запущенный в октябре 1978 г., несет на борту аппаратуру для обнаружения электрических токов, движущихся вдоль силовых линий земного магнитного поля. Приборы, разработанные учеными ГДР, ЧССР, СРР и СССР, регистрируют заряженные частицы в околоземном пространстве, определяют их массу, энергию, источники и направление перемещения. В обеспечении эксперимента принимали

правление к ее поверхности. Обнаружение электрических токов, движущихся вдоль этих линий, впервые экспериментально докажет существование энергетической связи магнитосферы с ионосферой. Тем самым будет вскрыт механизм, при помощи которого процессы, происходящие на Солнце, влияют на средние и низкие слои земной атмосферы, где формируется погода.

В конце февраля 1978 г. по Программе был запущен еще один спутник серии «Интеркосмос» — «Интеркосмос-19».

Его орбита имеет апогей порядка 950 км и перигей около 450 км при наклонении орбиты — 74°. На борту этого спутника установлены приборы, созданные специалистами НРБ, ПНР, СССР, ЧССР, а также ВНР. Они предназначены для изуче-

ния свойств магнитосферной плазмы и взаимодействия частиц и волн. Кроме того на спутнике находятся приборы для регистрации частиц высоких энергий, приходящих из космоса, наблюдения оптических излучений ионосферы и для радиозондирования ионосферы сверху. Измерения, проводимые с помощью этого спутника, четко скоординированные с данными, получаемыми на «Интеркосмосе-18» и других более высокоапогейных спутниках, а также с наземными геомагнитными и ионосферными наблюдениями позволят существенно продвинуться в деле изучения магнитосферы и верхней ионосферы.

Советско-французские эксперименты на спутнике «Прогноз-5», запущенном в конце 1976 г., охватили наблюдениями почти весь 1977 г.

Большим советским вкладом в программу Международных исследований магнитосферы можно считать запуск «Прогноза-6». Начиная с сентября 1977 г. на борту этой автоматической станции, вышедшей на сильно вытянутую (с апогеем 197 тыс км и перигеем — 498 км) орбиту, выполняются наблюдения корпускулярного и электромагнитного излучения Солнца и потоков плазмы, извергаемых светилом. Собираемые при этом данные помогут сделать понятным механизм процессов воздействия солнечной активности на приземное космическое пространство. Прибор для исследований активности вспышек, энергии излучаемых частиц и т. п. разработан инженерами ЧССР. Французские специалисты создали установленную на этой станции аппаратуру, предназначенную для изучения корпускулярного состава солнечной плазмы.

В той или иной связи с Программой работают или будут работать около 50 различных спутников, на борту которых эксперименты поставлены с участием специалистов примерно из 20 стран. Предложенный первоначально СССР проспект «Геомагнитный меридиан» стал неотъемлемой частью исследований магнитосферы. Проведены исследования на двух цепочках магнитометрических станций, протянувшихся примерно вдоль 110 и 145° в. д. В работах, охватывающих территорию от Заполярья до Восточной Африки, принимали активное участие геофизики СССР и Скандинавских стран. Ведутся исследования магнитосферы и в Антарктиде. Так, японские исследователи на полярной станции Сева запустили несколько геофизических ракет, синхронизировав поставленные

на них геофизические эксперименты с полетом канадско-американских спутников.

Советские полярники установили в глубинных районах Антарктиды цепочку геомагнитных станций, которые в течение всей полярной зимы ведут автоматическую регистрацию вариаций магнитного поля.

Можно предполагать, что в результате выполнения Программы мы узнаем больше о строении недавно открытых слоев в плазменных струях магнитосферы, будет уточнен механизм связи магнитосферы и ионосферы с верхними слоями тропосферы, а также зависимость протекания магнитосферных процессов от состояния межпланетного магнитного поля. Возможно, прояснится роль магнитосферы Земли как источника радиации в километровом диапазоне волн и релятивистских частиц в межпланетном пространстве, роль параллельных электрических полей внутри магнитосферы в ускорении заряженных частиц, возбуждающих полярные сияния, и решатся споры о природе приближающихся к Земле нейтральных линий в ее магнитном «хвосте» и их связь с возникновением магнитосферных суббурь...

Но уже сейчас можно с уверенностью сказать, что Международные исследования магнитосферы уже стали немаловажным фактором в деле сотрудничества ученых всех стран мира.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Мигулин В. В. ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ МАГНИТОСФЕРЫ.— «Вестник АН СССР», 1979, № 1.

Мензель Д. Г. НАШЕ СОЛНЦЕ. М., 1963.

Силкин Б. И. ЗЕМЛЯ И СОЛНЦЕ. М., 1967.

Фельдштейн Я. И. ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ — ОКНО В КОСМОС.— «Природа», 1974, № 11.

Эллисон М. А. СОЛНЦЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЗЕМЛЮ. М., 1959.

Пространство логических возможностей в многообразии бактерий и их филогения

Г. А. Заварзин



Георгий Александрович Заварзин, член-корреспондент АН СССР, заведующий отделом Института микробиологии АН СССР. Область научных интересов — изучение многообразия микробов, преимущественно почкующихся, роли микроорганизмов в круговороте неорганических веществ, образование и удаление бактериями газов. Автор монографий: Литотрофные микроорганизмы, М., 1972; Фенотипическая систематика бактерий: пространство логических возможностей, М., 1974; Водородные бактерии и карбоксидобактерии, М., 1978.

Несмотря на то что микробиология существует уже более 100 лет, единая систематика микроорганизмов еще не создана. Можно ли сегодня построить такую систему бактерий, которая позволила бы сгруппировать их таким ¹образом, чтобы вновь открытые организмы находили в этой системе свое место и, напротив, знание системы позволяло бы предсказывать существование новых организмов?

Такую систему можно было назвать пространством логических возможностей¹, в котором располагаются все известные и еще неизвестные бактерии.

Но прежде чем говорить о возможности построения единой системы бактерий, остановимся на общих принципах систематики.

УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВЫХ СУЩЕСТВ

По морфологическому строению все живые существа можно разделить на три

большие группы, соответствующие трем уровням организации: организмы с тканевым строением тела (высшие растения и животные); эвкариоты (одно- или многоклеточные растительные или животные организмы, у которых клетки имеют дифференцированное ядро и другие клеточные органеллы); прокариоты (бактерии).

Между организмами, относящимися к этим уровням организации, существуют определенные отношения. Так, эвкариоты эквивалентны отдельным клеткам организмов с тканевым строением. Целые клетки прокариот сопоставимы с отдельными органеллами эвкариотной клетки, такими как митохондрии и хлоропласты. Это сходство идет так далеко, что переход от одного уровня к другому можно рассматривать как интеграцию организмов низшего уровня в организм высшего: организмы с тканевым строением образуются из многоклеточных колоний эвкариот, возникновение эвкариот воспринимается как включение симбиотических бактерий в клетку эвкариоты на правах функционально и частично генетически самостоятельной единицы.

Существуют также организмы, занимающие как бы переходное положение. Так, у гигантских анаэробных амёб с ядром, окруженным ядерной мембраной, от-

¹ Математическое определение значения термина «пространство логических возможностей» читатель может найти в элементарной книге: Кемени Дж., Снелл Дж., Джонсон Дж. «Введение в конечную математику». М., 1963.

сутствуют митохондрии, и у динофлагеллят строение ядра настолько упрощено, что им было предложено дать название мезокариот. Однако эти случаи иллюстрируют не постепенный переход от прокариотного строения к эукариотному, а, скорее, неполное проявление возможностей эукариотной клетки.

Тем не менее при самом общем рассмотрении основные группы организмов, соответствующие трем уровням организации, выявляются достаточно четко.

Возьмем другой признак, используемый в классификации организмов, — способ питания. Основные способов питания, используемых достаточно большим числом различных видов живых существ, тоже три: фототрофное (усвоение энергии солнечного света); осмотрофное (усвоение растворенных веществ из окружающей среды); голозойное питание (потребление твердой пищи с последующим ферментативным разложением).

Фототрофное питание свойственно организмам, создающим первичное органическое вещество, называемым продуцентами. Эта группа представлена в основном зелеными растениями и водорослями и в меньшей мере бактериями. Биохимическая основа фототрофного типа питания достаточно однородна для всех организмов этой группы: это фотосинтетическая система хлорофиллозного аппарата и система темновых реакций автотрофной ассимиляции углекислоты.

Организмы с осмотрофным питанием составляют экологическую группу, получившую неудачное название «редуцентов», ответственных за разложение органического вещества, синтезированного продуцентами. Если субстраты питания нерастворимые полимеры, то для усвоения они должны быть сначала разложены гидролитическими ферментами. К этой группе относятся микроорганизмы — гетеротрофы, типичным представителем которых можно назвать мицелиальные грибы. Организмы с голозойным, или животным, типом питания составляют экологическую группу консументов (т. е. потребляющих органическое вещество), и многообразие их легче всего представить себе, хотя значение животных в глобальных биогеохимических процессах далеко уступает значению организмов, принадлежащих к двум первым группам.

Границы между живыми существами, использующими разные способы питания и соответственно занимающими разное положение в экологических системах,

также довольно расплывчаты. Наибольшее число нарушений связано с паразитизмом, который может привести к осмотрофному питанию и высшие растения (например, бесхлорофильные паразиты) и типичных животных, например большую группу паразитических червей. Однако, если не вдаваться в детали и не искать исключений, группировки организмов по типам питания представляются вполне отчетливыми. Таким образом, между разными способами питания имеются определенные отношения: например, осмотрофный тип питания входит в способ питания растений и животных. С точки зрения биохимических механизмов, животные по простоте организации предшествуют растениям, обладающим дополнительно хлоропластом; с точки зрения экологии, отношения между продуцентами-растениями и консументами-животными — обратные.

ПРОСТРАНСТВО ЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ ТАКСОНОВ НАИВЫСШЕГО РАНГА

Итак, каждый организм в рассмотренной нами системе характеризуется по меньшей мере двумя признаками — морфологией и способом питания. Это дает нам девять комбинаций, составляющих пространство логических возможностей. Однако не все комбинации способов питания и уровней организации совместимы между собой.

Например, осмотрофный способ питания и тканевая организация тела организма находятся в противоречии. Тканевая организация предполагает относительно крупные размеры тела, а для осмотрофного питания выгодно максимальное отношение поверхности к объему, т. е. большие размеры исключаются. Еще более жесткая несовместимость существует между голозойным типом питания и прокариотным строением клетки, поскольку строение бактериальной клетки определяет принципиальную невозможность захвата внутрь клетки бактерии твердых частиц. У бактерий имеется обходный путь для питания нерастворимыми субстратами: путем кооперативного действия клетки охватывают такой субстрат псевдоплазмодием миксобактерий, аналогично тому, как это происходит у слизевых грибов — миксомицетов.

Таким образом, из девяти мыслимых комбинаций остается только семь, соответствующих таксонам высокого ранга.

Легко заметить, что образовавшие-

Возможные комбинации организмов по двум признакам

способ питания	тип организации	организм
фототрофный голозойный	тканевое строение	растение
фототрофный	тканевое строение	животные
осмотрофный	эвкариоты	водоросли
голозойный	эвкариоты	грибы
фототрофный	эвкариоты	простейшие
осмотрофный	прокариоты	цианобактерии
	прокариоты	бактерии

ся комбинации примерно соответствуют таксонам ранга царств, предложенных А. Л. Тахтаджяном².

Границы между царствами вполне четкие у растений и у животных с тканевым строением. Между группами низших эвкариот существует некоторая расплывчатость границ. Границу между фототрофами и простейшими занимают жгутиковые, границу между грибами и простейшими — так называемые *Mycetozoa*. Возможность многих комбинаций у низших эвкариот создает большие таксономические трудности, хотя в своих крайних выражениях таллом водоросли, мицелий гриба и дифференцированная клетка инфузории резко отличаются друг от друга.

В еще большей степени трудности таксономического деления приложимы к прокариотам. Так, трихомы фототрофных синезеленых водорослей достаточно сходны с трихомами зеленых эвкариотных водорослей или багрянков. Мицелий и органы размножения лучистых грибов актиномицетов достаточно близко напоминают грибы. Однако основная масса одноклеточных бактерий объединена в общую таксономическую группу. Переход от актиномицетов к кориннебактериям достаточно хорошо изучен с давних пор. Переход от синезеленых водорослей с их типичным фотосинтезом с выделением кислорода к бактериям имеет все возможные комбинации анаэробного фотосинтеза у бактерий. В дополнение к давно известным анаэробным пурпурным и зеленым бактериям в последние годы были открыты фотосинтезирующие организмы, такие как *Chloroflexus* и *Prochloron*, которые дают все возможные сочетания разных типов фото-

синтеза. Эти переходы побуждают бактериологов рассматривать всю совокупность прокариотных организмов как единое царство *Procaryota*. Разгоревшийся сейчас между ботаниками и бактериологами спор о формальной принадлежности синезеленых водорослей во многом аналогичен спору между зоологами и ботаниками о принадлежности жгутиковых или микологами и зоологами о низших грибах.

ПРОСТРАНСТВО ЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ БАКТЕРИЙ

Так же как и в других группах, у бактерий важны два независимых набора признаков: физиологические и морфологические. Физиологические признаки здесь особенно разнообразны, и бактерии осуществляют многие такие процессы, которые не наблюдаются ни в одной другой группе. Это обстоятельство приводит к большому числу уникальных физиологических групп, которые следовало бы рассматривать, как обладающих самостоятельными способами питания, эквивалентными, например, фототрофии. К таким группам относятся литоавтотрофы, метанобразующие бактерии, ряд облигатных анаэробов. Однако для сохранения единого подхода ко всем живым существам целесообразно ограничиться наиболее общими способами, точнее типами, питания. Из этих физиологических признаков многие могут быть обозначены в терминах присутствия — отсутствия определенных ферментов, таких как карбоксилаза рибулозидифосфата (участвует в автотрофной ассимиляции CO_2); хлорофилл (определяет фототрофное существование); цитохром-оксидаза в широком смысле (участвует в процессе дыхания). Тогда мы имеем некоторые комбинации и соответствующие им группы организмов, которым иногда придается таксономическое значение.

² Тахтаджян А. Л. Четыре царства органического мира. — «Природа», 1979, № 2, с. 22—32.

Комбинации физиологических признаков у бактерий

карбоксидаза	хлорофилла	цитохромоксида- за	группа
+	+	+	синезеленые водоросли
++	++	—	фотосинтезирующие бактерии
++	—	+	хемолитоавтотрофы
+	—	—	некоторые метанобразующие, но у них вместо карбоксилазы другой механизм
—	+	+	несерные пурпурные бактерии (иногда)
—	+	—	»
—	—	+	аэробные органотрофы
—	—	—	анаэробные органотрофы

Таксономическое деление бактерий в зависимости от строения клеточной стенки

мембрана	муренн	наружная мембрана	капсула	таксон
+	—	—	—	Mollicutes (микоплазмы)
++	+	—	±	Firmacutes (грамположительные)
+	+	+	±	Gracilicutes (грамотрицательные)
+	—	—	+	? (метанобразующие)

Как и следовало ожидать, некоторые типы представлены большим числом разнообразных видов, как например аэробные и анаэробные органотрофы, в то время как другие способы питания характерны лишь для некоторых организмов и потому не могут служить основанием для создания таксономической группы. Например, к ним можно отнести аэробные и анаэробные органотрофные хлорофиллоносные организмы. Внутри многочисленных групп, таких как, например, анаэробные органотрофы, можно различить много самостоятельных типов питания, которые получили в бактериологии название физиологических групп молочнокислых, маслянокислых, сульфатовосстанавливающих и др. бактерий.

Морфологические признаки бактерий основываются сейчас прежде всего на строении клеточной стенки.

В систематике бактерий, в отличие от других групп организмов, способ размножения менее важен, хотя здесь имеются такие признаки, как деление, почкование, образование генеративных клеток. В свою очередь, почкование и деление связаны между собой рядом переходных способов размножения, характеризующихся обычно как деление на неравноценные клетки.

Большее значение для бактерий име-

ют системы движения: жгутики, скольжение, неподвижность. Эти признаки — взаимоисключающие.

Наконец, существует набор уникальных признаков, связанных главным образом с различной формой клетки. В большинстве случаев бактериальная клетка представляет собой тело вращения: цилиндр, шар, изогнутый цилиндр. Однако это правило довольно часто нарушается ветвлением, которое в наиболее развитой форме соответствует мицелию актиномицетов. Как исключение в морфологии бактерий можно назвать придатки-простеки у группы простекобактерий и радиально-лучевую симметрию плоских клеток у близкой к простекобактериям *Stella*. За последнее десятилетие была обнаружена большая группа организмов, которая не укладывается в привычные представления о бактериях.

Все эти признаки довольно свободно сочетаются друг с другом и с физиологическими признаками. Можно отметить лишь следующие несовместимые признаки: фототрофное питание и мицелиальное строение, аэробный фотосинтез и наличие жгутиков. Это позволяет отчетливо выделить две группы многоклеточных бактерий: актиномицеты с мицелиальным строением и скользящие цианобактерии.

Остальные бактерии дают друг с другом такое число комбинаций, что их разделение на группы весьма произвольно и предлагаемые таксономические системы совершенно неустойчивы.

Таким образом, пространство логических возможностей для бактерий выражено слабо. Протия, для высших организмов; благодаря большему числу запрещенных при ограниченности физиологических признаков, каждая физиологическая группа представлена большим числом форм.

ОБЪЕКТЫ СИСТЕМАТИКИ И ТАКСОНОМИЯ

До сих пор мы избегали как точных таксономических терминов, так и слишком детальных характеристик описываемых групп. Теперь полезно более подробно ознакомиться с методом присвоения отдельным группам (таксонам) самостоятельных названий — таксономией.

Приступая к работе, систематик имеет некоторое множество объектов. Это множество открытое, т. е. по мере расширения наших знаний в него поступают все новые и новые объекты. Рассматривая множество объектов, систематик формирует образы. По мере расширения числа объектов систематик проверяет соответствие образов объектам и, если обнаруживает несоответствие, уточняет содержание образов или создает новые. Таким образом, имеется два различных множества: множество объектов в природе и множество образов в сознании. Для удобства сравнения образы необходимо разложить на элементы-признаки и сопоставлять их поэлементно. Если же рассматривать каждый образ как элемент, то сравнение, вообще говоря, невозможно. Для построения системы нам необходимо представить каждый образ-таксон как сумму таксономических признаков. Вслед за этим мы можем объединять таксоны, имеющие наборы общих признаков, и строить в пространстве образов иерархическую систему. Образы и классы (ранги) этой системы суть термины номенклатуры.

Очевидно, что классифицируемым объектам нет никакого дела до того, что происходит в сознании и какие ошибки допускаются при построении образов-таксонов из признаков. Поэтому, проецируя иерархическую систему образов на пространство объектов, мы вправе ожидать неполного соответствия, особенно в том случае, если образы-таксоны отличаются друг от друга только на один признак. То-

гда мы не способны объединить образы-таксоны в группы высшего ранга. Поэтому, расчленив образы на признаки, систематик создает из этих признаков все возможные комбинации (пространство логических возможностей) и проверяет его соответствие пространству объектов. Затем рассматривают все пустые множества, которым не соответствует ни один объект, и если в них присутствуют признаки, которые никогда не встречаются вместе, то такие комбинации называют запрещенными. Это суждение вероятностное и основано на некотором числе изученных сходных объектов, а также на взятых извне соображениях, например экологических, которые представлены сходной системой образов. В некоторых случаях запрещение оказывается логически необоснованным, и тогда мы вправе ожидать найти в природе объект, соответствующий недостающему образу. Таким образом, правильно сформированное пространство логических возможностей обладает прогнозирующими свойствами. Поскольку границы образов основаны на вероятностной оценке признаков, то естественно ожидать, что в пространстве объектов будут некоторые несовпадения, тем более вероятные, чем выше ранг образа. Соподчинение образов дает таксономический порядок.

Справедливости ради нужно сказать, что современная система бактерий основана на прямо противоположных принципах, введенных Номенклатурным кодексом бактерий³. Название таксона прикрепляется к единичному объекту (штамму бактерий), который признан эталоном. Объекты, сходные с эталоном, относятся к тому же таксону. Такая систематика возникла из требований медицинской диагностики, имеющей большое значение в бактериологии, когда нужно установить сходство с единственным объектом — возбудителем заболевания.

УСТАНОВЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ПОРЯДКА ПО ТАКСОНОМИЧЕСКОМУ

Можно построить разные системы образов, определяемые таксономическим порядком, однако хотелось бы выявить из них наиболее общепринятую.

Пусть имеется N видов и p таксономических признаков. Установление таксо-

³ Международный кодекс номенклатурных бактерий. М., 1978.

номического строгого порядка⁴ будет означать, что вид А следует за видом В или же индифферентен к нему. Для каждой пары видов справедливо либо $A \rightarrow B$, либо $B \rightarrow A$. Если есть третий вид С, то из $A \rightarrow B$ и $B \rightarrow C$ следует $A \rightarrow C$.

Теперь рассмотрим следующие условия формирования суждения.

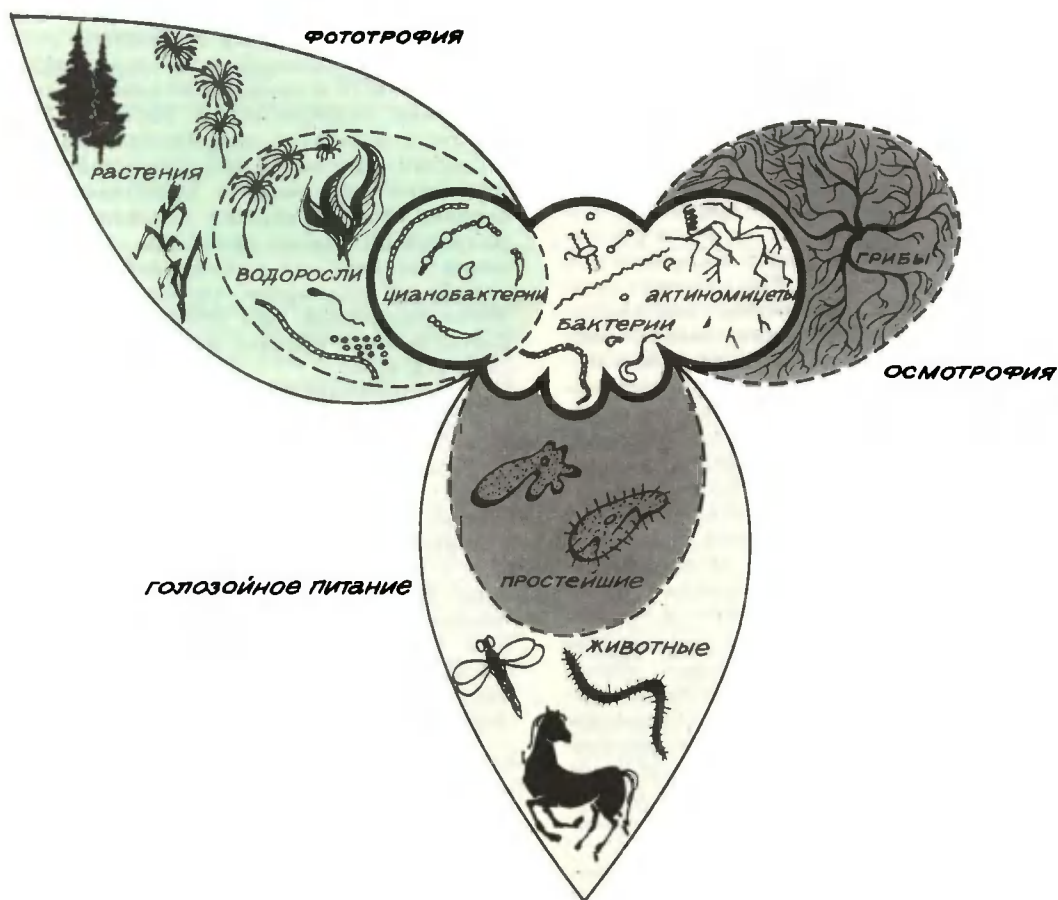
I условие. Все логически возможные связанные и транзитивные порядки видов

⁴ Шрейдер Ю. А. Равенство, сходство, порядок. М., 1971.

должны быть разрешены. Это требование не подлежит обсуждению.

II условие. Если для всех использованных критериев можно установить один и тот же таксономический порядок, например $A \rightarrow B$, то такой порядок будет называться естественным.

Большинство биологов также принимает это условие. «Для большинства микробиологов всего земного шара совершенно очевидно, что отдельные систематические группы объединены на филогенетической основе. Только общность ряда при-



Пространство логических возможностей для бактерий и эвкариот. Три направления соответствуют трем основным способам питания: осмотрофному, фототрофному, голозойному (хищному). Иногда соответствующие лопасти в пространстве логических возможностей трактуются таксономически

как царства. Единство экологических возможностей предопределяет сходство в строении у мицелиальных и трихомных организмов на разной цитологической основе. Это указывает на единое, в определенном отношении, пространство логических возможностей для прокариот и эвкариот.

знаков у всех без исключения представителей этой группы делает ее не искусственной, а эволюционно обоснованной»⁵. Очевидно, что если один таксономический критерий устанавливает один порядок, а другой — другой, то либо критерием не следует пользоваться, либо порядки неверны. **III условие.** Нет такого порядка, который мог бы быть предпочтен безотносительно к другим порядкам.

Это условие тоже созвучно здравому смыслу систематиков: при систематизации по единственному критерию большей частью удается получить некий порядок, и если мы утверждаем, что порядок, полученный, например, на основании анализа ДНК, лучше любого другого, то задача превращается в поиск высшего критерия. Но это совсем другая задача, чем установление порядка по нескольким критериям, о которых всегда говорят систематики.

IV условие. Если необходимо удалить вид В из таксономического порядка, это можно сделать двумя путями: либо убрать вид В из всех порядков, построенных по всем критериям, либо изъять вид В из окончательного порядка. Это условие означает, что если существует недостающее звено, то порядок все равно может быть прослежен. Очевидно, что непринятие этого условия останавливает всякую работу, так как мы можем предполагать, что и в будущем не все виды будут нам известны.

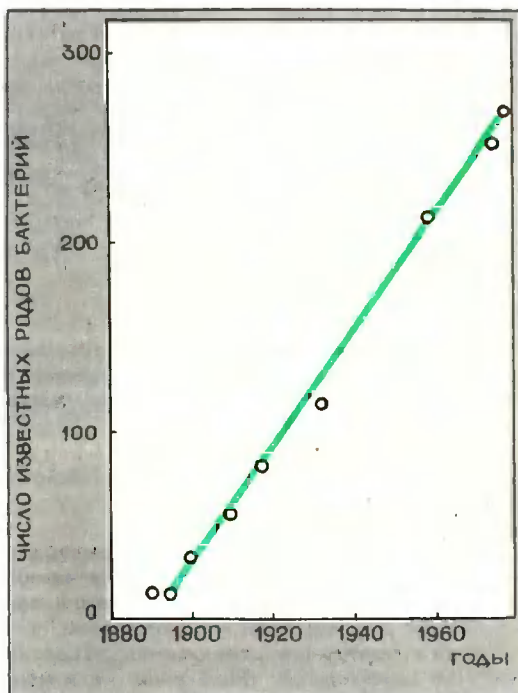
Интуитивно все условия приемлемы для систематики.

Однако существует теорема невозможности сделать определенный выбор: если число видов N и число таксономических критериев n конечно и $N > 3$, а $n > 2$, то нет функции, удовлетворяющей условиям от I до IV, т. е. условия I—IV несовместимы⁶.

Допустим, что существует естественный порядок и единственный материал для его вычисления дают таксономические порядки. Значит, нужно нарушить одно из интуитивно принятых нами условий. Если отрицать IV, то нельзя попарно сравнивать виды, а это лежит в основе современных способов выявления сходства. Если при-

нять I, II, IV, то придется нарушить III. Если принять все условия, то число видов или критериев должно быть бесконечным. Остается признать один критерий доминирующим и признать мнение диктатора, назвавшего этот критерий.

В систематике высших организмов таким критерием служит палеонтология, определяющая последовательность появления групп организмов, т. е. эволюционный, или филогенетический, порядок. В бактериологии рассматривают «внутренние ископаемые» — нуклеиновые кислоты



Зависимость количества известных родов бактерий от времени их признания. Мерой многообразия микробного мира может служить число родов бактерий, поскольку каждый род выделяется на основании существенно нового признака или комбинации признаков. Начиная с 1890 г., когда в практику были введены плотные питательные среды, увеличение числа родов происходит с удивительным постоянством: 3 рода в год.

⁵ Имшенецкий А. А. Новые формы микроорганизмов. — «Природа», 1978, № 4, с. 42—57.

⁶ McGuire J. B., Thompson C. T. On the reconstruction of an evolutionary order. — «J. Theor. Biol.», 1978, v. 75, p. 141—147.

и белки. Можно договориться считать порядок, устанавливаемый по этому критерию, естественным, так же как договорились считать естественным филогенетический порядок. Однако мы вправе потребовать, чтобы филогении, установленные и по разным нуклеиновым кислотам,

и по разным белкам, совпали. Это снова возвращает нас к четырем условиям и теореме невозможности. Строгий порядок оказывается и в этом случае недостижимым.

Допустим, что возможны среди объектов отношения типа:



В этом случае установить строгий порядок на основании таксономических соображений нам мешает не отсутствие или противоречивость сведений, а несоответствие тому, что существует в природе. Можно сказать, что один образ похож на другой или что два таксона характеризуются общими признаками. Если множество таксонов бактерий отличается друг от друга одним признаком, то получается множество отношений типа



или таксономическая сетка.

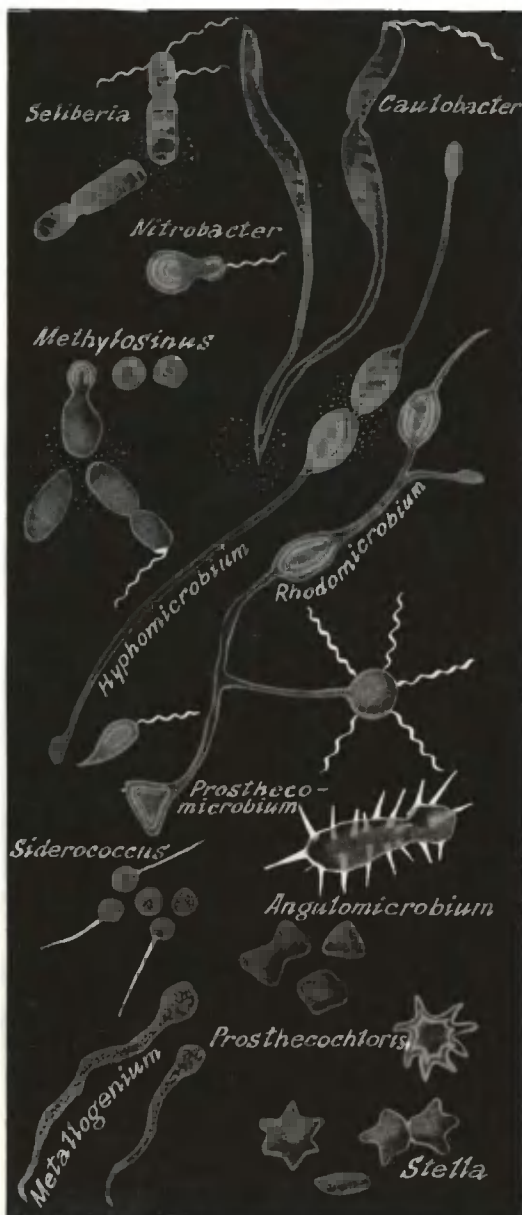
Пространство логических возможностей, составленное из всех разрешенных комбинаций признаков, как раз и представляет таксономическую сетку.

ОТНОШЕНИЕ МЕЖДУ РОДАМИ БАКТЕРИЙ

Номенклатурный кодекс задает отношение строгого порядка между таксонами разного ранга, что и приводит к построению дерева. Если мы допускаем, что строгого порядка в отношениях объектов нет, то необходимо условиться, на каком уровне обобщения мы предполагаем работать. Низшей таксономической категорией в бактериологии является штамм, и любой следующий уровень обобщения требует создания словесного образа и определения. Для вида в бактериологии предложено, например, следующее определение: видом называется концепция, представленная рядом штаммов⁷. Очевидно, что построить систему из понятий, определенных таким образом, затруднительно.

Следующий ранг таксонов — род — не имеет иного определения кроме того,

что он объединяет виды и включается в семейства. Между тем бактериологи чаще всего обсуждают именно отношения родов, полагая признаки, характеризующие род, существенными. Ясно, что род — это некий класс образов в сознании человека.

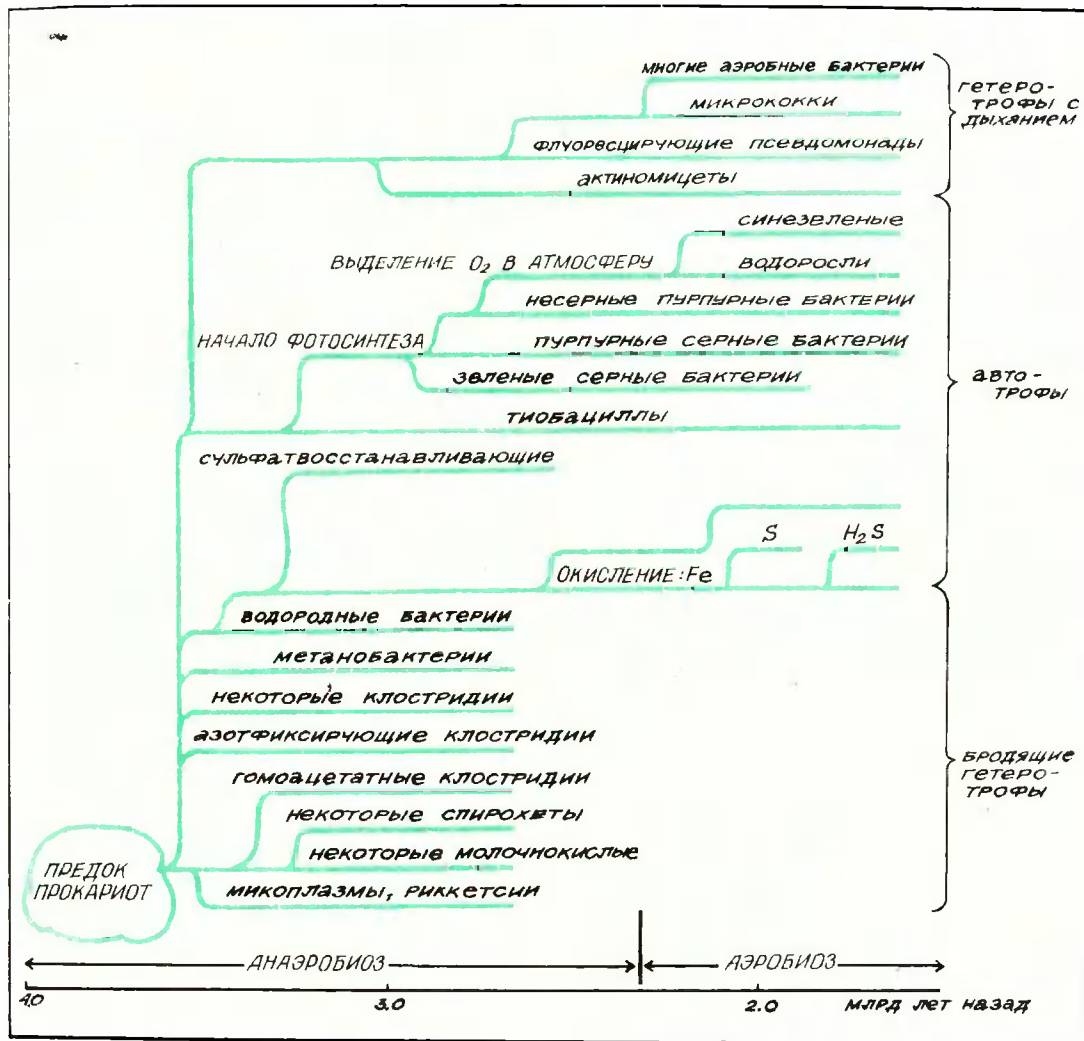


⁷ Gordon R. A species definition.— «Intern. J. Syst. Bacteriol.», 1978, v. 28, p. 605—607.

Родом бактерий назовем такой таксон, признаки которого могут быть определены на всем множестве бактерий.

Действительно, признаки видов бактерий, например список используемых или образуемых веществ, известны лишь для

видов определенного рода, а для других родов они остаются невыясненными. Напротив, признаки родов, например спорообразование, анаэробизм, морфология, известны для подавляющего большинства организмов, относимых к бактериям. По



Филогенетическое древо прокариот, предложенное Л. Маргулис. В основу схемы Маргулис положены морфологические, физиологические и даже некоторые геологические соображения. Кроме того, сделаны предположения о примерном времени появления физиологических групп бактерий. Следует обратить внимание на возможность одновременного появления разных групп анаэробных бактерий. Однако в любой момент времени прокариотная экосистема должна быть замкнута по круговороту основных элементов, что невозможно при допущении последовательного возникновения физиологических групп.

мере углубления знаний возникает необходимость в более дробной родовой классификации, вновь обнаруживаемые бактерии сравнивают сразу со всей совокупностью бактерий по родовым признакам, и поэтому число родов постоянно возрастает.

Итак, пространство логических возможностей для бактерий — это набор возможных родов.

Генетический вес признака, который может быть определен на всем множестве

бактерий, не имеет значения. Часто приводимый пример — автотрофная ассимиляция углекислоты — определяется меньшим числом признаков, чем разложение аминокислоты триптофана. Однако признаки, известные для всех бактерий, вероятно, имеют большее биологическое значение и поэтому воспринимаются как существенные, хотя это может быть верно не для всех случаев.

Установлено, что у бактерий возможен широкий обмен генетическим материалом, определяющим приспособление к условиям окружающей среды. Часто этот материал имеет хромосомную локализацию и кодируется плазмидами. Например, оказалось, что способность фиксации азота можно экспериментально перенести от одной бактерии к другой. Внутриклеточная структура, ответственная за автотрофную ассимиляцию CO_2 (карбоксисома), по-видимому, содержит собственную ДНК, и потому у бактерий возможен перенос способности к автотрофному росту. Таксономическим отражением таких отношений служит распределение по группам азотфиксирующих или автотрофных организмов. Действительно, такие организмы присутствуют в самых разных, непохожих в остальном друг на друга, таксонах бактерий.

Отсюда можно сделать вывод, что таксономическая сетка родов отражает отношения, действительно существующие между бактериями.

ЭВОЛЮЦИЯ И ПРОСТРАНСТВО ЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Рассматривая систему бактерий, мы не касались эволюционных и филогенетических отношений. Возможно поэтому пространство логических возможностей родов бактерий представляется номогенетической, антиэволюционистской, антидарвинистской ересью, не согласуемой с общепринятой доктриной.

Эволюция — это история возникновения. Филогенез — это порядок происхождения. Эволюционно далекие виды могут быть филогенетически близкими. Например, анаэробные спирохеты, участвующие в разложении растительных остатков, и спирохеты, паразитирующие в приматах, эволюционно могут быть очень далеки друг от друга и разделены по времени появления сотнями миллионов лет, хотя филогенетически по сходству макромолекул они близки друг другу и некоторые даже неразличимы иммунологически.

Пространство логических возможностей не может быть заполнено сразу или заполняться в разных участках. Для того чтобы возникла бледная спирохета, нужно и появление приматов, и существование свободноживущих спирохет. Таким образом, пространство логических возможностей у бактерий не противоречит ни эволюции, ни филогении.

Что касается дарвинизма, то бактериолог оказывается в нелепом положении. Согласно представлению о выживании наиболее приспособленных, должен существовать строгий порядок, при котором приспособленный потомок отрицает неприспособленного предка. У биологов, работающих с другими группами живых существ, есть хотя бы возможность искать отрицаемого предка. Бактерии — древнейшая группа организмов на Земле и кроме гипотетических предков других у них нет, а все остальное живые существа могут быть отнесены к бактериям как потомки. Следовательно, у бактерий нет формальных оснований существовать. Между тем они существуют, и одна из наиболее примитивных бактерий — микоплазмоподобный *Metallogenium* — найдена в кремнистых отложениях возрастом более 2 млрд лет и она же процветает в современных водоемах и почвах по всему миру. За это время множество «потомков» этой бактерии вымерло и, значит, оказалось менее приспособленными. Мнение, что бактерии выжили потому, что оказались «адаптированными к экологической нише», побуждает спросить, а что же называется тогда приспособленностью? Почему множество ныне существующих организмов представляет собственную эволюцию? Подобные противоречия тщательно собрал и со свойственной ему остротой изложил П. Грассе, не преминув упомянуть и о бактериях⁸.

Есть, однако, один возможный выход из противоречия. Ранее мы пришли к заключению, что таксономическое множество бактерий не может быть представлено строгим порядком, который удовлетворял бы всем таксономическим критериям⁹. Если же существует таксономическая сетка, нестрогий порядок, тогда не обязательно и отрицание предков, вводимое тезисом «выживания наиболее приспособленных». Формально говоря, существование бакте-

⁸ Grasse P. P. *L'Évolution du vivant*, P., 1973.

⁹ Заварзин Г. А. Фенотипическая систематика бактерий: пространство логических возможностей. М., 1974.

рий обусловлено тем, что их нельзя рассматривать как чьих-либо предков. Строгий древесный порядок филогении может быть прослежен внутри сетки, если принимать во внимание не все множество объектов и оставлять висячие вершины. Если извлечь из таксономической сетки филогенетическое дерево, то все равно сохранятся группы, которые при менее детальном рассмотрении можно принять за предковые.

Бактерии существуют, потому что они приспособлены к существованию на Земле безотносительно к приспособленности других организмов, и это доказано всей эпохой протерозоя, когда бактерии были единственными обитателями Земли. Значит, они могут существовать без высших организмов. Обратное, очевидно, неверно: высшие организмы без бактерий на Земле существовать не смогут, так как биогеохимические циклы непоправимо нарушатся.



Пространство логических возможностей, построенное на основе системы признаков, обладает тем преимуществом, что позволяет с некоторой вероятностью предсказывать существование еще неизвестных форм бактерий. В основе такого предсказания лежит расширенное понимание аналогии. В особенности четко предсказание получается при прогнозировании физиологических свойств, потому что на их основании можно спланировать эксперимент и создать элективные условия для выделения таких форм.

Например, мы хотим узнать предполагаемые свойства организма, литотрофно восстанавливающего трехвалентное железо водородом. Термодинамически такая возможность существует: разность окислительно-восстановительных потенциалов в реакции больше 0,2 В, и, следовательно, энергия достаточна для обеспечения катаболизма. Организм должен обладать ферментом гидрогеназой для активации водорода и, следовательно, относиться к водородным бактериям. Все водородные бактерии миксотрофны, т. е. могут использовать как неорганические, так и органические вещества. Следовательно, предполагаемый организм скорее всего тоже миксотроф. Восстановление железа обусловлено наличием фермента нитрат-редуктазы. Все денитрификаторы способны расти как аэробно, так и анаэробно. Следовательно, предполагаемый организм, скорее всего, тоже факультативный анаэроб. Водородные бактерии, растущие при низком давлении кислорода, обычно нуждаются в органических веществах. Денитрификаторы и водородные бактерии шире распространены среди грамотрицательных, чем грамположительных бактерий. Из всего изложенного достаточно отчетливо видны черты предполагаемого организма. Остается проверить предположение экспериментально, что и было сделано в нашей лаборатории В. В. Балашовой. Выделенный организм оказался псевдомонадой и обладал всеми перечисленными признаками.

Все изложенное свидетельствует о том, что многообразие микроорганизмов подчиняется определенным закономерностям. Многочисленные аналогии между разными группами свидетельствуют о системе, которую трудно уложить в жесткие рамки. Рост наших знаний о многообразии бактерий обусловлен, в первую очередь, находками, которые раскрывают целые области для новых поисков. Открытие новой бактерии или группы бактерий, это не только прямой практический результат, часто с быстрым народохозяйственным выходом, но и шаг к познанию закономерностей окружающего нас живого мира. Аналогия (параллелизм, конвергенция — не в терминах сути) — слишком заметная черта системы бактерий, чтобы оставаться примечательным, но необъясненным фактом.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Балашова В. В. МИКОПЛАЗМЫ И ЖЕЛЕЗОБАКТЕРИИ. М., 1974.

Горленко В. М., Дубинина Г. А., Кузнецов С. И. ЭКОЛОГИЯ ВОДНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ. М., 1977.

Заварзин Г. А. ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ СИСТЕМАТИКА БАКТЕРИЙ. Пространство логических возможностей. М., 1974.

Заварзин Г. А., Старк Ю. С. АНАЛИЗ ЗАПРЕЩЕННЫХ ВАРИАНТОВ В СИСТЕМАТИКЕ МИКРООРГАНИЗМОВ. — «Изв. АН СССР, сер. биол.» 1965, № 5.

Калакуцкий Л. В., Агре Н. С. РАЗВИТИЕ АКТИНОМИЦЕТОВ. М., 1977.

Никитин Д. И., Васильева Л. В., Лохмачева Р. А. НОВЫЕ И РЕДКИЕ ФОРМЫ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ. М., 1966.

Нейтрино

Л. А. Микаэлян



Лев Александрович Микаэлян, доктор физико-математических наук, профессор, начальник лаборатории ядерных излучений Института атомной энергии им. И. В. Курчатова. Основные научные интересы связаны с физикой нейтрино.

Нейтрино — одна из самых «старых» элементарных частиц, введенная В. Паули в начале тридцатых годов для объяснения кажущейся пропажи энергии при β -распаде ядер. Известно, что, изучая процесс радиоактивного β -распада, исследователи обнаружили, что полная энергия продуктов этой реакции не только меняется от измерения к измерению, но и становится меньше энергии начальной ядерной системы. Казалось, что обнаружен процесс, в котором нарушается закон сохранения энергии. Однако отказаться от проверенного временем закона сохранения было нелегко, и Паули высказал предположение, что в процессе β -распада участвует неизвестная дотоле частица, которую и называют сейчас нейтрино. Список известных к тому времени частиц был невелик: электрон, протон, фотон. В 1932 г. Дж. Чедвиком был открыт нейтрон, существование которого предсказывал Э. Резерфорд еще в начале 20-х годов. Прошло менее пятидесяти лет, и число элементарных частиц исчисляется уже сотнями. Кроме того, само понятие «элементарная частица» претерпело в последнее десятилетие существенные изменения: истинно элементарными представляются сейчас кварки, из которых состоят сильновзаимодействующие частицы — адроны; лептоны — частицы, которые участвуют только в слабых и электромагнитных

взаимодействиях; фотоны. Лептоны и кварки — фермионы (их спин равен $1/2$). Нейтрино относится к лептонам.

КАК ВОЗНИКАЮТ НЕЙТРИНО

Вот некоторые реакции, в результате которых возникают нейтрино¹:

1. $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$
— β -минус-распад;
2. $p \rightarrow n + e^+ + \nu$
— β -плюс-распад;
3. $p + e^- \rightarrow n + \nu$
—электронный захват;
4. $p + p \rightarrow d + e^+ + \nu$
 $p + p + e^- \rightarrow d + \nu$
—синтез дейтерия.

Нейтрон в реакции (1) может распадаться либо в свободном состоянии, либо в ядре. Именно изучение реакций такого типа привело к гипотезе о существовании нейтрино.

¹ Пока мы опускаем индексы, обозначающие различные виды нейтрино.

Мощным источником нейтрино служит ядерный реактор, поскольку при делении ядер урана возникают β -радиоактивные осколки. Мощность нейтринного излучения, генерируемого в современных ядерных реакторах, достигает 100 МВт!

Процессы β -плюс-распада и электронного захвата (2, 3) могут происходить только с протоном, входящим в состав ядра, так как протон легче нейтрона. Последнему обстоятельству мы буквально обязаны жизнью: если бы масса протона была всего на 0,1% больше, атом водорода стал бы радиоактивным со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Если на Солнце действительно протекают термоядерные реакции (а это уже практически доказано с помощью нейтрино), то процессы (4) — это первая ступень термоядерного синтеза элементов, поддерживающего неизменный уровень радиации Солнца. В результате на каждый квадратный сантиметр земной поверхности обрушивается поток в 50—80 млрд нейтрино в секунду.

Энергия нейтрино от всех этих источников лежит в диапазоне от десятых долей до десятка МэВ.

Нейтрино может также образовываться в распадах π -, μ - и K -мезонов:

$$5. \mu^\pm \rightarrow e^\pm + \nu + \bar{\nu};$$

$$6. \pi^\pm \rightarrow \mu^\pm + \nu;$$

$$7. K^\pm \rightarrow \mu^\pm + \bar{\nu}.$$

Посредством реакций (6) и (7) на современных протонных ускорителях получают нейтрино высоких энергий (до 200 ГэВ). Осуществляется это следующим образом: протонами из ускорителя бомбардируют мишень, в которой рождается пучок π - и K -мезонов. Образовавшимся частицам дают возможность свободно пролететь сто или более метров², после чего все продукты распада, кроме нейтрино, поглощаются установленной по ходу пучка защитой. Толщина ее эквивалентна примерно одному километру воды. За поглотителем устанавливается аппаратура для изучения нейтрино.

Нейтринные исследования на ускорителях проводятся в СССР, в Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН, Швейцария) и в США.

КАК МОЖНО УВИДЕТЬ НЕЙТРИНО

Процесс регистрации нейтрино (как, впрочем, и других нейтральных частиц) происходит всегда в несколько этапов. Сначала нейтрино взаимодействует с нуклонами или электронами, в результате чего возникают быстрые заряженные частицы. Эти частицы тем или иным образом проявляют себя (например, ионизируют вещество или рожают видимый свет). Возникший от них сигнал усиливают до уровня, необходимого для регистрации приборами. Происходящие процессы анализируют с помощью законов сохранения (так называемый кинематический анализ).

Широкое распространение в нейтринных исследованиях при высоких энергиях получили трековые приборы, которые позволяют в буквальном смысле слова увидеть следы заряженных частиц. Например, при изучении распада π - и μ -мезонов иногда пользуются толстослойными фотоэмульсиями, в которых после проявления след частицы становится видимым под микроскопом.

В пузырьковой камере, вытеснившей известную камеру Вильсона, вдоль трека заряженной частицы образуется цепочка ионов, служащих центрами образования пузырьков пара, которые и делают траекторию частицы видимой. Кроме того, для исследования свойств элементарных частиц пользуются искровыми камерами, которые представляют собой набор параллельных металлических пластин — электродов — с промежутками, заполненными специальной газовой смесью. Оказывается, если приложить к промежуткам высокое напряжение, то пробой произойдет вдоль траектории частицы, и ее можно будет сфотографировать.

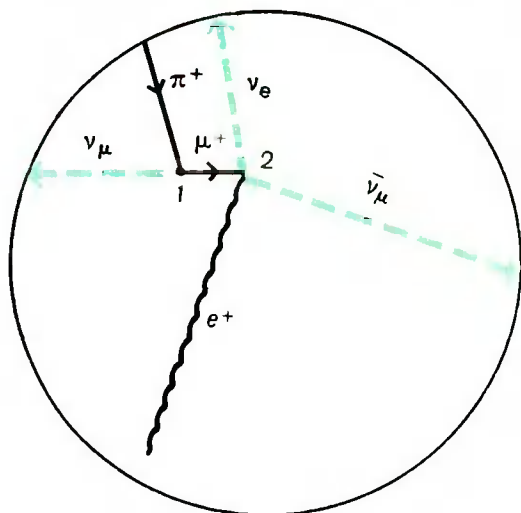
Еще в 1957 г. Г. А. Аскарьян теоретически доказал, что прохождение заряженной частицы сквозь плотную среду должно сопровождаться звуком, связанным с быстрым локальным нагревом вещества вокруг трека частицы. В последние годы на основе этой работы был развит метод акустической регистрации нейтрино космического происхождения, обладающих гигантскими энергиями (10^{15} эВ и выше)³.

При изучении нейтрино небольших энергий, генерируемых ядерным реактором, трековыми приборами обычно не

² Если получившиеся мезоны сразу же попадут в плотную среду, то они растеряют свою энергию раньше, чем распадутся, и тогда нейтрино будут иметь относительно небольшую энергию ($\sim 0,1$ ГэВ).

³ Подробнее об этом см.: Долгошеин Б. А. Звук от нейтрино. — «Природа», 1978, № 8, с. 84.

пользуются, а чаще всего применяют так называемый сцинтилляционный метод. Именно этим методом в 1952 г. Ф. Райнесу и К. Коуэну (США) удалось впервые зарегистрировать свободные нейтрино по реакции, обратной β -распаду: $\nu + p \rightarrow n + e^+$. В сцинтилляционном методе детектором и мишенью служит органическая жидкость, богатая водородом (например, толуол). Добавление специальных веществ в небольших количествах приводит к тому, что часть энергии заряженной частицы превращается



Схематическое изображение поля микроскопа со следами распада $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \rightarrow e^+$ в фотоэмульсии. В точке 1 π^+ останавливается и распадается. Отрезок 1—2 — след образовавшегося μ -мезона. Длина этого отрезка всегда одинакова, из чего следует, что и энергия вылетевшего μ -мезона постоянна во всех реакциях. Это указывает на то, что вылетает только одна нейтральная частица — ν_μ (ее след обозначен пунктиром, так как он не виден в фотоэмульсии). В точке 2 μ -мезон останавливается и распадается. Длина траектории образовавшегося позитрона меняется от распада к распаду, из чего следует, что энергия делится теперь между тремя частицами, две из которых — нейтрино ν_e и $\bar{\nu}_\mu$.

в свет, улавливаемый фотоэлектронными умножителями. Сначала свет возникает от позитрона, а примерно 10^{-5} с спустя нейтрон захватывается каким-либо ядром. Рожденные при этом кванты передают свою энергию электронам вещества. От них вновь возникает вспышка света. Эти сдвинутые во времени электрические сигналы, появляющиеся на выходе фотоэлектронных умножителей, и говорят о поглощении нейтрино.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА НЕЙТРИНО

Свойства материи на макроскопическом уровне чрезвычайно многообразны. Существуют тысячи различных веществ, свойства которых описаны в многотомных изданиях. Характеристики же материи на уровне элементарных частиц поразительно малочисленны. Но их, подчас, определить гораздо труднее, чем многочисленные свойства химических соединений. Поиски характеристик элементарных частиц чем-то похожи на детектив, в котором иногда одинаково важно не только знать то, что произошло, но и иметь точные сведения о том, что заведомо не может произойти. Что касается нейтрино, то дело не только в том, что нейтрино трудно зарегистрировать, так как сама частица не видна, а еще и в том, что некоторые свойства нейтрино не имеют аналогов на макроскопическом уровне, и исследователь заранее и не подозревает, что те или иные характеристики могут вообще существовать.

Что же мы знаем о нейтрино? Отличительная особенность этой частицы как лептона состоит в том, что она, будучи нейтральной, участвует лишь в слабых взаимодействиях, в то время как заряженные лептоны ($e^\pm$, $\mu^\pm$, $\tau^\pm$) участвуют и в электромагнитных.

Сейчас известны два сорта нейтрино — электронное (ν_e) и мюонное (ν_μ). После открытия тяжелого τ -лептона ($M_\tau \approx 1800$ МэВ)⁴ представляется наиболее естественным предположение, что существует и третий вид нейтрино — ν_τ . Однако эта гипотеза еще нуждается в экспериментальном подтверждении.

Массы ни одного из видов нейтрино до сих пор определить не удалось. Существуют лишь верхние оценки на них:

$$M_{\nu_e} < 3 \cdot 10^{-8} \text{ МэВ}, \quad M_{\nu_\mu} < 0,65 \text{ МэВ},$$

$$M_{\nu_\tau} < 150 \text{ МэВ}.$$

Так же, как и другим лептонам, различным видам нейтрино соответствуют свои античастицы: электронное ($\bar{\nu}_e$) и мюонное ($\bar{\nu}_\mu$) антинейтрино.

Но что, собственно, означают слова «мюонное» и «электронное» нейтрино, «нейтрино» и «антинейтрино»? Стоит ли за этими терминами какая-нибудь физическая

⁴ Подробнее о τ -лептоне см.: Азимов Я. И., Хозе В. А. Тяжелые кварки и лептоны. — «Природа», 1979, № 5, с. 9.

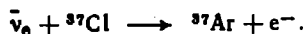
реальность? Ведь мы знаем, что у этих частиц нет ни электрического заряда, ни, по-видимому, массы и вообще каких-либо «осязаемых» свойств, за исключением спина.

Дело в том, что существуют частицы, нейтральные во всех отношениях. Они античастиц не имеют, или, что то же самое, эти частицы ничем не отличаются от своих античастиц. К таким частицам относятся, например, фотон и π^0 -мезон.

Для того чтобы частица была истинно нейтральной, необходимо, конечно, чтобы ее электрический заряд был равен нулю. Но этого далеко не достаточно. Нейтрон, например, имеет античастицу, и при встрече они аннигилируют, превращаясь в мезоны. Протон от антипротона отличается не только знаком электрического заряда, но и взаимодействием с другими частицами. Нейтрино относится к тем электрически нейтральным частицам, которые имеют античастицы.

«Лакмусовой бумажкой», отличающей ν_e и $\bar{\nu}_e$, оказались реакции, обратные β -распаду. Рожденное в β -распаде ($n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$) вместе с электроном нейтрино (его обозначают $\bar{\nu}_e$) вызывает обратную реакцию $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$. Именно эту реакцию и обнаружили Райнес и Коуэн в опытах на реакторе. Эти же самые «реакторные» нейтрино, если ν_e и $\bar{\nu}_e$ отличаются друг от друга, не вызовут реакции $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$.

Чтобы это проверить, необходимо было иметь нейтронную мишень. Хотя нейтроны имеются во всех ядрах, Б. Понтекорво еще в 1946 г. по ряду соображений предложил использовать изотоп ^{37}Cl для наблюдения следующей реакции:



Изотоп ^{37}Ar радиоактивен, и по его появлению можно судить о том, идет эта реакция или нет. Опыты, поставленные в 1957—1958 гг. Р. Дэвисом (США), убедительно продемонстрировали, что реакция такого типа не идет. Зато совсем недавно тот же Дэвис показал, что частица, рожденная в β -распаде вместе с позитроном, вызывает превращение хлора в аргон, которое описывается процессом $\nu_e + n \rightarrow p + e^-$. Итак, различие между $\bar{\nu}_e$ и ν_e состоит в том, что нейтрино каким-то таинственным образом «запоминает», в паре с каким именно заряженным лептоном (e^- или e^+)

оно родилось. И если мы хотим узнать, с чем мы имеем дело, с ν_e или $\bar{\nu}_e$, нужно посмотреть, какую из реакций вызовет испытываемая частица: если она превратит протон в нейтрон и позитрон, то это — $\bar{\nu}_e$, если же нейтрон — в протон и электрон, то это — ν_e .

Так же по реакциям, в которых оно участвует, можно отличить мюонное нейтрино от электронного. Оказывается, что нейтрино, полученные в реакции $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ при взаимодействии с веществом рождают только μ^- ($\nu_\mu + p \rightarrow p + \mu^-$), а не μ^+ или e^- , в то время как нейтрино, являющиеся продуктом распада отрицательно заряженного пиона ($\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$), не дают ни e^- , ни μ^- , а производят лишь μ^+ . Эти эксперименты были проведены на ускорителях в США и в ЦЕРНе. Они показали, что мюонное нейтрино отличается от электронного и, кроме того, имеет античастицу.

Теперь предположим, что все частицы обладают так называемыми лептонными числами (зарядами) двух видов — электронными (L_e) и мюонными (L_μ). Оказывается, «разрешены» только те реакции, в которых суммы лептонных чисел до и после реакции совпадают. Однако совершенно непостижимо, каким образом протон при встрече отличает нейтрино друг от друга, превращаясь в нейтрон при взаимодействии с $\bar{\nu}_e$ и $\bar{\nu}_\mu$ и ни во что не превращаясь под действием ν_e и ν_μ . Возможно, что это долго еще останется неизвестным.

Лептонные числа различных частиц

	ν_e	$\bar{\nu}_e$	e^-	e^+	ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$	μ^-	μ^+	адроны, фотон
L_e	1	-1	1	-1	0	0	0	0	0
L_μ	0	0	0	0	1	-1	1	-1	0

Необходимо отметить еще одно интересное свойство нейтрино. Речь идет о жесткой связи между направлением спина нейтрино и его импульсом. Оказывается, что, в то время как у других частиц (например, у электронов в металле или у нейтронов в ядерном реакторе) спин может быть направлен совершенно произвольно, у нейтрино он всегда направлен против движения

частицы (состояние с левой поляризацией). Антинейтрино же встречаются в природе только в состоянии с правой поляризацией (со спином вдоль направления движения). Если бы мы могли «посмотреть» на нейтрино в зеркало, то увидели бы в нем несуществующую в природе частицу. Однако, если бы это зеркало обладало еще и чудесным свойством заменять частицу античастицей, то тогда отражением нейтрино в нем было бы реально существующее антинейтрино с правильной (правой) поляризацией. В этом состоит открытый Л. Д. Ландау и рядом других ученых закон комбинированной (зеркально-зарядовой) инверсии, впоследствии экспериментально подтвержденный.

В заключение этого краткого обзора известных на сегодняшний день свойств нейтрино хотелось бы отметить, что между лептонами, к которым относится нейтрино, и кварками наметились определенные параллели, а именно: физики склоняются к тому, что число лептонов и кварков должно совпадать. Так и было до недавнего времени: четырем лептонам (e , μ , ν_e , ν_μ) соответствовали четыре кварка (u , d , s , c). Затем последовало открытие t -лептона, и равновесие, казалось бы, было нарушено. Однако совсем недавно очередной кварк (b) обнаружен в составе так называемого Υ -мезона⁵. И хотя существование t -нейтрино еще не доказано, идея о равенстве числа лептонов и кварков настолько привлекательна, что уже заготовлено обозначение для шестого кварка — t .

УНИТАРНЫЙ ПРЕДЕЛ

Как уже указывалось, нейтрино, в отличие от других частиц, участвует лишь в слабых взаимодействиях. Получившая всеобщее признание теория слабых и электромагнитных взаимодействий была предложена С. Вайнбергом и А. Саламом в 1967 г., после чего физика нейтрино и слабых взаимодействий перестала быть изолированным разделом физики микромира.

Согласно модели Вайнберга — Салама слабые взаимодействия обусловлены обменами так называемыми $W^\pm$ - и Z^0 -бозонами, частицами со спином 1 и массой ~ 100 ГэВ. Принцип неопределенности позволяет связать радиус действия сил с массой частицы, являющейся их перенос-

чиком: $r_0 \approx \hbar/mc$. В случае слабых взаимодействий $r_0 \approx 2 \cdot 10^{-16}$ см, т. е. почти в тысячу раз меньше размеров нейтрона и протона. Поэтому до тех пор, пока энергия частиц (в системе их центра инерции) мала по сравнению со 100 ГэВ, взаимодействие кажется точечным, т. е. не обладающим пространственной структурой. В этом приближении результаты теории Вайнберга — Салама совпадают с результатами, полученными Ферми в 1934 г. Правда, его теория не предсказывала существования нейтральных токов, открытие которых в 1974 г. явилось первым подтверждением теории Вайнберга — Салама⁶.

При низких энергиях вероятность протекания (сечение) реакций с участием нейтрино очень мала — взаимодействие является слабым в буквальном смысле слова. Так, стальная плита толщиной в 150 млн км (расстояние от Земли до Солнца) явилась бы преградой только каждой стомиллионной частице в потоке нейтрино. Однако с увеличением энергии нейтрино сечение должно расти, причем пропорционально квадрату энергии сталкивающихся частиц в системе их центра инерции. Это соответствует линейному росту в лабораторной системе. Если провести экстраполяцию в область очень больших энергий, то сначала слабое взаимодействие догонит электромагнитное, а при энергиях $\sim 10^6$ ГэВ — сильное⁷. Непременным условием такого роста является предположение о точечном взаимодействии. Как только начнут сказываться размеры взаимодействующих частиц или пространственная структура взаимодействия, увеличение сечения должно прекратиться. В конце 50-х годов, когда обсуждались проекты экспериментов с нейтрино высоких энергий (~ 10 —100 ГэВ), считалось, что размеры нуклонов (10^{-13} см) и определяют тот предел, при котором это произойдет. А это соответствует энергиям нейтрино всего лишь ~ 1 ГэВ. При таких условиях число наблюдаемых событий было бы очень мало, и эксперименты в интервале высоких энергий попросту могли ничего не дать, так как сечение оставалось бы по-прежнему малым. Правда, М. А. Марков предсказывал, что этого не случится. Действительно, эксперименты показали,

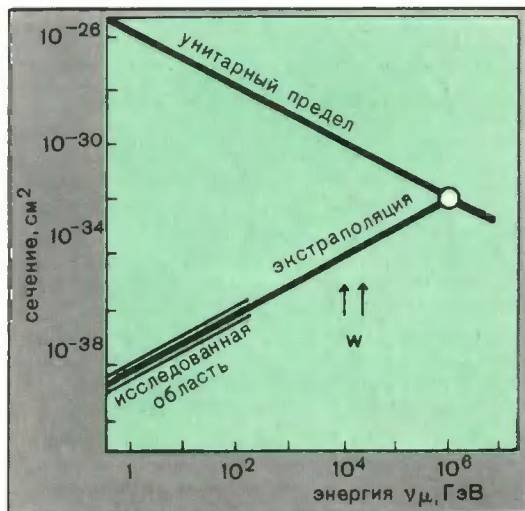
⁶ Подробнее о модели Вайнберга — Салама см.: С. М. Н. Д. Я. в М. А. Экспериментальная проверка модели Вайнберга — Салама. — «Природа», 1979, № 4, с. 93.

⁷ Здесь и далее значения энергий даются в лабораторной системе.

⁵ Об открытии семейства Υ -мезонов см.: — «Природа», 1979, № 2, с. 105.

что сечение растет по крайней мере до энергий ~ 200 ГэВ.

В теории рассеяния существует теорема, согласно которой для каждого значения энергии взаимодействующих точечных частиц есть предельно большое сечение, определяемое длиной волны де Бройля этих частиц. Эта предельная вероятность, так называемый унитарный предел, падает обратно пропорционально энергии. Пока еще, при относительно низких энергиях, наблюдаемое взаимодействие намно-



Вероятность взаимодействия (сечение) нейтрино с веществом линейно растет с увеличением энергии нейтрино. В настоящее время это экспериментально проверено в интервале энергий до 200 ГэВ. Если рост будет продолжаться, то при энергиях $\sim 10^6$ ГэВ сечение достигнет максимально возможного. Если масса W-бозонов составляет ~ 100 ГэВ, то рост прекратится раньше (при энергиях $\sim 10^4$ ГэВ).

го слабее предельного, но в области энергии $\sim 10^6$ ГэВ они сравниваются и должен будет проявиться какой-то механизм, способный остановить этот рост. Возможно, именно здесь скажутся «истинные» размеры элементарных частиц ($\sim 10^{-17}$ см), а возможно, этот рост будет остановлен раньше, при энергии $\sim 10^4$ ГэВ, определяемой массой промежуточного бозона.

Пока проектируются новые ускорители и специалисты спорят о том, как они должны быть устроены, многие физики обращаются к космическим лучам — это-

му естественному источнику частиц сверхвысоких энергий (10^{18} — 10^{19} эВ, что в 10^5 — 10^8 раз превышает энергию частиц, получаемых даже на самых мощных ускорителях). Известно, однако, что число частиц убывает с ростом энергии. Поэтому масса мишени-детектора должна быть очень большой, порядка 10^9 т (1 км³ воды). Естественно, при таких условиях эксперименты могут быть поставлены только с использованием «природных» детекторов, таких, например, как океанская вода. Идея использования океана для регистрации нейтрино впервые была высказана М. А. Марковым в 1960 г. И вот сейчас ученые ряда стран серьезно обсуждают проект создания в океане на глубине около 5 км решетки свето- и звукочувствительных элементов, регистрирующих нейтрино по черенковскому свечению продуктов реакций и по звуку, возникающему в воде при внезапном ее разогреве в стволе ливня (проект «Дюманд»)⁸.

НЕЙТРИННЫЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ

Что может произойти с элементарной частицей, летящей в свободном пространстве? Казалось бы, есть только две возможности: если частица стабильна, с ней ничего не произойдет; если радиоактивна, то она распадется. Оказывается, существует еще одна поразительная возможность: частица может постепенно превращаться в другую частицу, затем, полностью изменившись, начать обратный процесс постепенного превращения в первоначальную! Это и называется осцилляциями частиц. Применительно к нейтрино осцилляции означали бы превращение, например, электронных нейтрино в мюонные и наоборот. Как выглядел бы этот процесс в мысленном эксперименте с нейтрино, полученными в реакторе? Вот его несколько идеализированная картина. Сначала мы имеем дело с $\bar{\nu}_e$ и регистрируем их по известной реакции $\bar{\nu}_e + p \rightarrow p + e^+$; по мере удаления от реактора в пучке должно появляться все больше мюонных нейтрино. В детекторе они могли бы вызывать реакцию $\bar{\nu}_\mu + p \rightarrow p + \mu^+$, но для этого нужно, чтобы их энергия превосходила 100 МэВ ($\sim M_\mu$), а таких энергий в пучке из реактора нет, и поэтому реакция не

⁸ Березинский В. С., Зацепин Г. Т. Возможности экспериментов с космическими нейтрино очень высоких энергий. Проект «Дюманд». — «УФН», 1977, т. 122, вып. 1, с. 3.

будет идти. Таким образом, нам должно казаться, что нейтрино бесследно исчезают. С увеличением расстояния будет исчезать все большая доля частиц, а затем они постепенно начнут «воскресать».

Это чисто квантовое явление, но существует простая классическая модель, воспроизводящая его основные черты. Представим себе систему, состоящую из двух не связанных между собой одинаковых маятников; предположим лишь, что они окрашены в разные цвета: один обозначим А, другой — В. Пусть сначала колеблется один маятник, например А. Тогда, если нет трения, он будет колебаться бесконечно долго: система находится в состоянии А, и это свойство сохраняется (это аналог $\bar{\nu}_\mu$ без осцилляций). Если же вначале колеблется только В (это $\bar{\nu}_\mu$), тогда у системы сохраняется состояние В. Теперь предположим, что между маятниками существует слабая связь, например они соединены очень мягкой пружиной. Но какой бы мягкой она ни была, должно возникнуть принципиально новое явление — биения в системе двух маятников. Свойства А и В перестанут сохраняться; если сначала колебался маятник А, то через пружину он начнет постепенно раскачивать В и система окажется в состоянии $\alpha A + \beta V$ (α и β — амплитуды состояний). Со временем α уменьшается, β растет, пока маятник А не остановится, а В не раскачается полностью. Потом процесс пойдет в обратную сторону. Примерно так, по аналогии с биениями в системе двух связанных маятников, можно представить процесс периодического превращения нейтрино $\bar{\nu}_\mu \rightleftharpoons \bar{\nu}_\mu$.

Что же нужно, чтобы могли возникнуть осцилляции нейтрино? Нужно так называемое сверхслабое взаимодействие, нарушающее закон сохранения лептонных чисел. Степень точности, с которой закон сохранения лептонов установлен сегодня, не противоречит этой гипотезе. Кроме того, чтобы осцилляции, если они существуют, можно было наблюдать, необходимо, чтобы нейтрино обладало пусть небольшой, но отличной от нуля массой. В противном случае скорость этих частиц должна быть в точности равна скорости света, а период осцилляций из-за известного релятивистского эффекта — бесконечности. Поэтому если осцилляции нейтрино будут обнаружены, то это будет свидетельствовать не только о нарушении закона сохранения лептонных чисел, но и о том, что масса нейтрино отлична от нуля. Добавим, что в системе нейтральных К-мезо-

нов ($\bar{K}^0$ и $\bar{K}^0$) осцилляции действительно существуют и наблюдаются на опыте уже свыше двадцати лет. С их помощью, в частности, удалось установить, что один из нейтральных К-мезонов легче другого на $3 \cdot 10^{-6}$ эВ. Как оказалось, частота осцилляций частиц определяется разностью их масс: $\Delta mc^2 = f\Omega$. Так что, измерив Ω — частоту осцилляций, — можно узнать Δm .

Идея нейтринных осцилляций была выдвинута и развита Б. Понтекорво. В настоящее время проводится и планируется целый ряд экспериментов по их поиску.

НЕЙТРИННАЯ АСТРОНОМИЯ

Хорошо известно, что результаты фундаментальных исследований в любой области физики рано или поздно находят применение в других областях науки, в промышленности, обороне и т. п. Так, в последнее десятилетие стали широко обсуждаться прикладные аспекты физики нейтрино. В первую очередь это касается нейтринной астрономии, и в особенности изучения солнечных нейтрино. Солнце, как известно, существует уже около 5 млрд лет. Однако его светимость за последний миллиард лет существенно не изменялась⁹. Не известно ни одного процесса, кроме термоядерных реакций, в результате которого компенсировалась бы излучаемая Солнцем энергия. Именно термоядерные реакции способны обеспечить стабильную жизнь Солнца. Все верят в термоядерные реакции, протекающие в недрах Солнца. Однако проверить это, заглянув вглубь Солнца, еще недавно казалось несбыточной фантазией.

Наконец, к 1977 г. были обнаружены нейтрино, генерируемые в этих реакциях (их, правда, оказалось в несколько раз меньше, чем ожидалось).

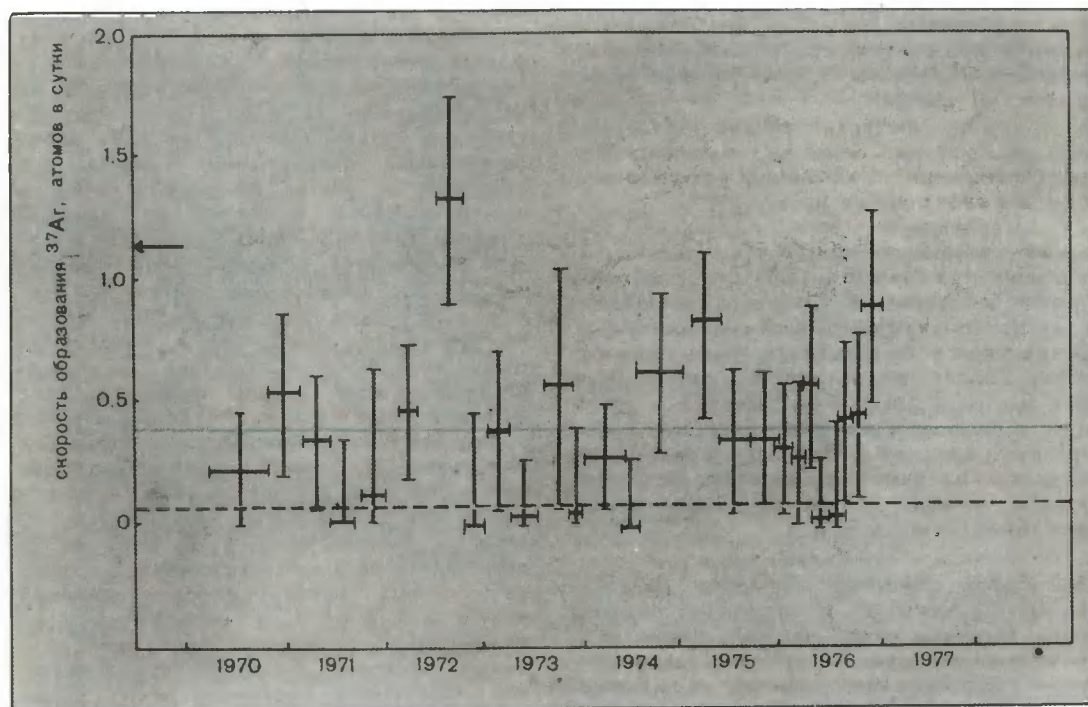
Эксперименты по поиску солнечных нейтрино требуют титанических усилий и большого терпения. Они проводятся в США в течение почти десяти лет группой Р. Дэвиса. В этих исследованиях используется хлор-аргонный метод, а именно: исследуется реакция $\nu_e + {}^{37}\text{Cl} \rightarrow e^- + {}^{37}\text{Ar}$ (мы уже о ней упоминали). Детектор со-

⁹ Правда, в геологии и палеонтологии существуют гипотезы, согласно которым некоторые вариации солнечной светимости все же происходят.

держит $3,8 \cdot 10^5$ л тетрахлорэтилена (C_2Cl_4). В таком количестве этого вещества содержится $2,2 \cdot 10^{30}$ атомов ^{37}Cl . Хлор — это мишень для электронных нейтрино. Она помещается на глубине полутора километров в шахте по добыче золота, которая расположена в штате Южная Дакота. Там же, в шахте — небольшой завод, на котором извлекают атомы радиоактивного аргона, образующегося под действием нейтрино. Затем аргон помещается в миниатюрный счетчик радиоактивности. Ко-

личество радиоактивного аргона и есть мера нейтринного потока. Эксперимент проводится в следующем режиме: месяц — два идет накопление аргона, затем он выделяется, потом цикл повторяют. Скорость образования аргона очень мала — один атом за трое суток. Или, чтобы быть точнее, $0,38 \pm 0,07$ атомов в сутки — усредненное по всем экспозициям за период 1970—1977 гг. значение.

Вклад Солнца определяется как $0,30 \pm 0,08$ атомов в сутки, все остальное



Результаты опытов группы Р. Дэвиса по поиску солнечных нейтрино. По оси ординат отложено число атомов ^{37}Ar , образующихся в течение суток во всем объеме детектора. Горизонтальные черточки обозначают время экспозиции; пунктиром показан уровень фона космических лучей, цветной линией — средняя скорость образования ^{37}Ar , полученная в результате усреднения по всем измерениям. Стрелкой отмечено значение скорости образования ^{37}Ar , вычисленное на основе стандартной солнечной модели.

следует приписать другим, не связанным с Солнцем причинам. Здесь уместно сказать несколько слов о так называемом парадоксе солнечных нейтрино, без обсуждения которого до недавнего времени не обходилась ни одна научная конференция. Дело в том, что до 1975—1976 гг. результаты, полученные группой Дэвиса, многими интерпретировались как отрицательные, т. е. считалось, что солнечных нейтрино нет. Основанием для таких поспешных выводов служили два обстоятельства. Во-первых, стандартная солнечная модель предсказывала довольно большое значение для потока солнечных нейтрино; во-вторых, статистические погрешности опыта были слишком велики, чтобы можно

было с уверенностью констатировать наличие нейтрино от Солнца. Волнение, охватившее в то время физиков, отразилось в броских заголовках, которыми запестрели страницы газет и журналов: «Загадки солнечных нейтрино», «Почему же светит Солнце?», «Солнце умерло» и т. д. Однако оно принесло свои плоды — были тщательно проанализированы, пересмотрены и подвергнуты сомнению все стороны проблемы — от моделей Солнца до фундаментальных свойств нейтрино, хотя окончательно устранив расхождение эксперимента с теорией не удалось. Возможно, что за недостающие частицы ответственные именно нейтринные осцилляции, возможно, будут найдены другие, более прозаические причины.

Так или иначе, сейчас уже нет сомнений, что энергия Солнца — термоядерного происхождения. Нейтринная астрономия сделала свои первые шаги.

Следующий этап исследований, помимо уточнения имеющихся результатов, — это изучение энергетического состава нейтринного излучения Солнца (нейтринная спектроскопия). Нейтринная спектроскопия основывается на существовании, помимо пары хлор — аргон, других пар соседних изотопов (галлий — германий и др.), чувствительных к различным участкам нейтринного спектра. Подготовка к таким исследованиям уже началась. Они позволяют узнать точный состав центра Солнца, его температуру и т. д.

Солнце — это ближайшая к нам звезда. Поток нейтрино от более далеких звезд, находящихся в состоянии спокойного горения, слишком мал, чтобы его можно было зарегистрировать современными методами. Иначе обстоит дело, когда происходят такие явления катастрофического характера, как, например, взрыв сверхновой звезды. Оценки показывают, что возникающее при этом нейтринное излучение должно быть настолько интенсивным, что, если взрыв сверхновой произойдет в пределах нашей Галактики, его можно будет зафиксировать.

Под руководством Г. Т. Зацепина и А. Е. Чудакова уже созданы первые «станции слежения», способные регистрировать и проанализировать нейтринную вспышку от взрыва сверхновой. Одна из таких станций расположена в соляной шахте в Донбассе, другая — на вступившей в строй в 1977 г. Баксанской нейтринной обсерватории Института ядерных исследований АН СССР. В нейтринной обсерватории готовится также эксперимент

по регистрации солнечных нейтрино хлор-аргонным методом. Количество C_2Cl_4 в этом опыте будет примерно в 5 раз больше, чем в опыте Дэвиса. Еще одна нейтринная станция сооружается в Альпах под Монбланом.

НЕЙТРИННАЯ ДИАГНОСТИКА ВНУТРИРЕАКТОРНЫХ ПРОЦЕССОВ

Одна современная атомная электростанция потребляет в год примерно тонну изотопа ^{235}U . В результате образуется несколько сот килограммов ^{239}Pu — основы для изготовления атомной бомбы. На одну бомбу нужно несколько килограммов плутония. Естественно, жизненно необходимо, чтобы плутоний не попал в руки безответственных людей. Поэтому во всех ядерных странах разрабатываются методы его контроля и учета. Занимается этим и Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ, Вена). Среди всех методов выделяется предложенный недавно в СССР так называемый нейтринный метод, с помощью которого можно следить за процессами выгорания и накопления расщепляющихся материалов непосредственно в ходе работы реактора. Этот метод основан на том, что деление урана и плутония сопровождается нейтринным излучением различной энергии. Таким образом, по мере выгорания урана и накопления плутония энергия излучения меняется, и задача состоит в том, чтобы проследить за этими изменениями. Здесь на помощь снова приходит реакция $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$, в которой энергия возникающих позитронов однозначно связана с энергией $\bar{\nu}_e$. Следует подчеркнуть, что нейтринное излучение несет также информацию о состоянии активной зоны реактора. Упомянутый метод находится в стадии разработки — еще предстоит преодолеть немало трудностей на пути его внедрения. Тем не менее нет сомнения, что делаются первые шаги к использованию нейтринного излучения в ядерной энергетике¹⁰.

НЕЙТРИННЫЙ ТЕЛЕГРАФ

В соленой воде радиоволны распространяются очень плохо. Это, в частности, чрезвычайно затрудняет связь с подводны-

¹⁰ M. A. Mikaelyan L. A. Neutrino Laboratory at an Atomic Plant. — «Proc. of the Conference of «Neutrino-77», 1978, v. 2, p. 383.

ми лодками. По сообщениям американской печати, военные США давно ищут надежный способ дальней связи с подводными лодками. На решение этой проблемы уже затрачены большие усилия. И вот сейчас в США делается попытка продемонстрировать принципиальную возможность такой связи (на расстоянии ~ 3000 км) с помощью пучка нейтрино, генерируемого протонным ускорителем (Батавия). Пучок нейтрино имеет острую угловую направленность, так что эти частицы относительно мало рассеиваются в пространстве. Мишенью для нейтрино может служить окружающая лодку вода, в которой будут возникать мюоны (например, в процессе $(\bar{\nu}_\mu + p \rightarrow n + \mu^+)$ и другие продукты реакций, по которым можно будет зарегистрировать нейтрино. Оценки показывают, что планируемая попытка должна увенчаться успехом. Следует также подчеркнуть, что с ростом энергии ускоряемых протонов улучшается качество ускорителя как средства передачи информации на большие расстояния. Поэтому сооружение новых мощных ускорителей, которые в настоящее время проектируются в различных странах, открывает определенные перспективы в решении проблемы дальней связи с помощью нейтрино.



Почти полвека отделяют нас от открытия нейтрино — частицы-«призрака», как ее иногда называли. Несмотря на всю «неуловимость» нейтрино, исследователям все-таки многое удалось узнать о свойствах этой частицы и о ее месте в общей картине мира. Сейчас, как мы видели, делаются даже первые попытки использования нейтрино для исследований в других областях науки и для решения различных прикладных задач. Представляется, например, бесспорным, что в ближайшие десятилетия будет много достижений в нейтринной астрономии, которые, возможно, дадут новый толчок развитию астрофизики.

Однако в нейтринной физике еще много «белых пятен». Непонятно, что происходит при приближении энергии нейтрино к унитарному пределу, т. е. к области энергий $\sim 10^6$ ГэВ. Вопрос этот, видимо, придется решать, используя космические нейтрино высоких энергий, так как ускорителей таких энергий в ближайшие 30—40 лет еще не будет. Кроме того, далеко не все ясно с электронным и мюонным нейтрино. Как мы видели, пары e , ν_e и μ ,

ν_μ полностью взаимозаменяемы во всех реакциях с изменением природы частиц. Однако у мюона масса в 200 раз больше, чем у электрона. Есть ли у мюонного и электронного нейтрино какой-либо аналог, соответствующий этому различию? Сохраняется ли взаимозаменяемость ν_e и ν_μ в процессах рассеяния? Ответить на эти вопросы очень непросто. Дело в том, что в то время как мюонные нейтрино интенсивно изучаются на нескольких ускорителях (на них практически не удастся получить ν_e), электронные нейтрино от реактора до сих пор исследуются только в одной лаборатории в США. По-видимому, лишь интенсификация опытов с электронными нейтрино даст возможность разрешить хотя бы часть этих загадок.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Райнес Ф., Сэллшоп Дж. П. Ф. НЕЙТРИНО, РОЖДЕННЫЕ В АТМОСФЕРЕ И ВНЕ ЕЕ.— «Природа», 1967, № 2, с. 32.

Кафтанов В. С. НЕЙТРИННАЯ ФИЗИКА НА УСКОРИТЕЛЯХ.— «Природа», 1977, № 4, с. 25.

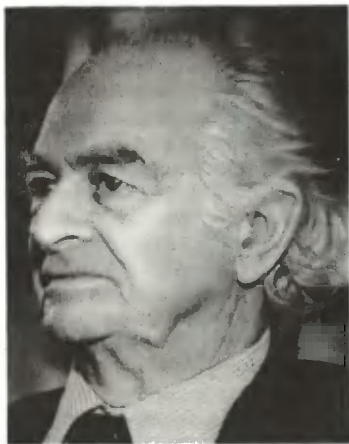
Биленький С. М., Понтекорво Б. М. СМЕШИВАНИЕ ЛЕПТОНОВ И ОСЦИЛЛЯЦИИ НЕЙТРИНО.— «Успехи физических наук», 1977, т. 123, вып. 2, с. 181.

Боровой А. А., Микаэлян Л. А. ВОЗМОЖНОСТИ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙТРИНО.— «Атомная физика», 1978, т. 44, вып. 6, с. 508.

Martin Ch. N. LE TELEGRAPHE PAR NEUTRINO.— «Science et Vie», 1978, № 724.

Л. Полинг: «В химии еще много нерешенных проблем...»

В сентябре — октябре 1978 г. в Москве, а затем в Ташкенте проводился Международный симпозиум «Перспективы биоорганической химии и молекулярной биологии», на котором рассматривалось современное состояние этих областей науки. В ряде докладов были поставлены задачи, являющиеся, по сути дела, программой исследований ближайших десятилетий. В работе симпозиума принимали участие крупнейшие специалисты мира, среди которых был и лауреат Нобелевской премии по химии, Нобелевской премии мира и Ленинской премии «За укрепление мира между народами» Лайнус Карл Полинг. На симпозиуме Л. Полингу была вручена высшая награда АН СССР — золотая медаль им. М. В. Ломоносова¹. Наш корреспондент М. А. Курячая встретила с Л. Полингом и попросила ответить на некоторые вопросы, касающиеся проблем современной химии и биохимии.



Л. Полинг получил мировое признание благодаря исследованиям строения молекул и природы химической связи методами квантовой механики. Известно, что в квантовой механике вероятность нахождения электрона в данной точке пространства (электронная плотность) определяется с помощью волнового уравнения Шредингера. Однако точное

решение уравнения Шредингера связано с большим, порой непреодолимыми математическими трудностями. В настоящее время расчет осуществлен только для систем с одним электроном — атома водорода и молекулярного иона водорода H_2^+ .

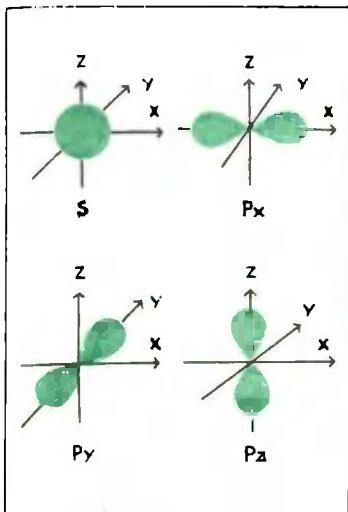
Однако в ряде задач нет необходимости знать точное распределение электронной плотности и можно пользоваться приближенными величинами. Одно из таких приближенных рассмотрений основано на понятии орбитали. Орбиталь — это элемент пространства, в котором наиболее вероятно присутствие электрона. Существует несколько типов орбиталей, имеющих различные размеры и форму и расположенных определенным образом около ядер атомов. Например, s-орбиталь представляет собой сферу, в центре которой находится ядро атома. p-Орбиталь имеет форму гантели: она состоит из двух частей, между которыми расположено атомное ядро.

Химическая связь образуется, если орбитали электронов, принадлежащих различным атомам, перекрываются. Поскольку орбитали имеют определенную форму и пространственно ориентированы, они могут перекрываться только в

определенных направлениях. При этом должен соблюдаться принцип максимального перекрытия, впервые высказанный в 1931 г. Л. Полингом. Чем больше перекрываются атомные орбитали, тем прочнее связь, которую они могут образовать.

Предположив, что при образовании химической связи атомные орбитали совмещаются друг с другом и дают в результате некий гибрид (их так и называют теперь гибридными орбиталями), Л. Полинг тем самым положил начало одному из наиболее плодотворных подходов к пониманию структуры атомов и молекул. В частности, было совершенно неясно, как примирить очевидное противоречие физических и химических данных о строении атома углерода. В соответствии с электронной теорией атом углерода имеет на внешней оболочке электроны, принадлежащие разным орбиталям: два s-электрона и два p-электрона. Но тогда в атоме углерода связи, образуемые этими электронами, должны были как-то различаться между собой, а в химических опытах наблюдалась полная их равноценность. Идея гибридизации орбиталей (s- и p-орбитали, совмещаясь определенным образом, дают четыре одинаковых

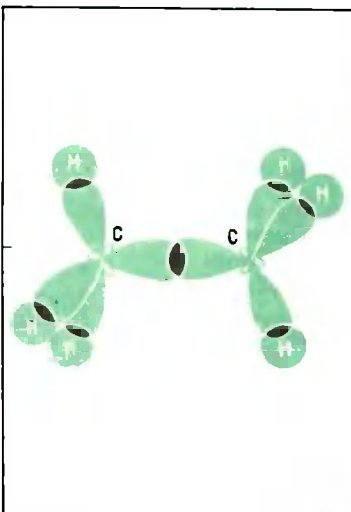
¹ Подробней об этом см.: Золотые медали им. М. В. Ломоносова. — «Природа», 1978, № 5.



Форма s- и p-орбиталей. Существует несколько типов орбиталей. Орбиталь не имеет определенной границы, так как есть, хотя и очень малая, вероятность найти электрон на значительном расстоянии от ядра. Форма орбиталей изменяется в зависимости от азимутального квантового числа l . s-орбиталь ($l=0$) представляет собой сферу, в центре которой находится ядро атома; p-орбиталь имеет форму гантели, между двумя частями которой расположено атомное ядро.

связи) положила конец этому противоречию и многим другим неразрешимым проблемам.

Л. Полингу принадлежит также огромное число работ по биохимии. Мировую извест-



Перекрывание орбиталей в молекуле этана (C_2H_6). Поскольку орбитали имеют определенную форму и пространственно ориентированы, они могут перекрываться только в определенных направлениях, образуя при этом химическую связь.

ность получили его исследования по расшифровке пространственного строения одной из цепей молекулы гемоглобина — так называемой α -спирали. Изучая относительно простые синтетические полипептиды, Л. Полинг получал абсолютно надежные данные об их строении. Исходя из этих структур, он смог предсказать точную конфигурацию полипептидных цепей в белках и предло-

жил структуру, являющуюся, вероятно, важнейшей вторичной структурой в химии белков — α -спираль. Этот метод определения строения сложных молекул стал называться методом молекулярных моделей. Теперь он известен каждому химику.

Занимаясь исследованиями гемоглобина, Л. Полинг показал, что замена одной глутаминовой кислоты на валин (всего в молекуле гемоглобина ~600 аминокислот) приводит к смертельному заболеванию — серповидноклеточной анемии. Именно тогда в науке возникло целое направление, занимающееся изучением болезней на молекулярном уровне.

Л. Полингу принадлежит ряд работ по молекулярной филогении (химической палеогенетике).

Эта область возникла в науке относительно недавно. Изучая в живых организмах, находящихся на разных ступенях эволюции (например, от амёбы до человека), строение нуклеиновых кислот, полипептидов и белков, можно проследить, как происходило развитие подобных молекул. Интерес исследователей к этим вопросам понятен: ведь химическая палеогенетика, в конечном счете, тесно связана с вопросами происхождения жизни.

Трудно перечислить все работы, с которыми связано имя Л. Полинга. Столь многосторонние научные интересы позволяют ему высказаться по самому широкому кругу вопросов.

Корр.: Известен Ваш вклад в развитие теории химической связи. Какие проблемы в этой области стоят теперь перед химиками-теоретиками?

Л. Полинг: Относительно недавно мне казалось, что понимание природы химической связи в отношении углерода, углеродсодержащих соединений и кислорода, азота, фтора вполне удовлетворительно. И я не думал, что в этой области могут быть сделаны новые крупные открытия. С другой стороны, строение комплексов переходных металлов (железа, хрома, марганца, кобальта) еще не понято

по-настоящему. Так сложилось, что биохимики имели дело в основном с соединениями углерода, азота, водорода, кислорода, фосфора и серы. Позже выяснилось, что различные жизненно важные ферменты имеют в своем составе атомы переходных металлов, играющих очень важную роль в работе этих соединений. Ясно, что понять механизм действия ферментов невозможно, не зная их строения.

Вообще, проблема эта очень сложна. Ведь за последние 50 лет были синтезированы тысячи металлоорганических соединений (многие ферменты — это, в конечном счете, тоже металлоорганика), и лишь

для сотен из них были определены структуры. Развить теорию строения комплексов переходных металлов весьма заманчиво. Это даст возможность подойти к решению еще более сложных проблем: установлению природы ферментативной активности, пониманию механизма катализа.

Корр.: Известно, что Вы занимались вопросами строения комплексов переходных металлов. Не могли бы Вы рассказать об этом подробнее!

Л. Полинг: Вообще-то, многие исследователи пытались создать теорию строения комплексов переходных металлов. Но когда дело доходило до предсказания (на основе построенных теорий) длин связей, углов между ними, теоретиков ждала неудача. Я тоже заинтересовался этой проблемой, причем довольно давно: еще в начале 30-х годов. Вместе с моими учениками Р. Хальтгреном и В. Макклором я приступил к решению задачи, используя теорию гибридизации. Согласно этой теории, наиболее прочные связи для атома углерода образуются в том случае, когда лепестки гибридизованных орбиталей направлены к вершинам правильного тетраэдра. Это соответствует углу между направлениями гибридизованных орбиталей $109,47^\circ$.

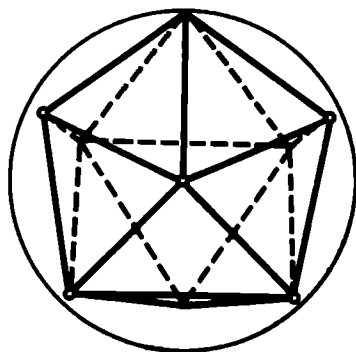
При гибридизации spd-орбиталей (именно они участвуют в образовании связей переходных металлов) возникает проблема «получения» таких гибридных орбиталей, которые в равной степени сосредоточены в направлении связей. Это необходимо, чтобы получить максимальное перекрывание орбиталей и, следовательно, наиболее прочные связи. Суммарное число этих орбиталей равно девяти². Следовательно, нужно иметь девять «хорошо» локализованных ортогональных гибридных орбиталей, чтобы разместить все 18 электронов, участвующих в образовании связи в комплексах переходных металлов.

Соответствующие уравнения, позволяющие решить эту задачу, Хальтгрэн получил еще 45 лет назад. Но они отличались такой сложностью, что не могли быть решены с помощью существовавших тогда расчетных методов. Поэтому мы ограничились рассмотрением более простого

случая: двух взаимно ортогональных spd-орбиталей с максимальной прочностью. Задачу удалось решить.

Было найдено, что орбитали максимальной прочности получаются, когда угол между их осями составляет $73,15^\circ$ или $133,62^\circ$. Таким образом, углы $73,15^\circ$ и $133,62^\circ$ являются как бы «аналогами» тетраэдрического угла для атома углерода.

Корр.: На этом симпозиуме Вы делали доклад, посвященный вопросам строения комплексов переходных металлов. Это продолжение прежней Вашей работы!



Стереогрфическое проекции направлений максимального значения (направлений связей) девяти spd-орбиталей ряда Макклора.

Л. Полинг: Да, конечно. Прошло много лет, появилась вычислительная техника. И в 1967 г. Макклор взялся за решение общей задачи нахождения наилучшего ряда девяти spd-орбиталей, т. е. ряда из девяти взаимно ортогональных орбиталей с максимальной прочностью в соответствующих оптимальных направлениях. Благодаря существованию компьютеров, задачу можно было решать более эффективно. В результате Макклор нашел такое расположение орбиталей, при котором они имеют высокую и практически одинаковую прочность (что, собственно, и требовалось с самого начала). Оказалось, что значения всех 36 углов между девятью направлениями локализации орбиталей группируются вокруг двух средних величин: $74,04^\circ$ и $138,85^\circ$. Это немногим отличается от значений $73,15^\circ$ и $133,62^\circ$, полученных для упрощенного варианта (для двух гибридных spd-орбиталей) еще в 1931 году.

Усилия, затраченные на решение общей задачи, показали, что прямой метод Макклора эффективен лишь в редких слу-

² Для каждого состояния число орбиталей равно $2l+1$, где $l=0$ для s-состояния, $l=1$ для p-состояния и $l=2$ для d-состояния. Отсюда, суммарное число орбиталей равно $1+3+5=9$.

чаях для единичных задач. Поэтому я занялся разработкой приближенного подхода, который приводил бы примерно к тем же результатам. Для этого я использовал аналитическое решение задачи для двух гибридных sp^2 -орбиталей. С помощью довольно простых расчетов мне удалось найти подход, превзошедший все ожидания: полученные значения углов совпадали с макклуровскими в пределах одного градуса!

Отталкиваясь от полученных значений углов и используя теоретические представления, удалось объяснить многочисленные структурные данные по карбонильным комплексам переходных металлов.

И все же создание общей теории, позволяющей не только объяснять, но и предсказывать структуру комплексов переходных металлов — задача, которая еще ждет своего решения.

Корр.: Вы были первым, кто использовал молекулярные модели для установления структуры сложных биоорганических молекул. Однако, несмотря на кажущуюся простоту метода, Вы потратили на эту работу более 14 лет. Что изменилось с тех пор? Пользуетесь ли Вы теперь другими методами?

Л. Полинг: Когда я начал использовать молекулярные модели, это был вполне оригинальный подход: в середине 30-х годов такие вещи просто-напросто не делались. Вместе с профессором Р. Кори мы пытались определить конфигурацию полипептидных цепей в белках. Когда мы увидели, что наши энергичные попытки атаковать проблему в лоб безуспешны, мы попробовали справиться с этой задачей косвенным методом (он и стал называться впоследствии методом молекулярных моделей). Мы тщательно изучили кристаллы аминокислот, простых пептидов и родственных соединений, чтобы получить абсолютно надежные и подробные сведения о структурных характеристиках веществ подобного рода. А затем на основе этих данных смогли в конце концов уверенно предсказать точную конфигурацию полипептидных цепей в белках.

Сейчас каждый химик-органик, биохимик использует молекулярные модели: их можно найти в любой лаборатории. Метод получил чрезвычайно широкое распространение. Я по-прежнему думаю, что это самый плодотворный путь решения проблемы — лучше, например, чем попыт-

ка применить волновое уравнение Шредингера. Модели лучше.

Корр.: Вы также занимались и проблемами химической палеогенетики. К сожалению, Ваши работы в данной области менее известны нашим читателям. Не могли бы Вы коротко познакомить нас с содержанием этих работ?

Л. Полинг: Проблемы химической палеогенетики действительно весьма интересны. Если рассматривать все природные системы, то живая материя будет стоять среди них совершенно особым образом. Ведь только она, испытывая очень существенные превращения, способна хранить информацию, отражающую историю ее развития. Информация эта записана в самих молекулах, составляющих живую материю. Вопрос в том — какие именно молекулы содержат информацию относительно их прошлого? Каким образом можно извлечь из них эту информацию?

Понятно, что на любом уровне интеграции (от простейших до человека) следует рассматривать наиболее сложные молекулы, поскольку максимум информации записан именно в них. Но здесь необходима некоторая классификация. Вместе с Э. Цукеркэндлом мы предложили в зависимости от того, в какой степени молекулы отражают содержащуюся в организме информацию о процессе эволюции, разделить их на три типа, семантофоретические, эписемантические и асемантические.

Семантофоретические молекулы, или семантиды, несут информацию генов или ее запись. Сами по себе гены являются первичными семантидами. Они представляют собой матрицу, с которой считывается информация на другой тип молекул, в частности на молекулы РНК. Последние будут уже вторичными семантидами. Они, в свою очередь, служат основой для синтеза полипептидов. Поэтому полипептиды (или по крайней мере большинство из них) — это третичные семантиды.

Эписемантические молекулы синтезируются под контролем третичных семантидов. Все молекулы, которые создаются ферментами в отсутствие матрицы, относятся к этой категории, например молекулы углеводов, жиров. Они называются эписемантическими, потому что, хотя и не несут такой информации, как семантиды, но сами представляют продукт этой информации.

Асемантические молекулы не образуются организмом и поэтому не отражают ни прямо, ни косвенно никакой информации, в нем содержащейся. Информацию они выражают только своим присутствием в той мере, в которой это присутствие отражает специфический механизм поглощения. Например, для человека поставщиком таких молекул может служить пища, лекарства и т. п.

Связь молекул с процессом эволюции ослабевает по мере того, как мы переходим от семантид к асемантическим молекулам. По-моему, наиболее разумная, всеобщая и наиболее богатая информацией химическая палеогенетика может основываться главным образом на одних семантофоретических молекулах.

Корр: Для Вашей классификации невольно напрашивается сравнение с иллюстрированной книгой, в которую вложена закладка. Текст — это семантиды, иллюстрации — эписемантиды, а закладка — асемантиды. Вся информация о содержании книги мы получаем из текста. Иллюстрации несут частичную информацию (и, кстати говоря, без текста их создать невозможно). Закладка вообще не несет никакой информации, а просто присутствует в книге.

Л. Полинг: Если рассматривать это сравнение только в плане получаемой информации, то определенная аналогия здесь существует. Действительно, семантиды, как и текст в книге, дают максимум информации. Но здесь не надо забывать об объекте исследования. Если из текста мы узнаем о содержании книги, то, изучая семантиды, мы получаем сведения о процессе эволюции.

Так вот, об эволюции... Эволюция семантид, по-видимому, протекает путем замещения лишь одного элемента («строительного кирпичика»). Для полипептидов — это один «кирпичик» из 50—300, а для соответствующих нуклеиновых кислот — один из 150—900. Но даже такое замещение (очень незначительное, на первый взгляд) могло приводить к глубоким изменениям на высшем уровне органической интеграции: ведь в результате менялся установленный порядок взаимодействия молекул.

Чтобы пояснить свою мысль, я приведу такой пример. Изучая последовательность аминокислот в гемоглобине, удалось установить, что β -цепь гемоглобина лошади отличается от соответствующего бел-

ка человека в 26 местах (всего β -цепь содержит 146 аминокислот), свиньи — в 10 местах, а гориллы всего лишь в одном месте. Конечно, было бы наивно думать, будто только изменение в строении β -цепи гемоглобина привело к такому потрясающему эффекту на высшем уровне. Менялось строение десятков тысяч различных молекул. Но изучение именно этих молекул (белков, нуклеиновых кислот, полипептидов) дает больше для понимания процесса эволюции, чем исследование любого другого уровня биологической интеграции. На мой взгляд, интерес представляет главным образом история возникновения таких молекул...

Корр.: Не совсем понятно, как все-таки извлекается информация о процессе эволюции.

Л. Полинг: Получать информацию можно, сравнивая гомологические полипептидные цепи. Под гомологическими здесь следует понимать молекулы, осуществляющие одну и ту же функцию в разных организмах: инсулин, гемоглобин, миозин и т. д. Ну, например, миозин — основной сократительный белок. Это главный компонент мышц, присутствующий во всех живых клетках. Так вот, изменение в первичной структуре миозина приводит к изменению структуры и свойств образуемой им двигательной системы. В разных организмах она будет различна: несмотря на одинаковую основу (миозин), иными будут и сила сокращения, и продолжительность, и характер образуемых надмолекулярных структур. Например, и обезьяна, и амeba имеют в основе двигательной системы миозин. Но у обезьяны он, в конечном счете, образует поперечно-полосатую мышцу, а у амебы мышечная система вообще отсутствует. Основу такого различия следует искать в первичной структуре миозина: у обезьяны и амебы она неодинакова.

То же самое с гемоглобином: различие в строении гемоглобина приводит к различным механизмам дыхания.

Сравнивая подобные гомологические цепи, можно определить приблизительно время существования молекулы, из которой они образовались; возможную последовательность аминокислот этой исходной молекулы, и, наконец, те пути, в соответствии с которыми происходили данные изменения в последовательности аминокислот «от поколения к поколению».

К сожалению, сведения, которыми в настоящее время располагает молекуляр-

ная филогения, пока еще недостаточны, чтобы описать какой-либо этап эволюционного развития в законченном виде. Исследователи пока только намечают принципы, с помощью которых можно извлечь из молекул историю эволюции. И здесь возможны еще очень интересные открытия.

Корр.: В настоящее время в науке существует целое направление, изучающее причины заболеваний на молекулярном уровне. Какие пути кажутся Вам здесь наиболее эффективными?

Л. Полинг: Это очень трудный вопрос. Ни один из тех путей, который мы сейчас используем, нельзя назвать могущественным или всесильным. Если болезнь тяжелая, катастрофическая (как это было в случае серповидноклеточной анемии), тогда гораздо легче найти молекулу, ответственную за это. Если болезнь не так серьезна, происходят многие, но малые изменения молекулярных структур. И тогда ни один из существующих методов не годится. Для более легких заболеваний пока просто нет достаточно эффективных методов, чтобы обнаружить те молекулы, которые ответственны за болезнь. Это — область молекулярной биологии, где многое еще предстоит сделать.

Корр.: Получается, что несмотря на огромные достижения, в химии по-прежнему существует много проблем, которые еще ждут своего решения!

Л. Полинг: Конечно, это так: в химии еще много нерешенных проблем... И, пожалуй, трудно рассчитывать на то, что когда-нибудь ситуация изменится. Ведь человеческое познание безгранично. И значит, всегда на любом уровне знаний в любой науке крупные открытия будут вызывать появление новых проблем.

Очередные номера «Природы» можно приобретать по предварительным заказам, оставив заказ лично до 5 числа за два месяца до выхода журнала (например, заказ на № 8 до 5 июня) в магазинах «Академкнига»:

№ 1 — Москва, 103009, Центр, ул. Горького, 8, тел. 229-11-78.

№ 2 — Москва, 117312, ул. Вавилова, 55/7, тел. 135-63-49.

Наложенным платежом журнал высылается при заказе по адресу: 103012, Москва, К-12, Центр, Большой Черкасский пер., д. 2/10, тел. 221-57-26. Центральная контора «Академкнига».

Код геологической летописи

А. С. Девдарiani, В. А. Гроссгейм



Анатолий Сеифович Девдарiani, доктор географических наук, старший научный сотрудник Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР. Основная область научных интересов — восстановление геологического прошлого математическими методами. Автор монографий: Измерение перемещений земной поверхности, М., 1964; Математический анализ в геоморфологии, М., 1967. В «Природе» опубликовал статью «Прием сигналов из геологического прошлого» (1972, № 2).



Владимир Александрович Гроссгейм, доктор геолого-минералогических наук, профессор, руководитель отдела литологии и коллекторов Всесоюзного нефтяного научно-исследовательского геолого-разведочного института (ВНИГРИ) Министерства геологии СССР. Занимается восстановлением геологического прошлого по данным литологии. Автор монографий: История терригенных минералов в мезозое и кайнозое Северного Кавказа и Предкавказья, Л., 1961; Терригенное осадконакопление в мезозое и кайнозое Европейской части СССР, М., 1972 и др. В «Природе» опубликовал статью «Донные течения древних морей» (1969, № 11).

Почему, проникнув в далекое прошлое Земли, геологи не использовали для восстановления ее истории такое мощное орудие научного исследования, как математика? Причина этого кроется, видимо, в том, что в основе классической математики лежат количественные представления — число и мера, необходимые для описания преобразований вещества и энергии. Геологам же при восстановлении прошлого Земли приходится иметь дело с преобразованиями информации, которая запечатлелась как в количественных, так и в качественных характеристиках состава, строения и свойств горных пород. Но необходимый для переработки качественной информации язык дискретной математи-

ки, язык кодовых символов и слов, окончательно оформился только во второй половине нашего века одновременно с развитием теории передачи информации. Таким образом, геологи не пользовались в своих исследованиях математическими методами потому, что сама математика не располагала требующимися для этого представлениями. Именно этим объясняется сравнительная молодость метода геологического кодирования, основанного на теории передачи информации.

КОДИРОВАНИЕ ГЛУБИНЫ МОРЕЙ ОСАДОЧНЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ

На морском дне у берега могут удерживаться лишь сравнительно крупные

обломочные частицы. Более мелкие сносятся вниз и выпадают там, где волнение и течения становятся достаточно слабыми с удалением от поверхности моря. Еще глубже накапливаются известковистые или кремнистые остатки организмов. В современных морях установлена закономерная смена с глубиной литологических типов отложений, иначе литодинамический ряд отложений: галечники (конгломераты, к), пески (песчаники, п), алевриты (алевролиты, а), глины (аргиллиты, г), известково-глинистые илы (мергели, м), известковые илы (известняки, и). В скобках помещены названия горных пород, в которые преобразуются первичные осадки, а также принятые нами для сокращения буквенные обозначения, общие как для первичных осадков, так и для образующихся из них горных пород. В этих обозначениях литодинамический ряд отложений можно коротко записать словом **ипагми**.

Представим себе, что некогда, в геологическом прошлом, тот участок морского дна, на котором отлагались пески, стал погружаться вследствие, например, опускания земной коры. При возрастании глубины на песках начали отлагаться алевриты, затем глины, известково-глинистые и известковые илы. Если после этого погружение сменилось поднятием, то поверх известковых илов отложились известково-глинистые илы, глины и т. д. При определенных тектонических условиях на месте морского дна возникли горы, в которые врезались речные долины. Описывая обнажения на склонах этих долин, геолог обнаружит следующую последовательность горных пород, в которые превратились морские осадки: песчаники, алевролиты, аргиллиты, мергели, известняки, мергели, аргиллиты. Сопоставляя эту последовательность с литодинамическим рядом отложений, он восстановит ход колебаний земной коры за время накопления описанной им толщи.

На языке теории передачи информации сказанное будет звучать следующим образом. Изменения глубины моря в геологическом прошлом стихийным образом кодировались сменой типов отложений и вводились в этой форме в запоминающее устройство, роль которого выполняет земная кора. Геолог, описывая обнажения, считывает информацию с запоминающего устройства, а затем ее декодирует. При считывании он как бы принимает дискретный, состоящий из последовательности символов сигнал, например **пагмимг**, который представляет собой запись наблюдае-

мой геологом смены пород. Декодирование он осуществляет путем сопоставления дискретного сигнала с литодинамическим рядом отложений современных морей, записываемым в тех же обозначениях словом **ипагми**.

Слово **ипагми** можно рассматривать как одно из слов кода геологической летописи. Оно обозначает изменение глубины морского дна в пространстве или во времени, и составлено оно из символов кода к, п, а, г, м, и, обозначающих типы отложений. Код геологической летописи — это правила, согласно которым явлениям или процессам геологического прошлого ставятся в соответствие кодовые слова или комбинации символов кода, обозначающих характеристики состава, строения и свойств горных пород.

Под символами кода можно понимать не только буквенные обозначения, но и сами названия отложений. Например, выписанный выше литодинамический ряд названий отложений тоже является кодовым словом.

В рассмотренном простейшем примере мы ничего не выиграли от того, что известные каждому геологу понятия и операции перевели на язык теории передачи информации. Наша цель состояла в том, чтобы познакомить читателя с новым для него языком и вместе с тем показать, что геологи, восстанавливая прошлое Земли, отчасти даже предвосхищали представления и методы теории передачи информации и дискретной математики.

ГРАФИК ТЕКТОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Любая информация, передаваемая пусть даже по самым совершенным техническим системам связи, неизбежно искажается помехами. При передаче информации из геологического прошлого помехи возникают вследствие взаимного наложения различных процессов в ходе накопления осадков и последующего их преобразования в горные породы, а также несовершенства методов исследований. Рассмотрим способы выделения полезных сигналов на фоне помех в тех случаях, когда из геологического прошлого принимается не только качественная, как в предыдущем примере, но и количественная информация.

Для различных периодов геологической истории Русской платформы, примерно совпадающей с территорией современной Русской равнины, геологом

А. Б. Роновым с сотрудниками было подсчитано среднее процентное содержание песков, алевритов и глин (вместе), мергелей, известняков, доломитов, а также некоторых других пород, накапливавшихся эпизодически в сравнительно небольших объемах¹. Из названных пород в рассмотренный в первом примере литодинамический ряд не вошли доломиты, которые обозначим символом δ . Доломиты представляют собой известняки, впоследствии обогащенные магнием, поэтому как пока, затель глубины осадконакопления они должны стоять рядом с известняками. В кодовое слово их можно ввести следующим образом: $\text{кпагм}\{\text{и}, \delta\}$. Фигурные скобки означают здесь, что заключенные в них символы образуют множество, т. е. неупорядоченную совокупность объектов.

Непосредственно применить слово $\text{кпагм}\{\text{и}, \delta\}$ для декодирования в данном случае невозможно, поскольку информация представлена не одними лишь названиями пород, но и цифрами их процентного содержания. Процентные содержания пород в отложениях различного возраста, изображенные в виде графиков, также можно рассматривать как записи сигналов из геологического прошлого, но уже не дискретных, а непрерывных.

Если эти графики имеют сходные очертания, то можно предположить, что изображаемые ими сигналы передают одно и то же сообщение. Объективным критерием сходства может служить существование между сигналами значимых корреляционных связей. Сходство лишь, а не тождество очертаний сигналов, передающих одно и то же сообщение, объясняется помехами. Помехи тоже являются сигналами, но передающими сообщения о других, второстепенных процессах. Подавить помехи можно путем суммирования сигналов, следуя широко применяемому в технике связи методу накопления сигналов. При суммировании случайные помехи, имеющие разные знаки, уничтожают друг друга, и полезный сигнал проступает более четко.

Перед суммированием надо устранить влияние особенностей носителей сиг-

налов. Слабые сигналы, носителями которых служат менее распространенные породы (мергели, известняки, доломиты), надо усилить, сильные сигналы (пески, алевриты и глины) — ослабить. Графики сигналов, имеющие сходную форму, могут представлять собой как бы зеркальное отражение друг друга, как, например, в данном случае пески, алевриты и глины, с одной стороны, мергели, известняки и доломиты — с другой. Корреляционные связи между такими сигналами отрицательные и суммировать их следует с противоположными знаками². Эти и другие трудоемкие вычислительные операции, необходимые для устранения влияния особенностей носителей сигналов, выполняет электронно-вычислительная машина. В результате суммирования непрерывных сигналов мы получаем опять-таки непрерывный сигнал, но в меньшей степени искаженный помехами, чем каждый из суммируемых. В качестве обозначения полезного сигнала воспользуемся записью операции суммирования сигналов, из которых он выделен, а именно: $\text{п}+\text{а}+\text{г}-\text{м}-\text{и}-\delta$. Эту запись можно рассматривать вместе с тем и как дискретный сигнал, образованный из символов кода геологической летописи, каждый из которых может принимать одно из двух значений, указываемых знаками «+» и «-». Таким образом, в дальнейшем, говоря о сигнале $\text{п}+\text{а}+\text{г}-\text{м}-\text{и}-\delta$, придется оговаривать, идет ли речь о непрерывном сигнале, изображаемом в виде графика, или о дискретном сигнале, представляющем собой саму эту запись, или о том и другом сигналах вместе, т. е. о принятом полезном сигнале вообще.

Дискретный сигнал $\text{п}+\text{а}+\text{г}-\text{м}-\text{и}-\delta$ образован из тех символов, что и слово кода геологической летописи $\text{кпагм}\{\text{и}, \delta\}$. Оставим в дискретном сигнале и в кодовом слове только повторяющиеся символы, т. е. все, кроме δ . Придадим символам в дискретном сигнале тот же порядок, что и в кодовом слове. Это допустимо, поскольку дискретный сигнал представляет собой запись операции суммирования, а величина суммы не зависит от порядка слагаемых. В нашем случае указанный порядок уже соблюден. Перепишем дискретный сигнал в виде $(\text{п}+\text{а}+\text{г})-(\text{м}+\text{и}+\delta)$. Если сопоставить дискретный сигнал в этой

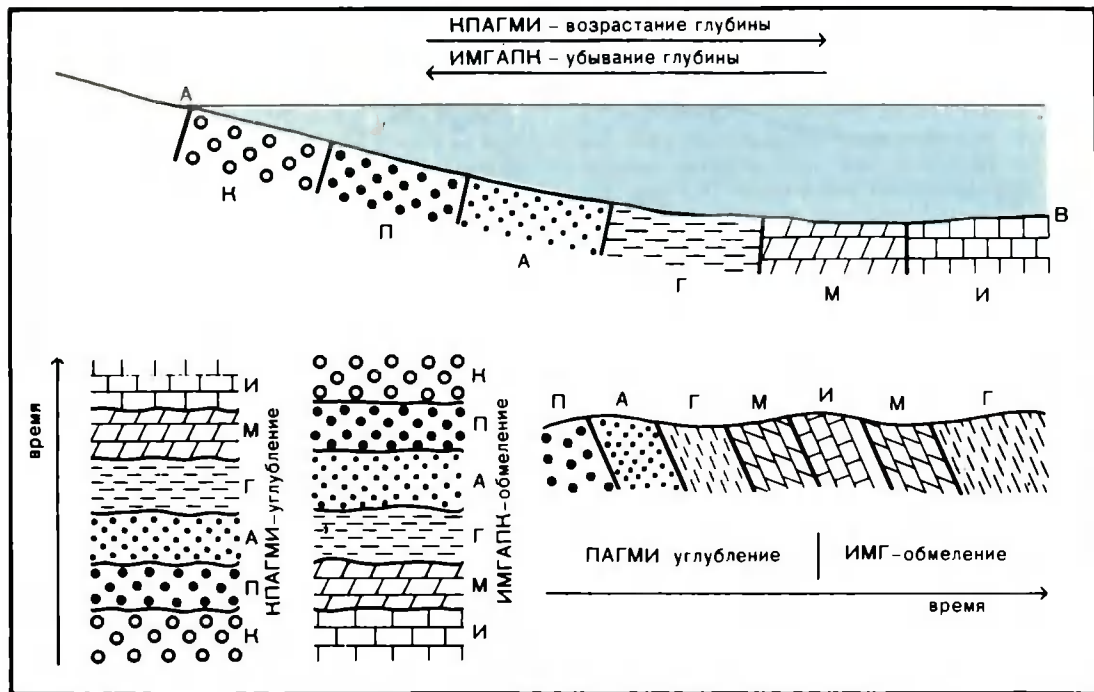
¹ Ронов А. Б., Мигдисов А. А., Барская Н. В. Закономерности развития осадочных пород и палеогеографических условий седиментации на Русской платформе (опыт количественного исследования). — «Литология и полезные ископаемые», 1969, № 6.

² Подробнее см.: Девдариани А. С. Прием сигналов из геологического прошлого. — «Природа», 1972, № 2.

записи с кодовым словом **кпагм** {и, д}, то мы увидим, что отложения, объединяемые первой скобкой, более мелководные, чем объединяемые второй скобкой. Из этого следует, что возрастание численных значений полезного сигнала обусловлено возрастанием содержания мелководных отложений за счет глубоководных, т. е. обмелением бассейна. Убывание же значений полезного сигнала свидетельствует об углублении бассейна. Таким образом, оказывается, что полезным сигналом ($п + а +$

$+ г$) — ($м + и + д$) передается сообщение об изменениях глубины морей, существовавших в геологическом прошлом на Русской платформе.

Чтобы перевести эти рассуждения на язык, доступный для электронно-вычислительной машины, придется поступить следующим образом. Перекодируем слово **кпагм**{и, д}, последовательно разбивая его на два под слова и приписывая символам первого из них знаки «+», а второго — знаки «-». В результате получим пять ко-

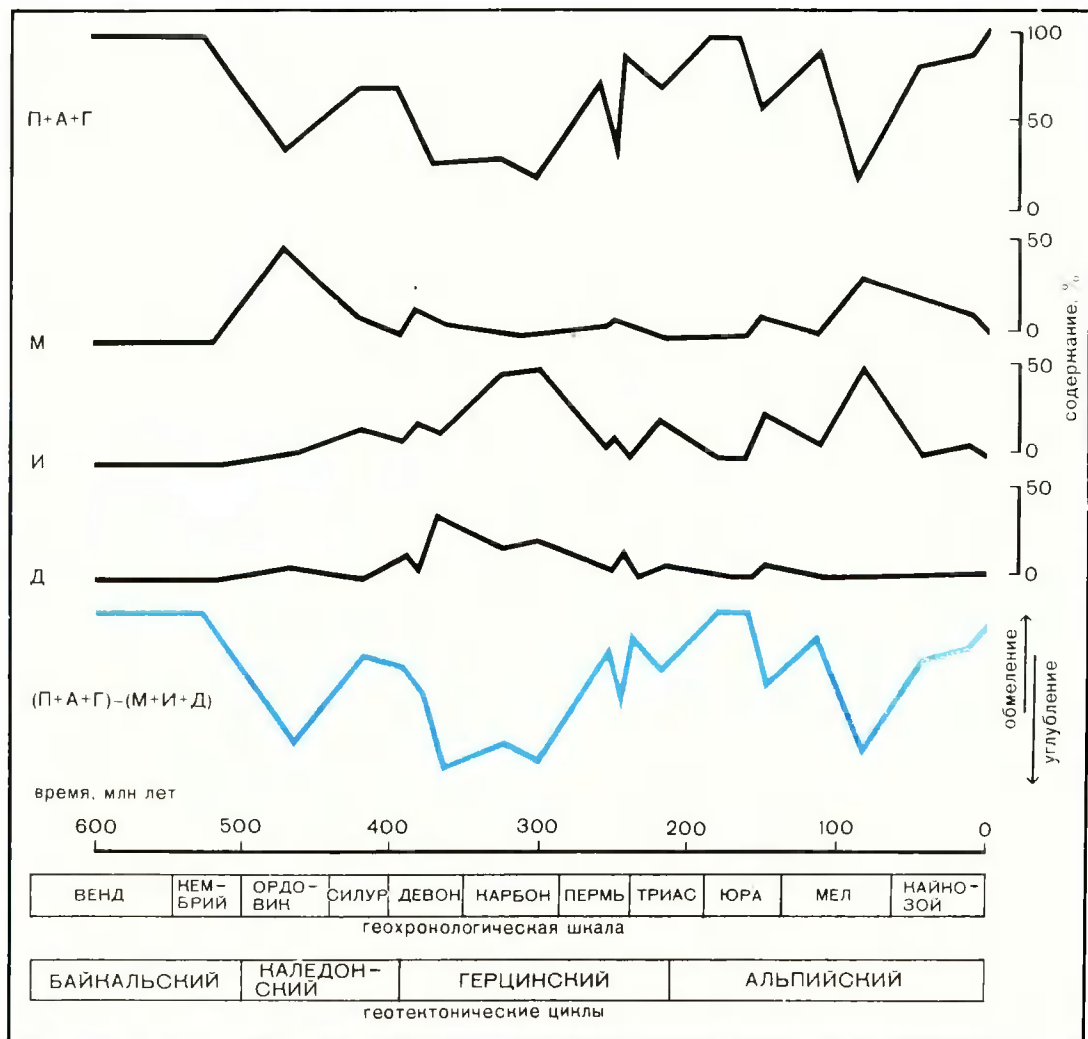


Вверху — схематический разрез современных морских отложений. Изменение глубины морского дна происходит непрерывно и изображается на профиле линией АВ. В морских осадках изменение глубины кодируется дискретным рядом закономерно сменяющих друг друга типов осадков, в результате превращающихся в горные породы: галечники (конгломераты) — и, пески (песчаники) — п, алевроиты (алевролиты) — а, глины (аргиллиты) — г, известково-глинистые илы (мергели) — м, известковые илы (известняки) — и. Этот литодинамический ряд отложений можно записать в виде кодовых слов **кпагми** или **имгапн**, которые составлены из символов, обозначающих типы отложений, и кодируют соответственно возрастание или убывание глубины.

Внизу слева — схематический разрез отложений древних морей. При изменении со временем глубины морского дна углубление или обмеление бассейна кодируется сменой тех же типов отложений в вертикальном разрезе.

Внизу справа — схематический разрез отложений древних морей с залеганием пород, близким к вертикальному. Описывая смену пород в обнажении на суше, геолог как бы принимает дискретный сигнал **пагми** из геологического прошлого. Сопоставляя этот сигнал с кодовыми словами, он может восстановить ход относительных изменений глубины древнего моря.

Довых слов со знаками: $к-(п+а+г+м+и+д)$, $(к+п)-(а+г+м+и+д)$, $(к+п+а)-(г+м+и+д)$, $(к+п+а+г)-(м+и+д)$, $(к+п+а+г+м)-(и+д)$. Эти кодовые слова, имеющие знаки при символах, могут быть использованы в качестве эталонных сигналов для декодирования



В а в е р х у — графики изменения среднего содержания различных типов пород в отложениях Русской платформы: $p+a+g$ — песков, алевроитов и глин (не разделенных геологами в исходном фактическом материале), m — мергелей, i — известняков, d — доломитов. Сопоставляя эти графики друг с другом, геолог выделит эпохи обмеления морей, для которых характерно возрастание содержания мелководных осадков ($p+a+g$) и убывание содержания глубоководных (m, i, d), а также эпохи углубления морей при обратных соотношениях. Более полную информацию можно извлечь, рассматривая эти графики как сигналы, передающие одно и то же сообщение, по-разному искаженное помехами. Подавление помех достигается путем суммирования сигналов по определенным правилам (в частности, содержания мелководных и глубоководных отложений суммируются с противоположными знаками).

В н и з у.

Цветом показан суммарный сигнал $(p+a+g) - (m+i+d)$, передающий сообщение об относи-

тельном изменении средней глубины древних морей на Русской платформе. Крупные этапы углубления и обмеления морей хорошо укладываются в установленные геологами геотектонические циклы, каждый из которых начинался опусканиями земной коры и заканчивался ее поднятиями.

дискретного сигнала $(p+a+g) - (m+i+d)$. Сопоставляя в дискретном сигнале и в каждом из эталонных сигналов знаки при одинаковых символах, т. е. при всех символах, кроме k , видим, что дискретный сигнал совпадает с одним из эталонных сигналов, а именно с четвертым. Известный из математической статистики критерий знаков

позволяет оценить вероятность того, что совпадение знаков не случайно. Эта вероятность оказывается равной 0,875, что считается далеко не надежной величиной.

В словаре кода геологической летописи могут встретиться и другие слова, содержащие символы, которые участвуют в принятом дискретном сигнале. Поэтому при декодировании следует, перебирая словарь кода, искать тот эталонный сигнал, для которого вероятность неслучайного совпадения с дискретным сигналом наибольшая.

Глубина морей геологического прошлого менялась главным образом за счет тектонических поднятий и опусканий, на которые в качестве второстепенного и зависящего от первого фактора накладывались колебания уровня моря. Поэтому выделенный нами полезный сигнал можно рассматривать в первом приближении как график тектонических движений Русской платформы. Наиболее крупные колебания земной коры разделены геологами на ряд геотектонических циклов, начинающихся опусканиями земной коры и заканчивающихся поднятиями. Реконструированные нами, по данным о литологическом составе отложений, колебания Русской платформы укладываются в границы этих геотектонических циклов, что подтверждает правильность выполненного декодирования.

КАРТЫ РЕЛЬЕФА ДНА ФЛИШЕВОГО ТРОГА

До сих пор мы пользовались всего лишь одним словом *кпагм*(и, д), кодирующим изменения глубины моря, и пользовались им для декодирования одномерных сигналов, передающих сообщения о протекании геологических процессов во времени. Но в коде геологической летописи существуют и другие слова, имеющие тот же смысл. Есть и сигналы другого вида, например двумерные, которыми передаются сообщения о событиях, происходивших одновременно в пределах какой-либо области суши или морского дна, и которые могут быть изображены изолиниями на картах.

Познакомимся сначала с некоторыми словами, кодирующими изменения глубины морского дна. В результате гранулометрического анализа осадочных отложений геологи получают выраженное в процентах распределение зерен, составляющих эти отложения, по фракциям различной крупности (например: более 2,5 мм; от 2,5 до 2,0 мм и т. д.). Поскольку с возра-

станием глубины моря размер частиц в осадках уменьшается, то ряд фракций, выделяемых при гранулометрическом анализе, можно рассматривать как слово, кодирующее возрастание глубины моря.

Подвижность минеральных частиц в водной среде зависит не только от их размера, но и от плотности. Среди частиц равного размера более тяжелые оседают на меньших глубинах, чем более легкие. Следовательно, расположив минералы, обнаруженные в какой-либо фракции гранулометрического состава, в порядке убывания удельного веса, получим еще одно слово, кодирующее возрастание глубины. Ряд интересующих нас в этом слове минералов можно представить в виде следующего сокращенного слова: **пирит** (уд. вес 5,2—4,9) **циркон** (уд. вес 4,7) **бурые окислы железа** (уд. вес 4,4—3,6) **анатаз** (уд. вес 3,9) **титанистые минералы** (уд. вес 4,0—3,8) **ставролит** (уд. вес 3,8—3,7) **сфен** (уд. вес 3,7—3,8) **эпидот** (уд. вес 3,4—3,3). В качестве символов кода здесь использованы сами названия минералов.

Не все минералы, однако, укладываются по своему удельному весу в такое слово. Подвижность твердых частиц зависит еще и от их формы, которая приобретает иногда решающую роль. Так, для переноса округлых зерен кварца с удельным весом 2,8—2,5 требуются большие скорости, чем для пластинок слюды с удельным весом 3,2—2,7. Поэтому в слове, кодирующем возрастание глубины моря, более легкий кварц надо поместить впереди слюды. Вместе с тем в отличие от перечисленных выше минералов, содержания которых в осадочных отложениях измеряются долями и единицами процентов, содержания кварца и слюды достигают десятков процентов. При этом между кварцем и слюдой возникает отрицательная связь: слюда, будучи более подвижной, чем кварц, оказывается положительно связанной с более легкими минералами, а кварц приобщается к более тяжелым. В математической статистике это называется ложной корреляцией. Чтобы избежать при кодировании ошибок, связанных с формой частиц, кварц и слюду надо выделить в отдельное слово: **кварц слюда**.

Воспользуемся рассмотренными словами кода геологической летописи для восстановления рельефа дна морского бассейна, существовавшего 80 млн лет назад на месте современного северо-западного окончания Кавказского хребта.

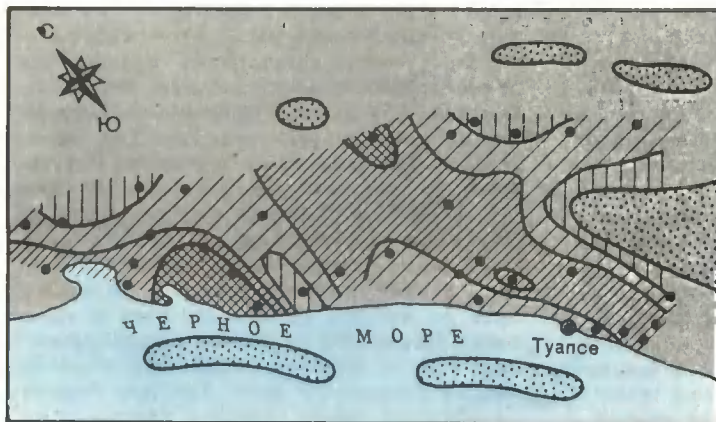
На Кавказе, в Карпатах, Альпах, Гималаях распространены достигающие не-

скольких тысяч метров толщи тонкослойных отложений, которые называют флишем. Наиболее характерная черта флиша — ритмическая повторяемость пород, сменяющихся от более грубозернистых внизу каждого ритма к более тонкозернистым вверх. Толщина ритма измеряется обычно единицами и десятками сантиметров. Флишевые отложения накапливались в узких вытянутых морских геосинклинальных бассейнах, называемых флишевыми трогами, или прогибами.

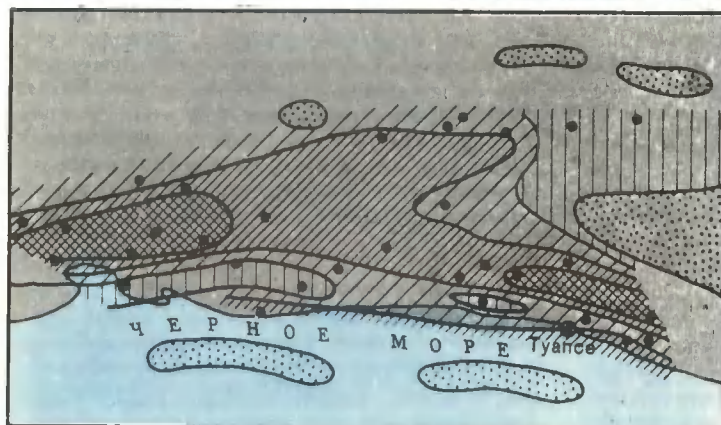
тавлены для двух уровней первого элемента ритма «Аврора», соответствующих основанию и верхней части этого элемента. Каждую такую карту можно рассматривать как двумерный сигнал, к которому применимы все операции приема одномерных сигналов.

Для основания первого элемента ритма нами выделены следующие полезные сигналы:

$$\Pi_1 = (\text{сумма фракций крупнее } 0,2 \text{ мм} + \text{пирит} + \text{циркон}) - (\text{сумма фракций}$$



Карты рельефа дна флишевого трога, существовавшего 80 млн лет назад на месте северо-западного окончания Кавказа. Рельеф дна восстановлен по данным о гранулометрическом, минералогическом и химическом составе проб из основания (внизу) и верхней части (вверху) первого элемента флишевого ритма «Аврора». За время накопления этого слоя осадков, имеющего толщину до 3 м, произошла перестройка рельефа: преобладающее направление возвышенностей и впадин на дне трога изменилось с общего для Кавказа (ЗСЗ — ВЮВ) на субмеридиональное (С—Ю). На этой и следующей картах места взятия проб показаны кружками, предполагаемые древние острова — точечным крапом. Сгущение штриховки указывает на возрастание глубины.



В флишевой толще северо-западного Кавказа среди однообразно повторяющихся ритмов удалось в ряде обнажений идентифицировать ритм мощностью от 0,5 до 3 м, условно названный «Аврора». Для первого элемента этого ритма, представленного известковистым песчанником, составлено около ста карт, изображающих изменение содержаний компонентов гранулометрического, минерального и химического составов. Карты сос-

щий мельче 0,2 мм + бурые окислы + анатаз).

Π_2 = черные рудные минералы — (рутил + титанистые минералы);

для верхней части первого элемента ритма:
 B_1 = (сумма фракций крупнее 0,01 мм + ставролит + сфен + кварц + Mn) — (фракция мельче 0,01 мм + титанистые минералы + эпидот + слюда + Cr + Ni + Co + Cu),

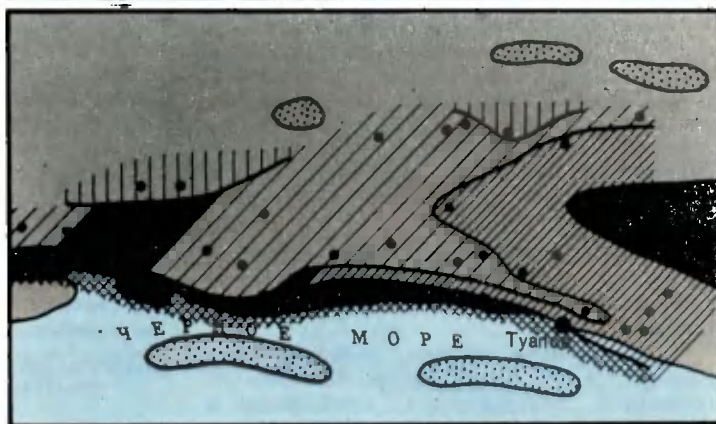
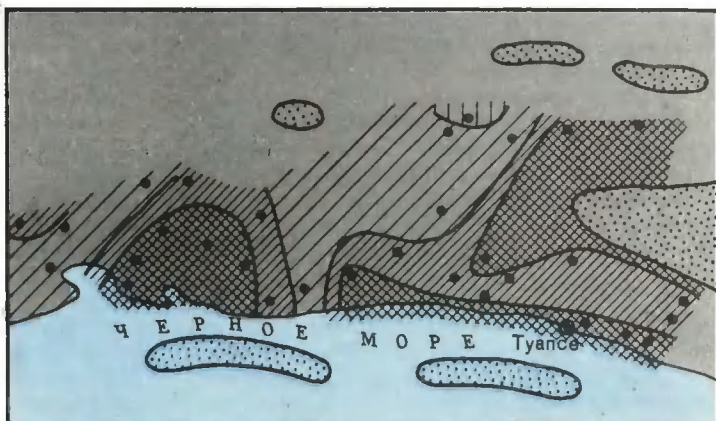
B_2 = (черные рудные минералы +

+бурые окислы+гранаты+ставролит+сумма фракций крупнее 0,063 мм) — (рутил+титанистые минералы + ксенотим + циркон + монацит + анатаз + слюда + фракция мельче 0,063 мм).

Обратимся к сигналам P_1 и B_1 , между которыми, на первый взгляд, не видно никакого сходства. В сигнале P_1 проявляется связь более крупных фракций с более тяжелыми минералами, а более легких фракций с более легкими минералами,

передается сообщение об изменении глубины моря, но только во время накопления верхней части первого элемента ритма. В пользу этого предположения свидетельствует положительная связь относительно крупной гранулометрической фракции с относительно тяжелыми минералами ставролитом и сфеном, а также с кварцем, противостоящим вследствие ложной корреляции слюде, которая, в свою очередь, положительно связана с относительно мелкой фракцией, легким эпидотом и микро-

Карты относительной интенсивности поступления в флишевый трог обломочного материала с древней Черноморской суши, Кавказского острова и с древней Северо-Кавказской суши во время накопления отложений основания (внизу) и верхней части (вверху) первого элемента флишевого ритма «Аврора». Карты построены по данным о минералогическом составе отложений. При сопоставлении этих карт с картами рельефа дна флишевого трога видно, что потоки обломочного материала из той и другой питающей провинции распространялись по впадинам и задерживались подводными грядами.



т. е. та связь, которая должна иметь место при кодировании изменений глубины моря гранулометрическим и минералогическим составом отложений. Следовательно, ничто не противоречит предположению, что сигналом P_1 передается сообщение об изменении глубины моря, или, поскольку сигнал двумерный, сообщение о рельефе дна флишевого трога в начале накопления ритма «Аврора».

Предположим, сигналом B_1 также

элементами, тяготеющими к тонким фракциям осадков. Противоречит нашему предположению то, что в этом сигнале наиболее тяжелые титанистые минералы оказались связанными с тонкой фракцией и с легкими минералами, а марганец, который обычно тяготеет к тонкой фракции, оказался связанным с крупной фракцией.

Отсюда, казалось бы, следует, что предлагаемое декодирование более обосновано для сигнала P_1 , чем для сигнала

V_1 . Однако, если в сигнале P_1 подано, так сказать, 6 голосов и все «за», то в сигнале V_1 подано 13 голосов, из которых 11 «за» и только 2 «против». Применяя математическую меру — критерий знаков, — получаем в обоих случаях очень близкие вероятности (около 0,95) правильности декодирования.

Рассмотрим теперь сигналы P_2 и V_2 . Прежде всего бросается в глаза, что перечень символов в сигнале P_2 является как бы сокращенной версией перечня в сигнале V_2 . Видимо, оба сигнала передают одно и то же сообщение. Изучение состава флишевой толщи северо-западного Кавказа показало, что минералы, заключенные в первых скобках этих сигналов, сносились с древней Северо-Кавказской суши, а заключенные во вторых скобках — с древней Черноморской суши. Связь минерального состава с крупностью зерен в сигнале V_2 можно объяснить тем, что Северо-Кавказская суша была, по-видимому, выше Черноморской, и с нее сносился более крупный материал. Таким образом, сигналами P_2 и V_2 передаются сообщения о соотношении интенсивности поступления в флишевый трог материала, приносимого из двух питающих провинций. Это соотношение зависит от близости к источникам питания и от рельефа дна, поскольку во впадинах состав материала изменяется постепенно, а подводные гряды служат барьерами, вдоль которых резко меняется состав. Сопоставляя ход изолиний, изображающих сигналы P_1 и V_1 , с одной стороны, и соответственно сигналы P_2 и V_2 — с другой, можно проверить, согласуются ли они между собой. Если принять во внимание сравнительно редкую сеть точек наблюдений, то согласованность карт выглядит достаточно убедительной, подтверждающей правильность выполненного декодирования.

Сопоставим теперь полезные сигналы P_1 и V_1 , передающие, если мы их правильно декодировали, сообщение о рельефе дна во время накопления отложенных оснований и верхней части первого элемента флишевого ритма «Аврора». Сравнение этих сигналов в дискретной форме показало, что за время накопления первого элемента ритма произошло погружение дна. Действительно, удельный вес минералов, входящих в сигнал V_1 , меньше, чем входящих в сигнал P_1 , а граница между относительно крупной и мелкой фракциями сдвинута с 0,2 на 0,01 мм. С точки зрения сторонников так называемой осцилляционной гипотезы происхождение

флиша погружение дна объясняется тектоническими колебаниями, проявляющимися в закономерном и многократном изменении глубины бассейна, что и определяет распределение зерен терригенного материала по их размеру и составу.

Из сопоставления тех же сигналов P_1 и V_1 в непрерывной форме, в виде изолиний на картах, оказывается, что за время накопления первого элемента ритма наряду с общим погружением произошла перестройка рельефа в плане. Эта перестройка столь значительна, что ее можно объяснить только тектоническими движениями. Следует заметить, до последнего времени преобладало мнение, что от ритма к ритму план тектонических движений в флишевых прогибах был весьма устойчивым.

Итак, действия, при помощи которых выполняются реконструкции геологического прошлого по данным о составе отложений, могут быть переведены на язык теории передачи информации и затем на математический язык. В результате такого перевода мы получаем строгую последовательность точно определенных операций над числами и символами, которая позволяет в принципе полностью алгоритмизировать и поручить электронно-вычислительной машине восстановление геологического прошлого по данным о составе, свойствах и строении горных пород. Для этого, однако, надо составить словарь кода геологической летописи, собрав в него слова кода, встречающиеся в той или иной форме в геологической литературе. Автоматизация восстановления геологического прошлого позволит не только сэкономить труд высококвалифицированных специалистов, не только получать более определенные и детальные результаты, но и приобретать новое, недоступное ранее, знание.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Девдариани А. С. ПРИЕМ СИГНАЛОВ ИЗ ГЛУБИН ЗЕМЛИ И ЕЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОШЛОГО. М., 1974.

Девдариани А. С. КОД ЛЕТОПИСИ ЗЕМЛИ. М., 1978.

Девдариани А. С. ПРИЕМ СИГНАЛОВ ИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОШЛОГО. — «Природа», 1972, № 2.

Растения — индикаторы кобальтовых руд

Е. П. Захаров,

кандидат геолого-минералогических наук

Г. П. Захарова

Институт минеральных ресурсов

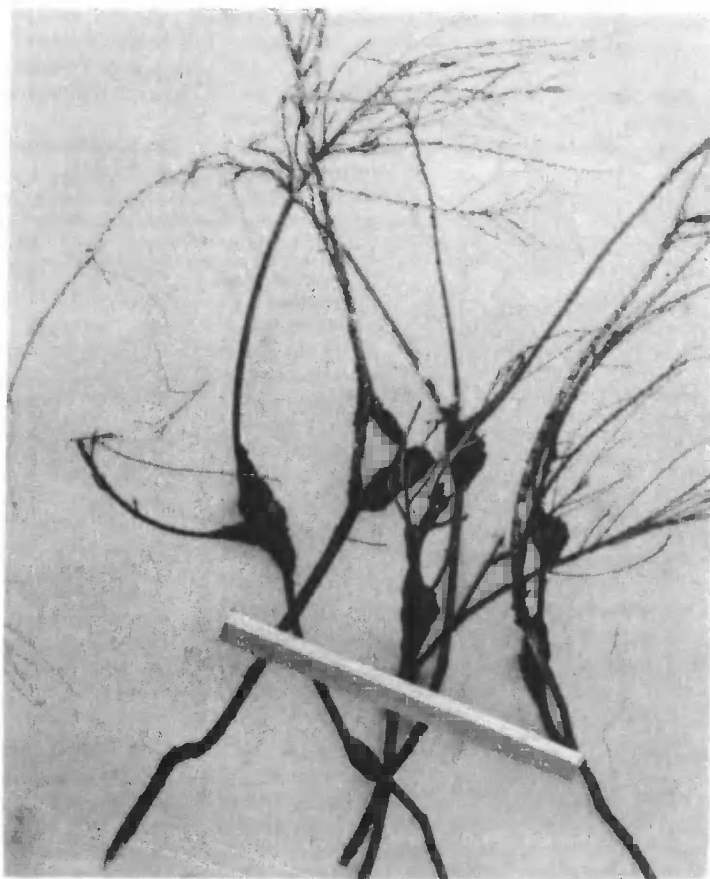
Министерства геологии УССР

Симферополь

Давно подмечено, что некоторые растения селятся в местах, где сконцентрировано избыточное количество химических элементов. Например, в 1961 г. геологи Д. П. Малюга и Н. С. Петрунина обнаружили, что бурачок двусемянной предпочитает жить вблизи выходов на поверхность кобальтовых руд. Мы использовали это свойство бурачка для поисков кобальтовых руд на территории Тувинской АССР и попутно исследовали ареалы этого растения. Оказалось, что при приближении к рудным телам количество экземпляров бурачка увеличивается, при этом уменьшается их высота и среднее расстояние между ними. Над рудными телами на 1 м^2 произрастает от 18 до 250 экземпляров бурачка. На расстоянии 10—15 м на рудных осыпях и отвалах количество бурачков уменьшается до 18—2 на 1 м^2 .

Кроме того, было отмечено, что там, где в кобальтовых рудах повышается содержание меди, появляются и другие характерные растения: кацим, эфедра и арктогерон.

У большинства видов растений, приуроченных к выходам кобальтовых руд в Центральной Туве, зафиксированы болезненные изменения. Так, у видов кустарника караганы, произрастающих вблизи кобальтовых руд, на ветвях и стеблях появляются линзообразные и бочонкообразные вздутия. Бо-



Патологические формы караганы большой.

лезненные формы караганы образуют целые ареалы. В их наростах содержание рудных элементов в 3—10 раз выше, чем в ветвях этих же особей без наростов.

У кизильника, также тяготеющего к выходам кобальтовых руд, размер пластинки листа в 2—4 раза превосходит обычный, а диаметр и высота ствола и ветвей в 3—5 раз больше обычного. На лиственныхниках и березах обследованной

площади иногда наблюдаются десятки шарообразных и линзообразных наростов на стволах и ветвях размером $0,6 \times 0,8 \times 0,4 \text{ м}$.

Поиски кобальтовых руд по болезненным изменениям растений можно проводить круглый год. В зимнее время на фоне снега, при отсутствии листьев и хвои у караганы, лиственницы, берез, очень легко обнаружить патологические изменения. Проведение круглогодичных поисков значительно увеличит эффективность геологопоисковых работ.

Проблемы рационального осушения полесских болот

Е. Г. Петров



Евгений Германович Петров, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории продуктивности и водного режима фитоценозов Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича АН БССР. Занимается изучением роли водного фактора в формировании и продуктивности растительных сообществ.

НОРМА ОСУШЕНИЯ

Мелиоративные работы, предпринятые в последние десятилетия на территории Белорусского Полесья, коренным образом изменили природу этого края¹. В результате осушения и последующего освоения свыше 1 млн га болотистых земель стали плодородными. Однако, как справедливо отметил один из руководителей Международного союза охраны природы Ж. Дорст, неверно считать, будто единственное будущее болот — их систематическое осушение. Во многих случаях болота необходимо сохранять.

Заболоченные зоны играют важную роль регулятора водного режима района, принимая избыток талых вод и осадков во влажные периоды и отдавая их в сухие. В ряде случаев использование болот в их естественном виде целесообразно и экономически. Так, доход от сбора клюквы более чем в 100 раз может превышать стоимость дополнительного прироста древесины в осушенных лесах на верховых болотах. Нужно также учитывать, что осуше-

ние болот неизбежно ведет к исчезновению многих видов животных и растений. Трудно также переоценить эстетическое значение водно-болотных ландшафтов — они меньше других подвергались хозяйственному воздействию и сохранили свою привлекательность. Вот почему вопрос об осушении какой-либо территории должен решаться после всестороннего экономического и экологического анализа.

В настоящее время уже ясно, что вопрос о необходимости осушения болотных лесов на переходных и низинных болотах следует решать через 3—5 лет после осушения сельскохозяйственных угодий, к которым они примыкают. В зависимости от интенсивности осушения уровня грунтовых вод на прилегающих территориях могут понизиться до такой степени, что отпадет необходимость осушения болотных лесов. Если же специалисты пришли к выводу о необходимости осушения какого-либо конкретного участка, предстоит установить один из важнейших параметров мелиоративных работ — необходимую степень снижения уровня грунтовых вод, так называемую норму осушения.

Низкая продуктивность болотной растительности связана не с вредным влиянием самого избытка воды, а с затрудненным поступлением воздуха, необходимо-

¹ Киселев В. Н. Парадоксы мелиорации Белорусского Полесья. — «Природа», 1972, № 12.

го для дыхания корней в почве. Снижение уровня воды освобождает от затопления верхнюю часть почвы и обеспечивает нормальную жизнедеятельность корней. Эффективность осушительной мелиорации определяется тем минимальным снижением уровня воды, который, с одной стороны, оставляет достаточную свободную от затопления зону для обитания корней, а с другой стороны — поддерживает влажность почвы в этой зоне в пределах, благоприятных для растений.

В теории и практике мелиоративных работ предложено несколько способов определения нормы осушения, основанных на учете отдельных факторов: требований культур к условиям увлажнения, типа торфяника, глубины торфа и др. Так, Г. И. Лашкевич (Белорусский научно-исследовательский институт мелиорации и водного хозяйства) на массивах с глубоким (свыше 1—1,5 м) торфом рекомендует поддерживать уровень воды в течение вегетации для многолетних трав на глубине 60—80 см; зерновых и зернобобовых культур — 70—80 см; овощей, кукурузы и конопли — 80—100 см от поверхности почвы. По данным А. И. Иваницкого, на окультуренных болотах с большой глубиной торфа для луговых трав норма осушения должна быть равна 80—95 см, зерновых — 90—110 см, пропашных и овощных культур — 110—130 см. Наша лаборатория в последние годы также занимается эколого-биологическим обоснованием минимального снижения уровня грунтовых вод.

Согласно этим исследованиям², оптимальный уровень грунтовых вод, обеспечивающий бесперебойное снабжение влагой растений — уровень воды, при котором верхняя граница так называемой капиллярной каймы от грунтовых вод достигает поверхности почвы или не опускается ниже слоя, в котором расположена основная масса корней (0—30 см).

Явление капиллярного поднятия воды можно наблюдать, если наполнить почвой стеклянную трубку и один конец ее опустить в сосуд с водой. Через некоторое время почва в трубке выше уровня воды насыщается водой до определенной высоты, в зависимости от типа почвы

(песок, супесь, суглинок, торф), а точнее от размеров почвенных пор-капилляров. Чем меньше диаметр капилляров, тем выше способна подняться вода и обеспечить снабжение растений при более глубоком ее уровне. Высота капиллярного поднятия обычно устанавливается по данным послойного распределения влажности почвы на глубину до уровня грунтовых вод.

Верхняя граница капиллярной каймы соответствует скачкообразному уменьшению влажности на определенном расстоянии от уровня воды. Капиллярное поднятие от зеркала грунтовых вод в песчаных почвах составляет 50—90 см, в супесчаных — 100—120 см, на суглинках — 150—200 см, в торфяных почвах 50—150 см (в зависимости от степени разложения, ботанического состава торфа и др.). В нижней части капиллярной каймы водой заполнены все почвенные поры, в средней — мелкие и средние, а в верхней — только мелкие. В верхней зоне создаются оптимальные условия водно-воздушного питания растений, т. е. при достаточном водоснабжении сохраняется достаточная аэрация — доступ воздуха для дыхания корней. Благоприятным для растений является постоянный оптимальный уровень грунтовых вод. В этом случае растения бесперебойно снабжаются влагой грунтовых вод и их продуктивность не зависит от количества и распределения осадков в течение сезона вегетации. Оптимальные уровни грунтовых вод обеспечивают наивысшую продуктивность всех мезофильных видов растений (т. е. растений с умеренными требованиями к увлажнению почвы), к которым относятся сельскохозяйственные растения, культивируемые в БССР, древесные растения и большинство луговых трав. Представление о различной требовательности отдельных культур к условиям обеспеченности влагой основано на их способности переносить недостаток влаги в различных пределах и соответственно уменьшать потребление воды.

В естественных условиях постоянства уровня грунтовых вод, как правило, не наблюдается. Режим уровня грунтовых вод и ход его изменений во времени формируется под влиянием ряда факторов, как природных, так и созданных искусственно хозяйственной деятельностью человека, в частности при проведении осушительных мелиораций. В годовом ходе уровня грунтовых вод отмечают периоды весеннего подъема и летнего спада. Изменение уровня в сезонном и многолетнем цикле обу-

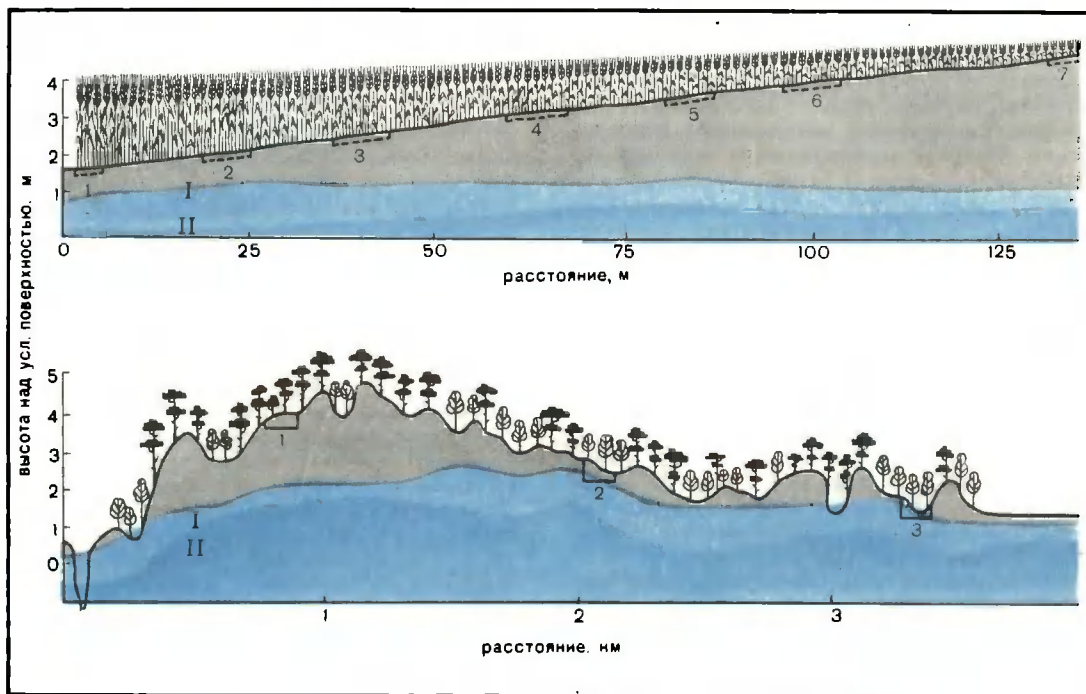
² Смоляк Л. П., Рауцкий В. Г. Эколого-физиологические основы мелиорации почв агрофитоценозов. Минск, 1974; Смоляк Л. П., Петров Е. Г. Водное питание и продуктивность основных фитоценозов. Минск, 1978.

словлено климатическими факторами: интенсивностью испарения, количеством осадков и их внутрисезонным распределением, а также потреблением воды растительностью. Так, грунтовые воды в песчаных почвах Белорусского Полесья весной поднимаются до уровня, располагающегося в 10—20 см от поверхности, а осенью опускаются на 150 см. Колебания уровня грунтовых вод оказывают отрицательное влияние на рост и продуктивность растений. Снижение уровня воды ниже оптимального приводит к соответствующему углубле-

нию верхней границы капиллярной каймы и отрыву ее от верхнего корнеобитаемого слоя почвы.

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Для изучения влияния уровня грунтовых вод и его колебаний на продуктивность лесной, полевой и луговой растительности наша лаборатория провела стационарные комплексные исследования водно-воздушного, теплового и пищевого режи-



Профили участков, на которых проводились исследования зависимости продуктивности растительности от уровня грунтовых вод (I — в апреле, II — в сентябре). Цифрами обозначены номера пробных площадок. Вверху — участок поля с озимой рожью. Наибольший урожай на нем получен в местах, где уровень грунтовых вод близок к оптимальному (площадки 1, 2). Внизу — участок леса с сосново-березовыми насаждениями. Наиболее продуктивные насаждения произрастают на участках профиля, расположенных в понижениях рельефа с уровнем грунтовых вод около 1 м. Большая амплитуда уровня воды колебания отрицательно сказывается на продуктивности леса.

ма почвы в зависимости от глубины залегания грунтовых вод. С этой целью были подобраны полевые, лесные и луговые профили, объединяющие участки с различными высотными отметками поверхности, и в характерных точках рельефа заложены пробные (учетные) площади. Профили выбирались в угодьях, прилегающих к осушенным болотным массивам, поскольку в задачу исследований входило и установление закономерностей влияния мелиорации на продуктивность прилегающих земель. Исследования показали, что наибольшая величина колебаний уровня свойственна участкам, на которых грунтовые воды залегают наиболее близко к поверхности. В случае оптимального (т. е. равно-

го высоте капиллярного поднятия) уровня грунтовых вод во всей толще почвы выше уровня воды (так называемой зоне аэрации) содержится достаточный запас продуктивной влаги, т. е. влаги, доступной для растений. Ее количество определяется путем исключения из общего запаса влаги той его части, которая не может быть использована растениями вследствие прочного сцепления ее с почвенными частицами (влажность завядания).

При залегании грунтовых вод на глу-

Таблица 1

Сравнительная продуктивность некоторых сельскохозяйственных культур на песчаной почве в зависимости от уровня грунтовых вод в относительно сухом 1972 г.

Номер площадки	Уровень грунтовых вод, см.		Относительный урожай, %		
	май	август	озимая рожь	ячмень	люпин
2	119	207	100	100	100
3	141	220	68	51	60
4	185	250	39	40	40
6	262	335	29	30	40

Таблица 2

Продуктивность сосновых насаждений с различным уровнем грунтовых вод

Номер площадки	Растительное сообщество	Уровень грунтовых вод, см		Возраст древостоя, см	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Запас древесины м ³ /га	Бонитет
		май	август					
1	Сосняк мшисто-лишайниковый	320	360	47	16,6	17,0	137	II
2	Сосняк бруснично-черничный	87	142	44	19,5	17,9	347	I ^a
3	Сосняк багульниково-долгомошный	33	135	56	10,3	12,6	108	III

бине 80—100 см от поверхности капиллярное поднятие достигает верхнего наиболее насыщенного корнями слоя 0—30 см, в котором содержится 80—90% корней, и обеспечивает его постоянное увлажнение.

Запасы влаги в слое 0—10 см при близком (90—100 см) расположении грунтовых вод в начале вегетации в 2—3 раза превышают ее запасы в местах с глубоким (более 3 м) залеганием грунтовых вод. В дальнейшем в связи со снижением уровня верхние слои почвы постепенно выходят из зоны грунтового увлажнения и запасы влаги в них соответственно уменьшаются и уравниваются с запасами на территориях с глубокими грунтовыми водами.

Периоды затопления корневых систем и периоды отрыва капиллярной каймы от слоя почвы, где располагаются корни, связаны с сезонными и многолетними колебаниями уровня грунтовых вод. Затопление корней в середине вегетации уже в течение 5—6 дней приводит к их гибели; при отрыве капиллярной каймы от корневых систем водоснабжение растений ухудшается, если одновременно наступает бездождевой период (именно такие условия обычно и складываются в природе, так как снижение уровней грунтовых вод как

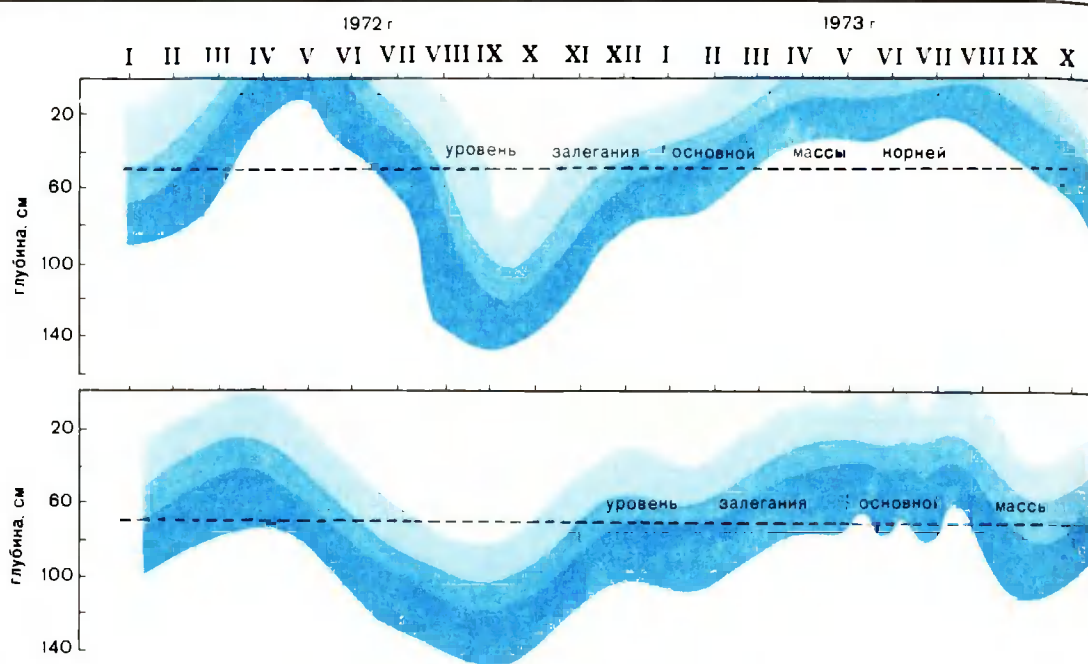
раз и обусловлено дефицитом осадков). Нарастание корневых систем вглубь в насаждениях старше 20 лет не превышает нескольких миллиметров в год, поэтому при значительном опускании капиллярной каймы корни уже не в состоянии достичь ее новой границы.

В табл. 1 приводится урожайность озимой ржи, ячменя и люпина на учетных площадках полевого профиля с различным уровнем грунтовых вод за 1972 г. В том году осадков выпало меньше нормы, и зависимость урожая от обеспеченности растений водой из капиллярной каймы проявилась достаточно четко. На площадке 2, где уровень грунтовых вод был близок к оптимальному, т. е. верхняя грани-

ца капиллярной каймы в течение периода вегетации почти достигала поверхности почвы, продуктивность исследуемых культур была наибольшей. Если принять ее за 100%, то на площадках 3 и 4, 6 с постепенным углублением уровня воды урожайность снижалась на 30—70%. Самые низкие урожаи получены на площадке 6, где уровень грунтовых вод в мае был ниже 2,5 м, и на площадке 4 с уровнем воды ниже 150 см. На этих участках капиллярная кайма вообще не достигала основного слоя обитания корней 0—30 см, и водное

питание растений происходило за счет атмосферных осадков. Такие участки песчаных почв, по-видимому, следует отдавать под выращивание леса, поскольку для получения даже средних урожаев здесь необходимо внесение большого количества удобрений и орошение в сухие годы; эти затраты, как правило, не окупаются.

Так же связаны режим грунтовых вод и продуктивность сосновых насаждений (табл. 2). Наиболее высокопродуктивные сосняки произрастают в понижениях



Динамика уровня грунтовых вод (синяя кривая) и капиллярной каймы (синяя полоса). Вверху — в низко-продуктивном сосняке багульниково-долгомошном с высоким уровнем грунтовых вод и большой амплитудой его колебания. В результате колебания уровня часть корневых систем периодически затопляется и отмирает. В периоды, когда капиллярная кайма отрывается от основной массы корней, сосредоточенной в слое почвы 0—30 см, рост растений ухудшается. Внизу — в высокопродуктивном сосняке бруснично-черничном со средним уровнем грунтовых вод и меньшей амплитудой его колебания. В течение периода наблюдений уровень грунтовых вод был близок к оптимальному: капиллярная кайма достигала поверхности почвы, что обеспечивало бесперебойное водное питание растений.

рельефа, где уровень грунтовых вод поддерживается на глубине около 1 м от поверхности почвы (площадка 2, сосняк бруснично-черничный). Насаждение здесь имеет наибольший запас древесины (347 м³/га) и самый высокий бонитет — 1^а (бонитет — показатель продуктивности насаждений — устанавливается по соотношению средней высоты и возраста деревьев). Отклонение уровня воды от оптимального как в сторону повышения (площадка 3), так и в сторону углубления (площадка 1) приводит к ухудшению продуктивности леса. Изменение глубины залегания уровня грунтовых вод связано с рельефом поверхности почвы.

Снижение продуктивности весьма

существенно выражено в сухие годы, меньше в годы нормального увлажнения и не выражено в годы обильных осадков. Ощутимое снижение продуктивности растений от недостатка влаги наблюдается на легких песчаных и супесчаных почвах, обладающих малой способностью удерживать влагу и не подстилаемых водоупорным суглинком, без суглинистых прослоек.

Практически легкие песчаные почвы пригодны для сельскохозяйственного использования при уровне грунтовых вод в мае — июне не глубже 1,0 м и в авгу-

роль грунтового увлажнения в обеспечении устойчивых урожаев в условиях Полесской низменности чрезвычайно велика.

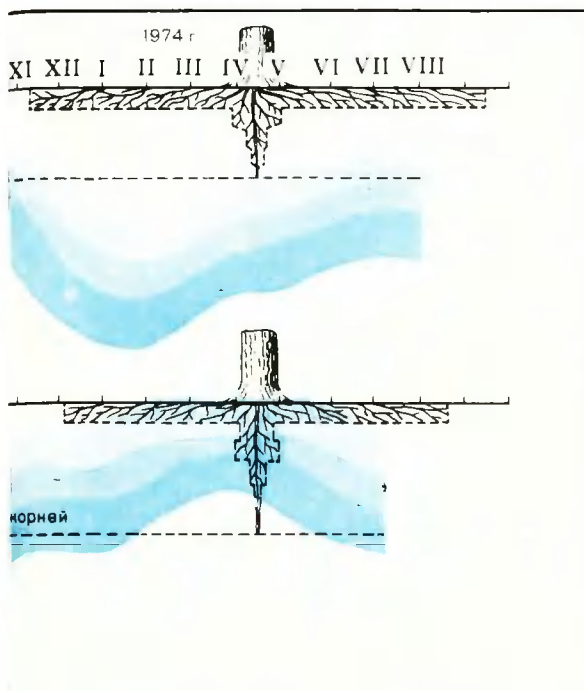
СОХРАНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФЯНИКА

Более низкие нормы осушения, т. е. поддержание уровней грунтовых вод ближе к поверхности, позволяет значительно снизить и потери органического вещества торфяных полей при выращивании сельскохозяйственных культур.

Как правило, осушение и интенсивное использование торфяноболотных почв сопровождаются минерализацией торфа, т. е. процессом разложения органических соединений до углекислоты, воды и простых солей; водной и ветровой эрозией торфа. В 50-е и 60-е годы сооружалась глубокая осушительная сеть, которая сильно понижала грунтовые воды. И чем глубже опускается уровень воды, тем в более мощном горизонте и интенсивнее происходит минерализация торфа.

Ускоренная минерализация органического вещества торфа происходит в результате активизации деятельности почвенных микроорганизмов после снижения уровня грунтовых вод. Улучшение аэрации освобожденного от затопления слоя торфа вызывает бурное развитие микрофлоры в богатом элементами питания субстрате.

Под пропашными культурами убыль торфа составляет ежегодно около 10 т/га, под зерновыми — 5—6, под травами — 2—3 т/га³. Уже сейчас имеются случаи полного исчезновения мелких торфяников и обнажения подстилающей породы, особенно песков. Расчеты показывают, что через 30—50 лет многие торфяники при интенсивном их использовании могут полностью минерализоваться. Такие земли уже непригодны для сельскохозяйственного производства и поэтому передаются в лесное хозяйство. В сущности, единственный наиболее эффективный способ борьбы с минерализацией торфяников и их эрозией — это поддержание достаточно высокого уровня грунтовых вод, препятствующего интенсивному развитию микрофлоры и эрозионных процессов. Следует также проводить минимальную, не столь глубокую обработку торфа, в результате которой происходила бы умеренная его ми-



сте 1,5—2 м. При более глубоком залегании уровней грунтовых вод более рационально использовать эти земли для выращивания леса.

Проблема сохранения водных ресурсов при осушительной мелиорации приобретает особую остроту в связи с тем, что осадки в Полесье выпадают крайне неравномерно как в течение сезона вегетации, так и по годам. Бездождевые и засушливые периоды наблюдаются в Полесье ежегодно: в среднем за теплое время года 2—3 раза продолжительностью 10—15 дней, а один — более 20 дней. В условиях Полесья за теплый период (с температурой выше 0°) выпадает 350—400 мм осадков, а за вегетацию — менее 300 мм. Поэтому

³ Проблемы Полесья, вып. 2. Минск, 1973.

нерализация в размерах, необходимых для обеспечения растений азотом и другими питательными веществами в усваиваемой форме.

Обработка почвы с оставлением стерни, сохранение комковатости ослабляет эрозийные процессы. Наиболее эффективный способ борьбы с ветровой эрозией торфяников — выращивание многолетних злаково-бобовых трав, которые покрывают поверхность торфяной почвы, предотвращая выдувание торфа при его пересыхании в засушливые периоды. Многолетний опыт использования торфяных почв показал, что для успешной борьбы с пыльными бурями следует создавать полосы древесной растительности. Эти полосы, правильно ориентированные по отношению к господствующим ветрам, защищают посевы культурных растений от выдувания и заноса их торфяной пылью.

Чтобы рационально использовать мелиорированные земли с сохранением на очень длительный период плодородия торфяных почв, следует правильно размещать угодья в соответствии с природными условиями. Пониженные элементы рельефа, в поймах рек, на площадях с мелкой залежью торфа и на заболоченных землях, пригодны для выращивания многолетних трав, т. е. для лугопастбищного хозяйства.

ПРОДУКТИВНОСТЬ УГОДИЙ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К ОСУШАЕМЫМ ЗЕМЛЯМ

Грунтовые воды различных участков представляют собой единую систему, и снижение их на одном каком-либо участке неизбежно приводит к соответствующим изменениям уровней на смежных территориях. Они обусловлены комплексом факторов, значение которых в каждом конкретном случае различно: интенсивность и давность мелиорации; характер (открытые каналы, дренаж, двустороннее регулирование); геоморфологическое строение осушаемого болота (тип торфяной залежи, связь с более глубокими водами); сложение вмещающих воду пород, их проницаемость, уклон зеркала грунтовых вод, атмосферные осадки и др. Тем не менее, если ориентироваться на выводы, полученные в условиях Полесской низменности, практически ощутимое для жизнедеятельности растений снижение уровня грунтовых вод в наиболее распространенных в Белорусском Полесье песчаных почвах происходит на расстоянии до 2 км от осушенных массивов при условии непосредственного

прилегания суходолов к осушительной сети⁴; средней интенсивности мелиорации и давности ее не менее 5—10 лет.

При установлении реакции сельскохозяйственных культур на снижение уровня грунтовых вод необходимо учитывать также их биологические особенности. Одни растения (травы, овес) способны без ощутимого снижения продуктивности переносить определенное время некоторый недостаток кислорода при более высоком уровне грунтовых вод; другие (ячмень, пшеница, кукуруза) без заметного ущерба переносят некоторый недостаток влаги в почве. Поэтому эффект снижения уровня грунтовых вод по отношению к оптимальному для различных культур будет неоднозначен. В самом общем случае, при снижении уровня на 0,5—1 м урожай сельскохозяйственных культур снижается на 40—50 % и более на песчаных почвах и на 10—30 % на супесях и суглинках в сравнительно сухие и нормальные по увлажнению годы (при одинаковом уровне агротехники и удобрения почвы). Следует иметь в виду, что эффективность удобрения почвы при недостатке влаги незначительна, поскольку растения потребляют питательные вещества только из почвенных растворов.

Луговая растительность приспособлена к условиям высокой влажности почв. Луга расположены в самых низких местах — в заболоченных поймах крупных и малых рек, озер, на минеральных почвах с высоким уровнем грунтовых вод (летом на глубине от 50 до 120 см). Поэтому снижение уровня грунтовых вод сильнее всего влияет именно на луговые угодья, которые, как правило, сами являются объектами мелиорации; поэтому луговых угодий, прилегающих к осушенным массивам, не существует — условно сюда входят лишь земли, используемые под выгоны и пастбища.

Видовой состав и продуктивность лугов очень четко связаны с водным режимом почвы — динамикой уровня грунтовых вод, высотой и продолжительностью весеннего затопления. В зависимости от этих показателей различают несколько типов лугов, по их качеству и продуктивности.

Во всех случаях снижение уровня грунтовых вод, высоты и продолжительно-

⁴ Комплексные экспериментальные исследования ландшафтов Белоруссии. Минск, 1973.

сти затопления вызывает деградацию лугов. Так, уменьшение высоты и продолжительности затопления приводит к падению продуктивности заливных лугов, которые до осушения поймы и спрямления русел рек ежегодно заливались весенними паводковыми водами, приносящими большое количество ила — мельчайших почвенных частиц, основы плодородия почвы. Особенно быстро деградация лугов происходит на песчаных и торфяных почвах; на суглинистых почвах вследствие их большей способности удерживать влагу обильные осадки могут замедлить процесс деградации. Луга на песчаных и супесчаных почвах при снижении уровня грунтовых вод ниже 1,0 м и снятии весеннего затопления целесообразно превращать в лесные угодья.

При оценке изменения продуктивности лесных угодий в связи с изменением водного режима территорий, прилегающих к осушаемым болотным массивам, следует прежде всего иметь в виду исходный уровень грунтовых вод. Однако древесные растения обладают и значительной устойчивостью к изменению гидрологического режима, так как их мощная хорошо развитая корневая система способна в большой степени использовать влагу — атмосферных осадков, а ствол — накапливать воду в благоприятные периоды года. Поэтому древесные растения переносят засушливые периоды или снижение уровня воды с минимальными потерями прироста. В лесных насаждениях, занимающих места с уровнем грунтовых вод в мае ниже 3 м, понижение уровня не оказывает влияния на их продуктивность, поскольку водное питание осуществляется за счет атмосферных осадков.

При более близком залегании уровня грунтовых вод (2—3 м) снижение его на 0,5—1,0 м и более приводит к временному снижению продуктивности сосновых насаждений на 10—15%, т. е. в пределах точности исследований.

В местах с первоначальным уровнем грунтовых вод в мае 100—150 см при той же степени снижения уровня может произойти отрыв капиллярной каймы от основного слоя обитания корней. В результате корневые системы лишаются грунтового водного питания, прирост насаждений снижается на 20—25%. На песчаных почвах это снижение может быть необратимым, а на супесчаных и суглинистых возможно восстановление прироста после стабилизации уровня, так как для этих почв уровень грунтовых вод порядка 150—

200 см не выходит за пределы оптимального. При исходном уровне грунтовых вод в мае 50—70 см и снижении его на 0,5—1,0 м продуктивность леса на песчаных почвах также сильно снижается.

Изменение гидрологического режима в наибольшей степени сказывается на продуктивности насаждений в сухие и засушливые годы, когда снижение уровня грунтовых вод в результате мелиорации усугубляется естественным падением уровня и недостаточным количеством осадков.

Снижение уровня грунтовых вод менее чем на 0,5 м почти во всех случаях не вызывает ощутимого и устойчивого снижения продуктивности насаждений.

Наиболее эффективный способ поддержания уровня грунтовых вод — регулирование его шлюзами на реках и каналах, хорошие результаты дают шлюзы-регуляторы на собирательных и осушительных канавах.

Всесторонний учет возможных отрицательных последствий изменения гидрологического режима больших территорий в результате мелиорации — необходимое условие рационального использования земель и обеспечения их максимальной продуктивности при максимальном сохранении природных ландшафтов.

Конечно не все вопросы мелиорации полесских болот уже решены. Сейчас ставится вопрос об орошении торфяников в маловодные годы и бездождевые периоды. Предстоит разработать научные основы поливного земледелия с учетом особенностей почвенного покрова, гидрологии и основных направлений ведения сельского хозяйства на территории Полесской низменности.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Бисвас А. К. ЧЕЛОВЕК И ВОДА. Л., 1975.
Дорст Ж. ДО ТОГО, КАК УМРЕТ ПРИРОДА. М., 1968.
Ленькова А. ОСКАЛЬПИРОВАННАЯ ЗЕМЛЯ. М., 1971.
Одум Е. ЭКОЛОГИЯ. М., 1968.
Паламарчук А. С., Жарков И. В. и др. БЕЛО-РУССКОЕ ПОЛЕСЬЕ. Минск, 1973.

Газы в металлах: тенденции современного анализа

Л. Л. Кунин, О. К. Тимонина



Лев Лазаревич Кунин, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией определения газообразующих примесей Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР. Основные научные интересы связаны с определением газов в металлах. Автор монографий: Определение кислорода, углерода, азота и водорода в щелочных и щелочноземельных металлах (в соавторстве с Маликовой Е. Д. и Чапыжниковым Б. А.), М., 1972; Проблемы дегазации металлов (в соавторстве с Головиным А. М., Суровым Ю. Н., Хохриным В. М.), М., 1972; Определение газов в металлах (в соавторстве с Вассерманом А. М., Суровым Ю. Н.), М., 1976.



Ольга Константиновна Тимонина, младший научный сотрудник того же института. Основные научные интересы связаны с физикой металлов.

ГАЗООБРАЗУЮЩИЕ ПРИМЕСИ В МЕТАЛЛЕ

Металл даже после самой тщательной очистки не свободен от газообразующих примесей — примесей, способных образовывать в металле при определенных условиях газовые пузыри. К газообразующим примесям относят не только кислород, водород, азот, но и углерод, серу.

Газообразующие примеси присутствуют в металле в различных формах. Сначала газы, адсорбируясь на поверхности металла, образуют поверхностный раствор. Затем атомы газообразующей примеси диффундируют в объем металла.

После этого они образуют твердый раствор в металле, т. е. статистически равномерно распределяются по кристаллической решетке металла, занимая в ней определенные позиции — междоузлия (в узлах кристаллической решетки находятся атомы металла). И наконец, часть примесей скапливается на дефектах кристаллической структуры металла, образуя сегрегации, или «облака».

Кроме того, при определенных условиях в металле образуются включения так называемых избыточных фаз — включения окислов, карбидов, нитридов, гидридов, или просто газовые пузыри. Для их образования необходимо, чтобы при заданной тем-

пературе величина парциальных давлений газов превышала равновесные над образовавшимся твердым раствором, а содержание газообразующей примеси в растворе было больше предела растворимости. Выделяясь из твердого раствора, включения могут в зависимости от условий или равномерно распределяться по зерну металла (кristаллу определенной ориентации), или скапливаться на границах зерен.

Таким образом, газообразующие примеси в металле могут находиться в четырех различных формах: в твердом растворе внедрения, в скоплениях на дефектах решетки металла, во включениях, в виде пузырей газа.

Тот факт, что газообразующие примеси существенно влияют на свойства металлов, известен еще с конца прошлого века. Давно существуют и различные методы определения общего содержания этих примесей в металле. Методы постоянно совершенствуются и развиваются: повышается их точность, предел обнаружения, расширяется область исследования. Однако с бурным развитием новых отраслей промышленности резко возросли требования к металлам. По мере изучения их свойств все очевидней становилось, что поведение металлов при эксплуатации во многом определяется не только общим содержанием газообразующих примесей в металле, но и формой их нахождения.

Выяснилось, например, что жаропрочность сталей существенно зависит от формы и места нахождения в сплавах включений карбидов и нитридов, условий их растворения и выделения при изменении температуры.

Проблема хрупкости — неожиданного разрушения металла без предварительной пластической деформации (деформации, вызывающей изменение размеров и формы металла) — до настоящего времени является одной из основных в металловедении. Особенно интересна водородная хрупкость металлов, связанная с местом, формой нахождения водорода в сплаве и его количественным содержанием в той или иной форме.

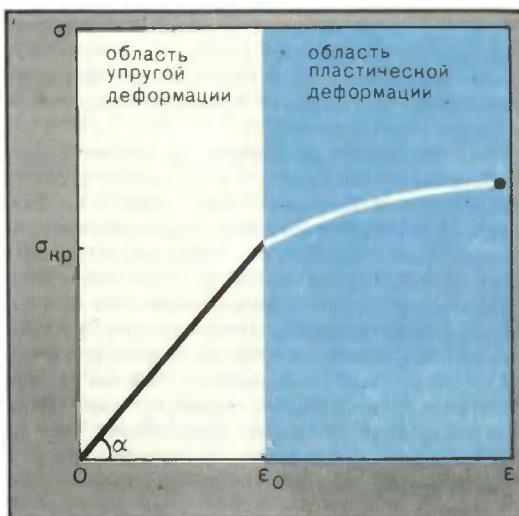
Для успешного решения этих и других задач все очевидней становилась необходимость разработки надежных методов определения не только общего содержания, но и формы и места нахождения газообразующих примесей в металлах.

Прежде чем обсуждать методы определения количества и формы нахождения этих примесей, попытаемся кратко обобщить многочисленные разрозненные

сведения об их влиянии на свойства металлов. Как мы увидим, возможно решение обратной задачи: в некоторых случаях, изучая определенное свойство металла, можно определить форму и содержание той или иной примеси.

ИЗУЧЕНИЕ ПРИМЕСИ, НАХОДЯЩЕЙСЯ В ТВЕРДОМ РАСТВОРЕ

Углерод, водород, азот и кислород, растворяясь в металле, искажают параметры его решетки и изменяют плотность ме-



Зависимость деформации ϵ от напряжения σ . В работах по механике сплошных сред принято обратное расположение осей координат.) До критического напряжения сдвига $\sigma_{кр}$ деформация пропорциональна напряжению. Это область упругой деформации. Здесь нет остаточной деформации после снятия нагрузки: деформация обратима. При $\sigma_{кр}$ начинается интенсивное размножение и движение дислокаций — линейных нарушений кристаллической решетки металла, вытянутых преимущественно в одном направлении. Это область пластической деформации (показана цветом). Здесь происходят необратимые изменения в металле. Обрыв кривой — точка разрыва образца. Коэффициент пропорциональности $\mu = \sigma/\epsilon$ называется модулем упругости, или модулем сдвига.

талла. Кроме того, внедренные атомы обычно выступают в роли доноров электронов. В результате изменяются распределение электронов в металле и их энергетический спектр. Поэтому поведение металла в электрическом поле меняется. В магнитном поле газообразующие примеси снижают подвижность границ доменов (областей с одинаковой ориентацией магнитных моментов электронов). И наконец, в

местах внедрения атома примеси возникают механические напряжения.

Однако измерения электрических и магнитных характеристик дают лишь обобщенные данные о присутствии дефектов и примесей и пока не могут рассматриваться как аналитические методы определения водорода, кислорода, азота и углерода в форме твердого раствора.

Хорошо известно, что металлы, находящиеся под нагрузкой, т. е. под напряжением, деформируются. До критического напряжения сдвига ($\sigma_{кр}$) деформация (ϵ) пропорциональна напряжению. При $\sigma_{кр}$ начинается интенсивное размножение и движение дислокаций — линейных нарушений кристаллической решетки металла, вытянутых преимущественно в одном направлении.

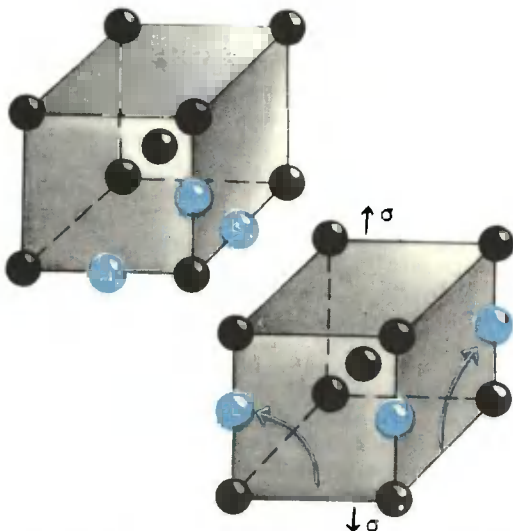
Измеряя деформацию металла при постоянной нагрузке, можно заметить, что с течением времени она меняется. Возрастающая со временем пластическая деформация металлов, находящихся под нагрузкой, проявляется в виде так называемой ползучести. Выяснилось, что при напряжениях меньше критического в условиях обычных и низких температур заметная ползучесть возникает только в тех металлах, в которых присутствуют газообразующие примеси. Вызывается она не движением дислокаций, а, как мы увидим, движением атомов газообразующей примеси.

При циклической нагрузке металлов с газообразующей примесью из-за обратной ползучести происходит отставание деформации по фазе от напряжения. Последний эффект может быть в определенных условиях использован для определения содержания газообразующих примесей в различных формах нахождения, в частности в форме твердого раствора в металле.

Такое же отставание деформации от напряжения наблюдается и при изучении внутреннего трения металлов — процесса рассеяния упругой энергии колебаний, созданных искусственно в твердом теле. В качестве меры внутреннего трения принимают отношение энергии, рассеянной в металле за один период колебаний, к максимальной энергии, рассеянной за период в том же объеме.

Существует много механизмов, обуславливающих внутреннее трение в металлах. Однако для нас представляет интерес только внутреннее трение, связанное, как и обратимая ползучесть, с перемещением атомов газообразующих примесей в твердом растворе металла.

При отсутствии напряжения атомы примеси статистически равномерно распределены по междоузлиям в решетке металла. Если приложена, например, растягивающая нагрузка, то предпочтительными для внедрения становятся междоузлия в направлении растяжения. И атомы примеси перемещаются именно в эти междоузлия для восстановления равновесия в решетке. После снятия напряжения статистически равномерное распределение внедренных атомов в твердом растворе восстанавливается. При обратном перемещении ато-



Предпочтительные положения внедренных атомов (показаны цветом) в объемно-центрированной кубической решетке металла: слева — при отсутствии напряжений, справа — под воздействием растягивающего напряжения в вертикальном направлении.

мов за счет релаксации и происходит рассеяние упругой энергии.

Скорость перехода атома примеси в новое положение при малых степенях деформации не зависит от амплитуды деформации и определяется только подвижностью (релаксацией) данного атома. Эта скорость определяется временем, необходимым для перехода атома из одного равновесного положения в другое. При заданной частоте колебаний приложенного напряжения существует определенная температура, при которой происходит релаксация атомов данного сорта (азота, кислорода, углерода или водорода). Поэтому зависимость внутреннего трения от температуры имеет форму пика. Зная температуру пика и соответствующую ей вели-

чину внутреннего трения, можно определить, какая именно примесь в твердом растворе ответственна за данную релаксацию и каково ее количество¹. Высота пика пропорциональна концентрации газообразующей примеси в твердом растворе при перераспределении одиночных атомов и квадрату концентрации при перераспределении пар атомов примеси.

Кроме того, измерение внутреннего трения дает возможность надежно определять растворимость примеси внедрения. Часто именно разность между реальным содержанием примеси и ее предельной растворимостью определяет поведение сплава в условиях эксплуатации.

Однако для определения количества газообразующей примеси в твердом растворе метод внутреннего трения пока еще не имеет широкого распространения из-за возможного наложения пиков, близко расположенных по температуре. Это ведет к осложнениям при расшифровке экспериментальных данных и необходимости применения ЭВМ. И все-таки, разработав соответствующие методики анализа, можно надеяться, что метод окажется весьма перспективным, особенно в тех случаях, когда концентрация примесей в твердом растворе мала.

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОПЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ НА ДИСЛОКАЦИЯХ

Теоретические основы взаимодействия атомов примесей с дислокациями были заложены в 50-х — 60-х годах. Однако экспериментальное изучение этих вопросов в конкретных случаях продолжается и по сей день.

Известно, что плотность дислокаций в металле весьма велика. Атомы примеси, находящиеся в металле, неизбежно притягиваются к дислокациям. Объясняется это тем, что поле напряжений вокруг дислокации может частично уничтожаться или компенсироваться полем напряжений вокруг примесных атомов. Поэтому часть атомов всегда скапливается на дислокациях. Энергия этого взаимодействия равна:

$$U = 4\mu |r_l - r| \cdot b^2/rR,$$

где r_l и r — радиусы атомов примеси и металла соответственно; R — расстояние от атома примеси до дислокации; μ — модуль сдвига, b — вектор Бюргерса, определяющий направление и величину сме-

щения правильной кристаллической решетки металла в области, занимаемой дислокацией.

Ясно, что чем больше разница между r_l и r , тем больше энергия взаимодействия. Избыток атомов примеси около дислокации называют облаком Коттрелла — по имени одного из основоположников теории дислокаций. Облака закрепляют дислокации и уменьшают их подвижность.

Взаимодействие газообразующих примесей с дислокациями существенно влияет на механические свойства металлов и сплавов. Часто при испытании сталей с относительно высоким содержанием газообразующих примесей, особенно N и C, на кривой напряжение — деформация возникает так называемый зуб текучести. Вместо одного предела текучести появляются два: верхний и нижний (σ_u и σ_n).

Предел текучести, в сущности, то же самое, что и критическое напряжение сдвига. Он отличается от последнего тем, что после предела текучести на кривой напряжение — деформация появляется площадка текучести. Металл деформируется без увеличения напряжения, как бы течет.

Существование «зуба» объясняется именно скоплением примесей на дислокациях. Чем больше дислокации закреплены атомами примеси, тем выше «зуб» текучести, т. е. тем больше σ_u . Нижний предел текучести σ_n — результат отрыва дислокаций от облаков. После отрыва дислокации могут двигаться без увеличения напряжения и появляется площадка текучести.

Хрупкое разрушение металлов (неожиданное разрушение без предварительной пластической деформации) тоже в значительной степени определяется описанным взаимодействием. Г. Коттрелл в своей дислокационной теории оценил условия, при которых наступает хрупкое разрушение, следующим выражением:

$$\sigma_t k_y d^{1/2} \geq \beta \mu \gamma,$$

где σ_t — предел текучести; μ — модуль сдвига; γ — поверхностная энергия кристалла; d — размер зерен металла; β — коэффициент концентрации напряжений, зависящий от вида приложенного напряжения; $k_y = \sigma_l^{1/2}$, где l — расстояние между источниками дислокаций, которыми могут служить дислокации, закрепленные в двух точках, σ_n — напряжение освобождения дислокаций от примесей (нижний предел текучести).

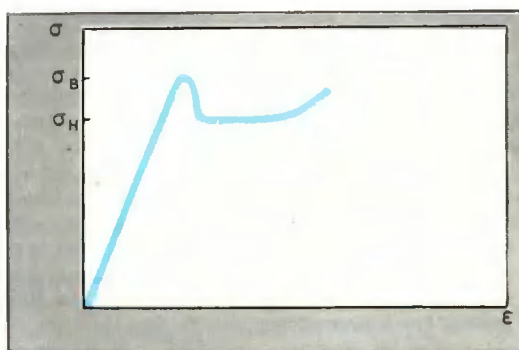
Отсюда ясно, что рост σ_n за счет закрепления дислокаций примесными ато-

¹ Подробнее об этом см.: Кумин Л. Л., Авеличева О. К. В сб.: Успехи аналитической химии, М., 1974.

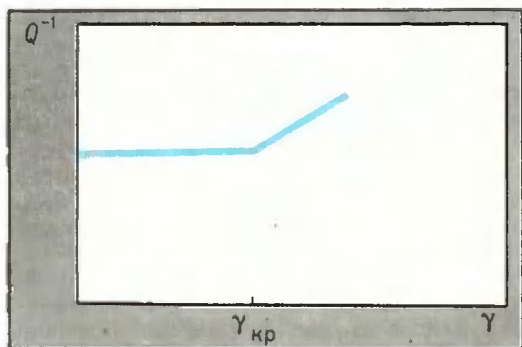
мами увеличивает склонность металлов к хрупкому разрушению.

Из сказанного следует, что, изучая причины хрупкости металлов, высокотемпературной ползучести и т. д., создавая металлы с заданными механическими свойствами, нельзя обойтись без учета скопления примесей на дислокациях. Поэтому в тех случаях, когда не известна энергия взаимодействия дислокаций с той или иной примесью, недостаточно знать общее содержание примеси в объеме металла.

Для оценки взаимодействия газо-



«Зуб текучести» на кривой напряжение — деформация. Вместо одного предела текучести появляются два: верхний σ_v и нижний σ_n . Существование «зуба» объясняется скоплением примесей на дислокациях («облако Коттрелла»). Чем больше закреплены примеси атомами, тем выше «зуб текучести», т. е. тем больше σ_v . Нижний предел текучести — результат отрыва дислокаций от облаков. После отрыва дислокации могут двигаться без увеличения напряжения и появляется площадка текучести.



Зависимость внутреннего трения (Q^{-1} [потери энергии на рассеяние колебаний за один период колебаний]) от амплитуды деформации γ . Знание величины критической амплитуды деформации $\gamma_{кр}$ необходимо для определения концентрации примесных атомов около дислокаций.

образующих примесей с дислокациями изучают зависимость внутреннего трения (потери энергии на рассеяние колебаний за один период колебаний) от амплитуды периодической деформации. Существует амплитудно-независимое и амплитудно-зависимое внутреннее трение. Амплитудно-независимое внутреннее трение связано с процессами, обусловленными существованием внедренных атомов или групп атомов. Рассеяние энергии происходит в связи с перемещением элементов внедрения под действием нагрузки. Амплитудно-независимое внутреннее трение возникает при дальнейшем увеличении напряжения и связано с отрывом дислокаций от атомов примеси. По величине критической амплитуды деформации $\gamma_{кр}$, при которой происходит переход от амплитудно-независимого внутреннего трения к амплитудно-зависимому, и по величине свободной энергии отрыва дислокаций от атомов примеси ΔG можно определить концентрацию примесных атомов около дислокаций:

$$C = \gamma_{кр} b^2 / \Delta G.$$

Кроме пиков, о которых говорилось ранее, связанных с релаксацией атомов примеси в твердом растворе металла, существует и другой пик. Его можно наблюдать, если металл подвергнуть значительной деформации (например, прокатать), а затем изучать зависимость внутреннего трения от температуры. Существование этого пика связано с взаимодействием атомов примеси с дислокациями. Высота пика пропорциональна количеству атомов примеси около дислокаций. Этот так называемый деформационный пик можно использовать для определения количества атомов примеси, насыщающих дислокации или способных к взаимодействию с ними. Для такого определения необходима разработка соответствующих методик.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВКЛЮЧЕНИЙ

Если в металлической основе — матрице — равномерно распределены мелкие частицы избыточной фазы — выделений, — то сплав обычно обладает значительно большей прочностью, чем чистый металл. Длительная прочность таких сплавов, т. е. время до разрушения металла, находящегося под нагрузкой, тоже гораздо выше, чем у чистых металлов. В основном это объясняется появлением напряжений в матрице, вызванных некоторым несопря-

жением решеток включений и матрицы металла.

Поскольку выделения избыточной фазы могут носить не равномерный характер, а находиться преимущественно на границах зерен металла, то они способны и снижать прочностные характеристики металлов и сплавов. При этом ослабляются границы зерен и происходит межзеренное разрушение при нагружении металла.

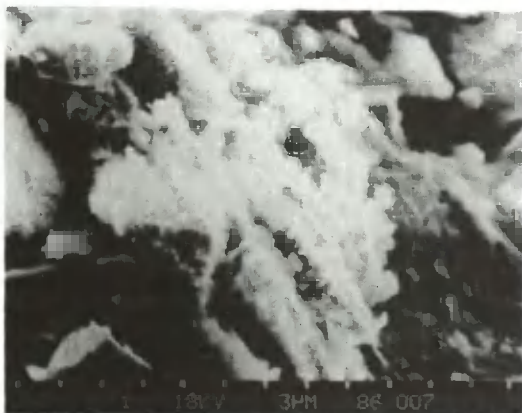
Таким образом, газообразующие примеси, находящиеся в металле в виде избыточной фазы, существенно влияют на механические характеристики, проявляющиеся при нагружении металлов и сплавов.

При приложении к металлу напряжения или при повышении температуры дислокации начинают двигаться в кристалле. Встретив на своем пути частицу избыточной фазы, дислокации должны или пройти через нее, или, выгибаясь между частицами, сомкнуться за ними, образовав вокруг частиц петли дислокаций. Эти петли создают дополнительные напряжения, которые необходимо преодолеть следующей движущейся дислокацией. Таким образом, чтобы началась пластическая деформация сплава, необходимо увеличить напряжение, вызванное скоплением дислокаций вокруг частицы или перед ней. Напряжение должно достичь значения, при котором происходит разрушение или пластическая деформация самой частицы. Таков механизм повышения предела текучести частицами избыточной фазы.

Однако область вокруг включения в образце может быть тем критическим объемом, где концентрация напряжений способна вызвать пластическую деформацию, хотя во всем объеме металла деформация упругая. Это обстоятельство обуславливает такое важное свойство металлов, как усталость — разрушение металла в результате действия циклических нагрузок (например, вибрации). Разрушение произойдет при таком числе циклов, когда сумма упругой и пластической деформации в критическом объеме около включения будет соответствовать напряжению, равному статическому разрушающему.

Кроме того, включения могут вызвать хрупкое разрушение, увеличивая предел текучести.

Свойство дисперсионных частиц повышать предел текучести сплавов и вызывать деформационное упрочнение используется, в частности, в алюминиевой промышленности при получении сплавов САП (спеченый алюминиевый порошок). Части-



Вскрытая межфазовая граница (межзеренный излом) железо-никелевого сплава: вверху — частицы оксидов алюминия, кремния, хрома; в середине — частицы фосфидов, сульфидов, оксидов алюминия, кремния. Расстояние между делениями — 3 мкм; внизу — в центре ядра частица выделившегося хромита (FeCr_2O_4), мелкие включения — фосфиды. Расстояние между делениями — 10 мкм. Изображение получено на сканирующем электронном микроскопе Стереоскан-180.



Равномерные выделения частиц избыточной фазы (нитридов) в хром-алюминиевом сплаве (увеличено в 300 раз).

цы окиси алюминия спекаются с алюминиевой матрицей или впрессовываются в нее.

Однако те же включения окиси алюминия доставляют много хлопот при выплавке алюминиевых сплавов. Объясняется это существованием водородных оболочек у включений. Возникают несплошности, пористость: в результате снижается и прочность, и пластичность.

Из сказанного очевидно, что необходимо знать не только общее содержание газообразующих примесей в металле, но и их количество, форму и размер частиц избыточных фаз.

С появлением электронной микроскопии стало проще определять форму и место выделения включений. Созданы автоматические устройства, позволяющие быстро подсчитывать число включений на шлифе и получать результаты, пересчитанные на содержание кислорода и азота.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ

В последние годы все очевидней выявляется факт неравномерного распределения газообразующих примесей в многофазных сплавах или даже внутри одной из фаз металла (вблизи включений, границ зерен и т. д.).

Метод сканирующей электронной микроскопии позволяет изучать распреде-

ление элементов по фазам на шлифе образца металла. Этот метод разработан сравнительно давно — в начале 50-х годов. Однако его применение в анализе легких элементов, к которым относятся и газообразующие, стало возможным буквально несколько лет назад и пока еще крайне ограничено из-за технических трудностей и дорогостоящего сложного оборудования. Кроме того, метод сканирующей электронной микроскопии не позволяет изучать распределение водорода в металлах, что необходимо для установления причин водородной хрупкости.

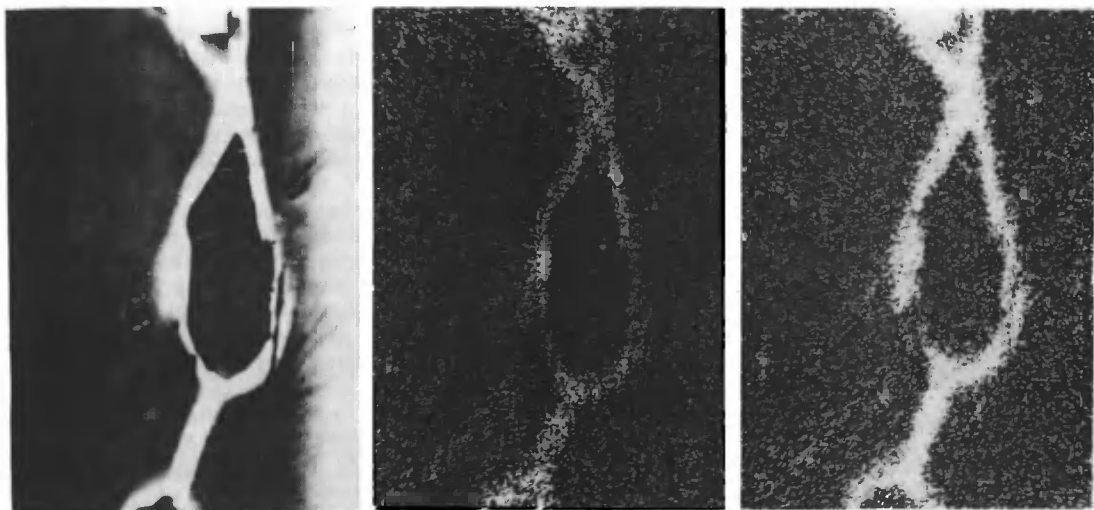
Требовалось разработать метод, позволяющий исследовать распределение любых газообразующих примесей, и особенно водорода, на любом заданном микроучастке образца. Метод должен был давать возможность оценивать размер образца, отобранного для анализа. Кроме того, было необходимо получать данные о содержании газообразующих примесей в любом проанализированном микроучастке. Такие возможности появились при использовании масс-спектрометрического метода анализа с отбором проб вещества, расплавляемого и испаряемого лазерным лучом².

Этот метод разработан в Институте геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР. Там же была создана установка, позволяющая анализировать металлы, пленочные материалы, покрытия, изучать распределение газообразующих примесей между различными фазами металла, в матрице, вокруг включений, вблизи границы металл-покрытие.

Используя этот метод, можно с пределом обнаружения 10^{-3} — $10^{-4}\%$ производить определения целого ряда компонентов газовой смеси, выделенной из образца после воздействия лазерным лучом, и получать не только качественные, но и количественные характеристики распределений. Следует отметить, что другими методами невозможно стабильно отобрать одинаковые пробы металла и проанализировать столь малые микрообъемы. Кроме того, это единственный метод, позволяющий изучать локальное (в микрообъемах) распределение водорода.

Область на шлифе, необходимая для

² Подробнее об этом см.: Зуев Б. К., Кулаков Ю. А., Кунин Л. Л. и др. Разработка лазерного масс-спектрометрического метода для исследования распределения водорода в хромированных сталях. — «Заводская лаборатория», 1977, т. 43, № 4.



Распределение кислорода и углерода вблизи фосфидного включения на границе раздела фаз, полученное на микроанализаторе Camebax-62: слева — изображение включения на границе, полученное в отраженных электронах (увеличение в 950 раз), в середине — то же в излучении углерода, справа — то же в излучении кислорода. Максимум точек в местах, обогащенных примесью.

теоритах и во многих других объектах. Полученные данные позволили дать рекомендации по режимам плавки и термообработки металлов. Это обеспечило высокие технологические характеристики металла.

анализа, выбирается под микроскопом. Лазерный луч испаряет и расплавляет металл на выбранном участке поверхности размером до 20 мкм. При этом образуется кратер. Определив его размеры, можно вычислить объем металла, подвергшегося расплавлению и испарению. Газы, находящиеся в этом объеме металла, попадают в предметную камеру, где предварительно создается вакуум 10^{-7} мм рт. ст. Затем газы поступают во времяпроточный масс-спектрометр. На экране осциллографа фиксируется спектр имеющихся газообразующих примесей. По высоте пиков, соответствующих определенным массам (водорода, кислорода и т. д.), после сравнения с эталоном определяются относительные количества газообразующих примесей в испаренном объеме металла. Определяя независимым методом среднюю концентрацию примесей в сплаве, можно данные об относительных величинах распределения пересчитать на абсолютные значения концентраций примесей в исследуемых участках образца.

Описанным методом было, например, изучено распределение водорода в деталях с хромовым покрытием, вблизи сульфидных включений в сталях, в ме-

Из сказанного видно, как велико, многогранно и порой противоречиво воздействие газообразующих примесей практически на все свойства металлов, насколько различно влияние каждой из форм нахождения этих примесей. Эффективные результаты при изучении свойств металлов, при создании металлов с заданными характеристиками дает широкое внедрение таких современных методов анализа, как метод внутреннего трения, масс-спектрометрический метод с отбором проб вещества, расплавляемого и испаряемого лазерным лучом, метод сканирующей электронной микроскопии.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Кларк К. ЖАРОПРОЧНЫЕ СПЛАВЫ. М., 1957.
 Коттрелл Г. ВОДОРОДНАЯ ХРУПКОСТЬ МЕТАЛЛОВ. М., 1963.
 Постников В. С. ВНУТРЕННЕЕ ТРЕНИЕ В МЕТАЛЛАХ. М., 1974.
 Вассерман А. М., Кукин Л. Л., Суровой Ю. Н. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗОВ В МЕТАЛЛАХ. М., 1976.
 Добадкин В. И., Габидулин Р. М., Калачев Б. А., Макаров Г. С. ГАЗЫ И ОКИСЛЫ В АЛЮМИНИЕВЫХ ДЕФОРМИРУЕМЫХ СПЛАВАХ. М., 1976.

Проблемы трансплантологии

В. И. Шумаков, М. Б. Мирский



Валерий Иванович Шумаков, член-корреспондент АМН СССР, профессор, директор Научно-исследовательского института трансплантологии и искусственных органов Министерства здравоохранения СССР. Занимается проблемами трансплантации органов и тканей и создания искусственных органов. Автор более 400 научных работ по различным проблемам кардиохирургии, трансплантологии, медицинской кибернетики, в том числе нескольких монографий. Лауреат Государственной премии СССР (1971) за достижения в области трансплантации почек.



Марк Борисович Мирский, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник того же института. Автор более 150 работ по истории медицины, в том числе монографий: Главный хирург Н. Н. Бурденко. М., 1973; И. М. Сеченов. М., 1978. В настоящее время занимается историей трансплантологии.

Трансплантологию — науку о пересадках органов и тканей — принято считать новой отраслью знаний, бурное развитие которой началось после сенсационной пересадки сердца у человека, сделанной южно-африканским хирургом К. Барнардом в 1967 г. Однако детальное знакомство с историей медицины и хирургии, опровергает это представление.

Трансплантология родилась и более 100 лет плодотворно развивалась в рамках хирургии. Еще в 1804 г. итальянец Баронио проводил эксперименты по пересадке кожи у овец. Немецкий хирург Ф. Райзингер в 1818 г. пересадил роговицу у кролика, а его соотечественник Г. Бюнгер в 1818—1819 гг. осуществил пересадку кожи у человека.

В конце XIX в. русскому врачу В. Г. Григорьеву удалось успешно пересадить у крольчих целый орган — яичник и положить тем самым начало новому этапу трансплантологии — пересадке органов. Наступление этого этапа связано также с прогрессом сосудистой хирургии, освоившей методы соединения кровеносных сосудов.

Огромное значение для трансплантологии имело развитие иммунологии. Термин «трансплантационный иммунитет» был предложен в 1908 г. немецким ученым И. Шёде. В 1923 г. казанский хирург Н. В. Соколов доказал, что при пересадке трансплантат действует на организм как антиген, т. е. вызывает ответную реакцию с образованием антител. Английскому им-

мунологу П. Медавару в 1946 г. удалось получить в эксперименте состояние искусственной толерантности (терпимости) организма по отношению к трансплантату. Французский иммунолог Ж. Доссэ в 1958 г. открыл первый трансплантационный (лейкоцитарный) антиген.

Составной частью трансплантологии стала проблема консервации органов и тканей. Ее становление связано с именами целого ряда отечественных физиологов: П. И. Бахметьева, занимавшегося вопросами анабиоза, А. А. Кулябко, которому в 1902 г. впервые в мире удалось оживить человеческое сердце через 20 часов после смерти, С. С. Брюхоненко, разработавшего первый в мире аппарат искусственного кровообращения. Большое значение для решения этой проблемы имели работы фармаколога Н. П. Кравкова по оживлению изолированных органов и хирурга В. Н. Шамова, уже в 1928 г. доказавшего возможность и целесообразность использования кадаверных (взятых от трупа) тканей и органов для последующей трансплантации.

Современная трансплантология объединяет ряд наиболее важных взаимосвязанных проблем — клиническую и экспериментальную трансплантологию, трансплантационную иммунологию, консервацию органов и тканей, создание и применение искусственных органов.

ТРАНСПЛАНТАЦИОННАЯ ИММУНОЛОГИЯ

Хорошо известно, что пересадка любых органов и тканей от одного индивида другому вызывает реакцию тканевой несовместимости. В основе этой реакции лежит обусловленный антигенными различиями иммунологический конфликт между организмом хозяина и трансплантатом (т. е. между реципиентом и донором). В зависимости от преобладания процессов, лежащих в основе иммунологического конфликта (реакции «хозяин против трансплантата» и «трансплантат против хозяина»), возникают различные формы клинического проявления тканевой несовместимости: наибольшее значение среди них имеет реакция отторжения пересаженного трансплантата.

Основную роль в трансплантационном иммунитете играют трансплантационные антигены (Н-антигены — от англ. *Histo-compatibility*), которые располагаются на поверхностных мембранах практически всех ядросодержащих клеток организма.

Однако содержание антигенов в разных тканях неодинаково. Ретикулоэндотелиальная ткань, кожа, лимфоидные клетки содержат больше трансплантационных антигенов, кость, хрящ, мышечная ткань сравнительно бедны ими. Поэтому в зависимости от вида пересаживаемой ткани трансплантационный иммунитет проявляется по-разному. Например, при пересадке костей и хряща реакция отторжения выражена слабо, растянута во времени: гибель клеток трансплантата и замена их соединительной тканью хозяина происходит постепенно. В то же время пересадка кожи, а также таких органов, как почки, сердце, печень, легкие, поджелудочная железа, сопровождается более интенсивной реакцией отторжения, которая может привести к быстрой гибели трансплантата.

Трансплантационные, или иначе лейкоцитарные антигены, преимущественно содержатся в лимфоцитах. Их выделено сейчас уже более 40. Сейчас принято считать, что вся система лейкоцитарных антигенов у человека, имеющая обозначение HLA (*Human Leucocyte Antigens*), состоит из 4 локусов¹: HLA-A, HLA-B, HLA-C и HLA-D.

Антигены HLA находятся на клеточной мембране лимфоцитов в виде небольших линейных участков длиной 0,1—0,3Å, расположенных на расстоянии примерно 250 Å от наружной клеточной мембраны². С помощью седиментационного анализа удалось установить, что высокоочищенные HLA-антигены представляют собой полипептиды с молекулярным весом 31 тыс. дальтон, с невысоким содержанием липидов и углеводов³.

В последнее время установлены механизмы участия отдельных компонентов системы HLA в развитии реакций тканевой несовместимости. Оказалось, что совместимость по HLA-D-антигенам, «запускающим» развитие иммунного ответа, имеет большее значение, чем совместимость по HLA-A- и HLA-B-антигенам. Однако широкому применению подбора по HLA-D-антигенам до последнего времени препятствовала длительность обнаруживающей их специфической реакции (так называемой

¹ Локус — участок хромосомы, включающий ряд генов, контролирующих синтез сходных в функциональном отношении антигенов.

² «*Europ. J. of Immunology*», 1972, v. 2, p. 297.

³ «*Fed. Proceedings*», 1970, v. 29, p. 2034.

реакции MLC). Поэтому при пересадке кадаверных почек в клинике ограничиваются, как правило, подбором по HLA-A и HLA-B-антигенам и определением в крови реципиентов так называемых предрасполагающих антител. Разумеется, обязательна совместимость по группам крови (система ABO).

В последние годы в иммунологических лабораториях введена «шкала совместимости», по которой оценивают результаты операций и устанавливают корреляционные отношения между клиническим состоянием трансплантата и степенью несовместимости. Разумеется, самые оптимальные условия для пересадки, когда партнеры идентичны по системе HLA. Однако возможность ее очень невелика (приблизительно 1:10 000). Поскольку подобрать идеального донора, совместимого с реципиентом по всем трансплантационным антигенам, чрезвычайно трудно, в практике большинства трансплантационных центров при пересадке почки несовместимость между донором и реципиентом по одному или двум антигенам считается допустимой: но даже и при этих условиях в клинике должно быть много реципиентов, имеющих различные антигены систем HLA и ABO (по некоторым данным, 240 человек), чтобы использовать донорский орган с наибольшими шансами на успех. По существу, речь идет о подборе не донора к реципиенту, а о подборе реципиента к донору.

Успехи в изучении трансплантационной иммунологии помогли найти пути и методы подавления иммунобиологической активности организма реципиента и преодоления тканевой несовместимости (иммуносупрессии). Существуют различные методы иммуносупрессии, такие как удаление селезенки и вилочковой железы, облучение рентгеновыми лучами для угнетения лимфоидной ткани, применение химических и биологических препаратов. Первые два метода не нашли широкого применения, третий метод повсеместно используется в клинической практике. Наиболее эффективны следующие иммуносупрессоры: антиметаболиты пуринового, пиримидинового и белкового синтеза (имуран, 5-фторурацил, метотрексат и др.); стероиды (кортизон, преднизолон и др.); алкилирующие препараты (циклофосфамид и др.); антибиотики актиномицинового ряда (актиномицины C или D, аурантин и др.); иммуносупрессоры биологического происхождения (антилимфоцитарные сыворотки, антилимфоцитарные

глобулины, некоторые мукополисахариды, ядерные белки и др.).

В клинической практике как в СССР, так и за рубежом, широко применяются стероидные препараты (главным образом, преднизолон), угнетающие функции лимфоидной ткани, а также антиметаболиты (преимущественно имуран), нарушающие нормальный синтез нуклеиновых кислот и белков. Эти иммуносупрессоры дают возможность сохранить функцию, например, пересаженной почки в течение 10—12 лет. Наиболее эффективно комбинированное использование различных препаратов, позволявшее осуществлять так называемую управляемую иммуносупрессию.

Неплохо зарекомендовало себя применение в клинической практике антилимфоцитарной сыворотки и антилимфоцитарного глобулина, позволяющих снизить дозировку других, использовавшихся в комбинации с ними иммуносупрессивных средств, и наблюдать более благоприятное течение послеоперационного периода у больных, например, с пересаженной почкой.

КОНСЕРВАЦИЯ ОРГАНОВ

Сохранение и продление сроков жизнеспособности донорских органов — одна из важнейших задач трансплантологии, использующей сейчас для пересадки главным образом кадаверные органы.

Известно, что если ту или иную ткань или орган «отключить» от кровоснабжения, т. е. лишить притока кислорода и питательных веществ, она через короткое время гибнет. Чувствительность пересаживаемых органов к кислородному голоданию (гипоксии) настолько велика, что даже кратковременное отсутствие кровоснабжения приводит к функциональному повреждению. Поэтому главная задача консервации состоит в создании условий, при которых энергетические траты изолированных органов, предназначенных для трансплантации, могли бы максимально продолжительное время восполняться. Существует два основных, хотя и прямо противоположных, пути решения этой задачи. Во-первых, использование методов, направленных на обратимое снижение всех видов обмена до возможно более низкого уровня. Во-вторых, применение способов поддержания обмена веществ на нормальном уровне с полным сохранением функциональной способности изъятых из организма органов и тканей.

Первый путь консервации органов направлен на максимальное снижение их функционально-энергетических трат. Среди таких методов можно выделить три основных: фармакологическое воздействие; воздействие холода (гипотермии) и повышенного давления (гипербарии); замораживание.

Фармакологическое воздействие на клеточный метаболизм возможно путем введения различных ингибиторов окисления (таких, например, как антитиреоидный препарат анаболон), стимуляторов гликолитических процессов, а также веществ, стабилизирующих внутриклеточные мембраны (например, магнезии). К сожалению, фармакологическое воздействие при консервации органов изучено все еще недостаточно и, что самое главное, почти неуправляемо. Несмотря на большой и разнообразный опыт, накопленный наукой в области фармакологической защиты тканей от гипоксии, этот путь пока нельзя еще использовать в качестве самостоятельного метода консервации органов.

Сегодня в проблеме длительного сохранения изолированных органов гипотермия занимает центральное место. В основе защитного действия охлаждения лежит снижение функциональной активности органов, ведущее к торможению обменных процессов и снижению потребности в кислороде. Однако гипотермия не предотвращает умирания органов, а только продлевает его сроки. Это дает возможность сохранить жизнеспособность органа только на несколько часов. Применяют как внутреннее охлаждение органа (пропускают охлажденный раствор через артерии), так и наружное (погружая в такой раствор подготавливаемый к трансплантации орган).

В ряде лабораторий, например в Институте проблем криобиологии и криомедицины АН УССР разрабатывается метод консервации, основанный на замораживании органов и тканей. Достигнуты некоторые положительные результаты в области консервации с помощью низкой температуры таких тканей, как кожа, кости, костный мозг, аорта и т. д. При замораживании целых органов, таких как сердце, печень, почка использовали защищающие от холода вещества — криофилактики (растворы глицерина и диметилсульфоксида), а оттаивание производили различными способами (в том числе с помощью микроволновой радиации). Однако метод криоконсервации органов, при всей своей перспективности, еще далек от оконча-

тельной разработки. Методические сложности не позволяют еще определить оптимальный температурный режим и скорость охлаждения, поэтому гипотермию применяют вместе с другими методами, такими как перфузия⁴ и гипербарическая оксигенация. Правда, пока такой комплекс применяется лишь при консервации органов в эксперименте.

Для консервации органов используют специальные аппараты гипотермической перфузии, позволяющие максимально удовлетворить энергетические потребности органа на некотором сниженном уровне. Аппараты для консервации органов включают ряд заменителей — сердца (насос), легких (оксигенатор) и систем регулирования консервации. Создание таких аппаратов связано с большими техническими сложностями, а также с рядом трудностей биологического характера. В СССР создана (В. И. Шумаков и др.) система жизнеобеспечения консервируемых органов, позволившая удлинить сроки консервации органов в эксперименте до 48 часов и в клинике — до 24 часов⁵. Кроме того, во 2-ом Московском медицинском институте разработан принципиально новый способ гипотермической консервации почки — с помощью так называемой трансорганной газовой перфузии: газ (чистый кислород, кислородногелиевая и карбогенная смеси) непрерывным потоком под давлением, не превышающим 60 мм рт. ст., нагнетают в почку одновременно через артерию, вену и мочеточник, пронизывая весь орган, газ диффундирует по направлению к его наружной поверхности и свободно выходит в окружающую среду.

Среди способов консервации, связанных с поддержанием нормальной метаболической активности органа и основанных на применении биологической перфузии, следует назвать, во-первых, метод с использованием искусственного сердца или кардиомассажера (ассистора — этот метод детально изучается в нашем институте). Во-вторых, метод с применением «оживленного» изолированного сердечно-легочного препарата (или сердечно-висцерального комплекса) — выделенного из орга-

⁴ Перфузия — метод пропускания физиологических растворов, крови или других жидкостей через кровеносные сосуды органа, части тела или всего организма.

⁵ Шумаков В. А., Штенгольд Е. Ш., Онищенко Н. А. Консервация органов. М., 1975.

низма комплекса жизненно важных органов (сердца, легких, а иногда и других внутренних органов). В-третьих, метод с экстракорпоральным подключением органа к сосудам реципиента (так называемая аллогенная перфузия).

Весьма перспективно применение искусственного сердца. Этот метод позволяет сохранять органы в трупe даже после длительной агонии, сопровождавшейся ишемическим (т. е. возникшим из-за отсутствия кровоснабжения) повреждением внутренних органов: после восстановления функции орган можно использовать для трансплантации или последующей консервации другими методами. Использование ассистора — прибора, предназначенного для длительного автоматического массажа сердца, — более предпочтительно, чем искусственного сердца, так как при этом не требуется удалять желудочки естественного сердца, отсутствует прямой контакт крови с отдельными элементами конструкции; существенно, что установка его не превышает 3—5 минут. В экспериментах, проведенных в Научно-исследовательском институте трансплантологии, ассистор обеспечивал адекватное кровообращение в течение 24 часов после смерти собаки.

Использование изолированного сердечно-легочного препарата предполагает создание адекватной гемодинамики и энергетического обмена в органе с помощью естественных условий кровоснабжения и оксигенации. При оптимальных параметрах искусственного дыхания, поддержании необходимого уровня катехоламинов в крови (особенно норадреналина) и периодической замены циркулирующей крови изолированный сердечно-легочный препарат остается жизнеспособным в течение 5—8 часов. Однако большинство ученых весьма сдержанно оценивает перспективность клинического применения такого способа сохранения органов из-за многочисленных сложностей технического, морально-этического и правового характера. При подключении органов к сердечно-легочному препарату отрицательным фактором являются также необходимость периодической замены объема циркулирующей крови, сложность регулирования газобмена, кислотно-щелочного равновесия и др.

Использование в качестве метода консервации экстракорпоральной перфузии дает положительный результат при сохранении почки, но малоэффективно при сохранении печени. Для снижения энергетических потребностей почки при ее кон-

сервации биологическую перфузию сочетают с умеренной гипотермией: это позволяет сохранять почки в течение 24 часов. Вместе с тем при перфузии органов возникают сложности, связанные с длительным управлением функциями организма донора (управление дыханием, кровообращением, водно-солевым обменом, парентеральным питанием и др.). Лимитирующими факторами являются также проблемы преодоления трансплантационного иммунитета и опасность инфекционных осложнений.

В советских трансплантационных центрах при пересадке почек с успехом применяют простой и эффективный бесперфузионный метод, заключающийся в однократной отмывке почки охлажденным раствором типа интрацеллюлярной жидкости. Бесперфузионный метод позволяет сохранять почки до 33 часов.

КЛИНИЧЕСКАЯ ТРАНСПЛАНТОЛОГИЯ

Первая в мире пересадка кадаверной почки человеку была выполнена в 1933 г. советским хирургом Ю. Ю. Вороным. 26-летней женщине с тяжелым, необратимым поражением почек, вызванным отравлением сулемой, была пересажена почка от донора 60 лет, погибшего от перелома костей черепа. Врач правильно поставил вопрос о необходимости «блокады» ретикулоэндотелиальной системы, ответственной за иммунологические реакции: именно поэтому он выбрал для пересадки большую с отравлением сулемой, так как при этом резко угнетена ретикулоэндотелиальная ткань (сулема выполнила роль своеобразного иммуносупрессивного средства). Вороной первым отметил, что лучшими донорами при взятии жизненно важных органов являются погибшие от повреждений головного мозга: это остается справедливым и до настоящего времени. Несмотря на неблагоприятный исход (больная скончалась через 48 часов после операции), операция Вороного сыграла большую роль в истории клинической трансплантологии.

Впоследствии некоторые зарубежные хирурги предпринимали попытки произвести трансплантацию почек в клинику. Однако до середины 50-х годов пересадки этого жизненно важного органа у людей были немногочисленными и носили, по существу, экспериментальный характер. Поскольку средства иммуносупрессивного воздействия тогда не применялись, пере-

саженный орган через короткое время отторгался.

Пересадка почки от одного гомозиготного близнеца другому (Гаррисон и Мюррей, 1954) убедительно доказала важность иммунологических данных. Все последующее развитие клинической трансплантологии характеризуется повышенным вниманием к реакциям трансплантационного иммунитета, к возможности ослабления или подавления иммунной реакции реципиента на пересаженный орган. Но лишь в начале 60-х годов достижения в различных разделах трансплантологии (рациональный подбор доноров, иммуносупрессия, консервация и пр.) обусловили значительное улучшение результатов клинической пересадки почки.

В середине 60-х годов метод клинической пересадки почки был внедрен в практику советских хирургов. Первая успешная пересадка почки в клинике (от живого донора) была сделана Б. В. Петровским в апреле 1965 г., а спустя несколько месяцев, в январе 1966 г., он впервые пересадил больному кадаверную почку.

Сейчас в нашей стране действует 16 центров трансплантации почки (Москва, Ленинград, Киев, Минск, Ташкент, Баку, Рига, Кемерово, Вильнюс и др. города), где к январю 1979 г. было проведено около 3 тыс. пересадок почки. Сегодня максимальный срок жизни больного после пересадки превышает 10 лет.

Показания к трансплантации почки сейчас расширились. Например, в нашем институте наряду с больными, страдающими такими распространенными заболеваниями как хронический гломерулонефрит, хронический пиелонефрит и поликистоз, в число потенциальных реципиентов в последнее время включены и больные с диабетом, системной красной волчанкой, геморрагической пурпурой. Расширились и возрастные границы реципиентов: возраст больных теперь колеблется от 8 до 60 лет.

В первые дни после операции пересаженная почка функционирует очень слабо или вовсе не работает. Огромную роль в этих случаях (как, впрочем, и при подготовке больного к пересадке) играет гемодиализ (подключение больного к аппарату «искусственная почка»), который берет на себя функции временно неработающих почек больного. Деятельность современного трансплантационного центра немалыми без большого и хорошо оснащенного центра гемодиализа — лишь единичных больных оперируют без примене-

ния аппарата «искусственная почка». Эффективно комбинированное применение гемодиализа и сорбентов — особых веществ, очищающих кровь от вредных шлаков.

После операции наибольшее внимание мы обращаем на кризы отторжения — резкие обострения реакции тканевой несовместимости, возникающей между организмом реципиента и донорским трансплантатом. Применение иммуносупрессии позволяет, в большинстве случаев, справиться с этим грозным осложнением трансплантации. Криз отторжения обычно лечат в течение недели: при отсутствии эффекта встает вопрос о повторной трансплантации почки. В последнее время стали частыми повторные пересадки (вторые, третьи, четвертые и т. д.): и в нашем институте, и в других трансплантационных центрах к ним прибегают при неудачных первичных трансплантациях и непродолжительном функционировании пересаженной почки.

В настоящее время пересадки других органов носят пока характер единичных операций.

Например, первая пересадка сердца человеку была сделана американским хирургом Т. Харди (1964), пересадившим пациенту, погибавшему от инфаркта миокарда, сердце обезьяны. В 1967 г. Барнард пересадил человеческое сердце другому человеку: больной умер через 17 дней. Затем (в 1968 г. и начале 1969 г.) в ряде зарубежных клиник были сделаны многочисленные пересадки сердца: к сентябрю 1969 г. их число достигло 143. Однако этот «сердечный бум» быстро прекратился, многие хирурги вовсе отказались от проведения таких операций: это было связано с неудовлетворительными результатами пересадок и с рядом других причин, прежде всего острых морально-этических проблем.

Наибольшее количество трансплантаций сердца (и с наилучшими результатами) выполнено в США, в хирургической клинике Станфордского университета, возглавляемой Н. Шаумвеем. Эта клиника в настоящее время — практически единственный центр пересадки сердца. Впрочем, большинство специалистов считает, что широкое внедрение этой операции в клиническую практику сегодня еще преждевременно.

В нашем и других институтах продолжают интенсивно разрабатывать в эксперименте различные аспекты трансплантации сердца, в частности методы поддер-

жания жизнеспособности остановившегося сердца и восстановления его полноценной сократительной функции. С этой целью проводят эксперименты по пересадке остановленного на несколько минут сердца после восстановления его сократительной функции внутри организма донора с помощью кардиомассажера в течение нескольких часов. Изучают консервацию сердца в изолированном сердечно-легочном комплексе — создан специальный транспортабельный аппарат с автономным энергопитанием. Интенсивно разрабатывается проблема создания искусственного сердца, способного работать в течение нескольких дней до момента подыскания подходящего донорского органа.

Экспериментальный характер носит пока и клиническая трансплантация печени. Наибольшим опытом располагает группа американских хирургов, возглавляемая Т. Старцлом. Показаниями для трансплантации служат состояния, несовместимые с жизнью, например атрезия желчных путей у детей раннего возраста, цирроз печени и обширные доброкачественные опухоли; некоторый успех отмечается при пересадке печени по поводу злокачественных опухолей. В СССР в январе 1977 г. произведены (В. И. Шумаков и др.) первые трансплантации доли печени.

Пересадка легких представляет собой сложную проблему трансплантологии. Несмотря на то, что первые пересадки легких в эксперименте были осуществлены еще в 1947 г. (В. П. Демихов), а в клинике — в 1963 г., эта операция до сих пор не вошла в клиническую практику. Причиной являются неудовлетворительные результаты — небольшая продолжительность жизни больных после операции из-за возникновения инфекционных осложнений. Общепризнано, что проблема трансплантации легких нуждается в энергичной экспериментально-клинической разработке.

Существуют два метода пересадки поджелудочной железы в таз: тотальная пересадка железы с сегментом двенадцатиперстной кишки и пересадка хвоста и тела поджелудочной железы. По первому методу американский хирург Р. Лиллихей в 1967 г. произвел в клинике первую пересадку поджелудочной железы больному, длительное время страдавшему сахарным диабетом с развившейся диабетической нефропатией.

Следует упомянуть о новом интересном направлении в проблеме трансплантации поджелудочной железы и лечения диабета: это разрабатываемая в послед-

ние годы пересадка (в том числе и в нашем институте) вырабатывающих гормон инсулин β -клеток (островков Лангерганса). Наиболее трудно — выделить β -клетки из донорской поджелудочной железы (затем эти клетки выращиваются в культуре тканей), а сама пересадка β -клеток в брюшную полость предельно проста и заключается в инъекции взвеси клеток. На 6-м Международном конгрессе трансплантологов (1976) в некоторых сообщениях уже докладывали о первом опыте применения этого метода в клинической практике.

Современная трансплантология находится на переднем крае научно-технического прогресса. Изучение теоретических и прикладных проблем трансплантологии имеет огромное значение для современной медицины и биологии. Развитие работ в этой области обогащает медико-биологические науки новыми данными по физиологии и патологии человека, а также изменяет характер современной хирургии и во многом повышает эффективность медицинской помощи при лечении серьезных и распространенных болезней, например таких, как диабет или необратимые поражения печени, легких и других органов. Прогресс трансплантологии будет стимулировать дальнейшее развитие науки в ряде важнейших областей теоретической и практической медицины, прежде всего иммунологии, онкологии, патофизиологии, эндокринологии, нефрологии, сердечно-сосудистой хирургии и других.

Успехи, достигнутые при трансплантации жизненно важных органов в клинике, и результаты экспериментов на животных дают все основания считать, что сегодня медицина стоит у порога нового этапа своего развития — этапа органозамещающей терапии.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Петровский Б. В., Соловьев Г. М., Говалло В. И.,

Ярмолинский И. С., Крылов В. С. ПЕРЕСАДКА

ПОЧКИ. М.— Варшава, 1969.

Лопухин Ю. М., Коган Э. М. КРИТЕРИИ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ОРГАНОВ. М., 1975.

Петров Р. В. ИММУНОЛОГИЯ И ИММУНОГЕНЕТИКА. М., 1976.



Голубой зимородок

**А. Д. Нумеров,
Ю. В. Котюков**

Окский государственный запо-
ведник

Обыкновенный зиморо-
док (*Alcedo atthis*) — единст-
венный вид семейства зимород-
ковых отряда ракшевых, оби-
тающий на территории нашей

страны. Всего же семейство на-
считывает 86 видов. Распрост-
ранены зимородки главным
образом в тропических и суб-
тропических районах земного
шара и отличаются характер-
ной для тропической фауны
очень яркой окраской.

Обыкновенный зиморо-
док густого голубого цвета, с
черноватыми и светло-голубы-
ми поперечными полосками на
голове. Клюв черный, горло и
бока шеи белые, брюшко ры-

жее, а ноги красные. Изучение
зимородка в нашей стране и
за рубежом носило главным об-
разом характер визуальных на-
блюдений. В основу же наших
исследований положена мето-
дика сплошного, почти поголов-
ного кольцевания взрослых
птиц, их птенцов и последую-

Фото В. Е. Гиппенрейтера.

Самец и самка (справа) голубого
зимородка.



щего контроля за судьбой меченых птиц.

В результате нам удалось получить сведения о численности и продуктивности зимородка, а также новые, ранее неизвестные данные о биологии этого вида.

Исследования проводились в Окском заповеднике, в нижнем течении реки Пры (на участке длиной около 60 км), с 1975 по 1978 г.

В Окском заповеднике зимородок — обычная гнездящаяся птица. Весной, в конце апреля — начале мая, он появляется в местах размножения. До сих пор считалось, что нет различия в окраске тела у самцов и самок этого отряда, однако при отлове размножающихся птиц мы обратили внимание на то, что в паре одна из птиц всегда четко отличалась от другой цветом подклювья. Вскрытие погибших птиц (двух самцов и двух самок) показало, что у самок подклювье красное или красноватое (кончик может быть немного черным), а у самцов клюв — полностью черный. В дальнейшем определение пола у птиц, вернувшихся в район размножения через 1—3 года, подтвердило наше наблюдение.

Самец, кроме цвета подклювья, как оказалось, отличается от самки и более яркой (голубой) окраской головы, спины и хвоста. Окраска полностью оперенных птенцов зимородка за 1—2 дня до вылета тоже различная: особи с голубым оттенком головы, спины и хвоста (предположительно самцы) и особи с зелено-серым цветом оперения тех же частей тела (самки).

У молодых птиц (первого года, т. е. птенцов прошлого года) в отличие от взрослых особей лапки буро-фиолетового цвета (у взрослых они красные), короткий, черный клюв и более тусклый общий тон окраски.

Типичные места обитания зимородка в Окском заповеднике — обрывистые, покрытые кустарниками и деревьями, берега рек, ручьев, озер, имеющих чистую, прозрачную воду и тихое течение.

Птицы начинают строить гнезда после окончания весен-

него половодья. Норы обычно располагаются над водой на песчаных или суглинистых берегах, на расстоянии 15—70 см от верхней кромки обрыва, и отверстие гнездовой норы почти всегда закрыто ветвями деревьев. Нору роют самец и самка клювом поочередно, выбрасывая лапками выкопанную землю. В день они прокапывают 8—10 см. Таким образом, при глубине нор 30—100 см вся работа длится 5—12 дней.

Откладка яиц происходит ежедневно, однако к концу кладки яйца сносятся с промежутком иногда в несколько дней.

Кладки зимородка содержат 5—9 яиц. Чаще всего встречаются гнезда с 6—7 яйцами. Яйца по форме близки к шаровидным, их средние размеры примерно 22×18 мм.

Насиживают кладку и самец, и самка поочередно в течение 19—20 дней. Птенцы вылупляются в течение 1—2 дней голыми, лишенными эмбрионального пуха. Потом у них появляются перышки, покрытые колпачками; птенца в это время похож на ежа. Первые дни (особенно в холодную погоду) самка находится в гнезде с птенцами. Корм в это время доставляет самец. Он приносит им мелкую рыбу размером 3—4 см 50—60 раз в день. Птенец заглатывает рыбку целиком. Когда птенцы подрастают, взрослые птицы приносят им рыбу размером до 10—12 см. Чаще всего на р. Пре птицы ловят плотву, а также густеру, язя, щуку, окуня. Непереваренные кости птенцы отрыгивают, затем растаптывают, и таким образом на дне гнездовой камеры образуется подстилка из измельченных рыбьих костей толщиной 1—1,5 см.

К седьмому дню у птенцов прорезаются щелки глаз, маховые и рулевые перья разворачиваются на 21—23 день, и к моменту вылета (середина — конец июня) птенцы выглядят полностью оперенными. Первое время весь выводок держится в непосредственной близости от гнезда. Взрослые птицы подкармливают слетков, но те уже и сами пытаются ловить рыбу. Становясь самостоятельными, молодые зимородки

улетают из района рождения. Находки окольцованных птенцов свидетельствуют о их перемещении в юго-западном направлении со скоростью 7—30 км в сутки.

Наши наблюдения показали, что, построив гнездо один раз на каком-то месте (обрыве), зимородки возвращаются в те же места и в следующем году. Там, где берега рек не подвержены сильным разрушениям в период весеннего половодья, зимородки размножаются непосредственно в прошлогодних норах. (Правда, предварительно нора основательно чистится и обычно углубляется.) В условиях Окского заповедника такие случаи редки, так как ежегодно весной берега «смыываются» на 0,5—1 м и от старых нор в лучшем случае остается лишь гнездовая камера, по которой и можно определить место прошлогоднего гнезда. В таких случаях птицы выкапывают нору поблизости, обычно на том же обрыве. Средняя удаленность второй норы от первой составляет около 700 м. Первогодки перемещаются на значительно большие расстояния. В пределах контролируемого нами участка максимальное смещение от места рождения составило около 20 км.

Отлов и мечение птиц позволили рассчитать продуктивность размножения зимородков на р. Пре в 1976—1978 гг. За эти три года размножилось всего 102 самки зимородка. Из них одну кладку имели 34 самки, две кладки — 52, и 16 самок размножились повторно после гибели первой норы.

В среднем за все годы число птенцов, нормально покинувших гнезда (по отношению к общему числу отложенных яиц) составляет около 62%. Приблизительно такие же данные получены недавно в Англии¹, хотя прежде многие исследователи считали воспроизводящую способность зимородков выше. Причем наши на-

¹ Morgan R., Glue D.—
«Bird Study», 1977, № 1.



Река Пра в нижнем течении. Обрывистые берега типичны для мест гнездования зимородка.

блюдения показали, что первые кладки более продуктивны по сравнению со вторыми. Кроме того, птенцы первых кладок (май — июнь) чаще возвращаются в места рождения на следующий год. Они составляют 2,4% от окольцованных, тогда как возврат птенцов вторых кладок (июль — август) — 1,1%.

С помощью кольцевания было также установлено, что у зимородков бывают полигамные трио, т. е. один самец одновременно участвует в насиживании яиц и выкармливании птенцов в норах двух различных самок. Подобное явление отмечал еще С. Свенсон², но

это был единственный наблюдаемый им случай. Нами же с 1976 по 1978 г. зарегистрировано 26 случаев полигамии. В среднем ежегодно это составляет 35% всех размножающихся самцов. Кроме того, в 1977 г. зарегистрирован случай размножения одного самца с тремя самками. Каждая из этих самок имела по две кладки, таким образом, самец участвовал в насиживании яиц и выкармливании птенцов в шести норах.

Наши наблюдения показали неравное соотношение полов размножающихся птиц (дефицит самцов — 20—30%). Однако наряду с недостатком самцов существует резерв половозрелых птиц этого пола, которые в случае исчезновения (гибели) какого-либо размножающегося самца сразу же заменяют его. Мы наблюдали четыре подобных случая.

Таким образом, полигамия у зимородка — не следствие недостатка самцов, а ре-

зультат внутривидовых взаимоотношений, выработанных в процессе эволюции. Нам удалось проследить за супружескими взаимоотношениями у зимородков.

В течение одного сезона пары, как правило, постоянны. (Факты замены самца в случае его гибели мы уже отмечали.) Материалы кольцевания дают полную картину перемещения размножающихся особей как в течение одного сезона, так и в дальнейшем. В случае разорения норы лисицей или енотовидной собакой пара устраивает новое гнездо на расстоянии 6 км от разоренного и делает повторную кладку. Если же самец обслуживает две самки и у одной из них нора разоряется, перемещается только эта самка, а самец остается на прежнем месте, с другой самкой. На новом гнезде у самки либо появляется новый самец (не размножавшийся ранее) из «резерва», либо она становится на новом участке второй сам-

² Svensson S.—«Var. fågelvärld», 1960, v. 19, № 4.

Самец зимородка у норы.

Вскрытая гнездовая камера со взрослыми птенцами. Через день птенцы покинут нору.



кой у самца из гнездящейся там пары, образуя полигамное трио. В одном случае мы наблюдали сохранение супружеской пары в течение двух сезонов размножения (1976—1977). И в одном случае пара распалась: самец и самка этой пары пойманы в тех же местах, что и в прошедшем году, но с другими партнерами. Во всех остальных случаях при замене одной из птиц в паре на следующий год — вторая в районе наших наблюдений отсутствовала. Учитывая, что взрослые зимородки, как правило, возвращаются в район предыдущего размножения, можно предположить, что одна из птиц погибала.

Таким образом, применение в изучении жизни птиц метода сплошного кольцевания дает возможность не только определить точную численность, высчитать воспроизводящую способность данной популяции, чтобы наметить меры к ее охране, но и глубже познаться с биологией, жизнью и поведением птиц.





Осмотр гнездовых нор зимородков на обрывистых берегах реки Пры.



Электрическая лампа, укрепленная на палке, позволяет проверить состояние гнездовой камеры, следить за развитием птенцов.

Кольцевание птенцов зимородка, регистрация возрастных изменений.



Оперившийся птенец зимородка.



Петроглифы Саймалы-Таша

Я. А. Шер,

кандидат исторических наук
Ленинград

Ю. Н. Голендухин

Фрунзе

А. О. Поляков

Ленинград

На северо-восточном склоне Ферганского хребта (Киргизская ССР) есть крутое ущелье, известное под названием Саймалы-Таш (по-киргизски — узорчатый камень). В его верховьях, у самого перевала, на высоте более 3,5 тыс. м над ур. м. расположено небольшое ледниковое озерко, а рядом с ним — огромная морена из беспорядочно нагроможденных скальных обломков. В древности на этих камнях было выбито множество рисунков, изображающих животных, людей, различные, по-видимому, ритуальные сцены, изображения Солнца, Луны, повозок и колесниц, запряженных парами животных и управляемых погонщиками.

Среди местных жителей о Саймалы-Таше ходят легенды, как о священном и загадочном месте. Это «ыйык джер» — святая земля, говорили нам старики. Еще недавно сюда каждый год в середине августа приходили паломники. Они приводили с собой козленка или овцу, приносили лепешки (обязательно — 7 лепешек). На берегу озерка, при последних лучах заката животное закалывали. Затем его мясо варили, ели, читали коран, просили о исцелении выздоровления больным, благополучия и счастья здоровым. Рисунки на камнях вокруг озера считались заколдованными. Рассказывали, например, легенду, как один человек увез два небольших камня с рисунками в долину. Он положил их в курджуну (переметные сумы) и отправился вниз. Спустившись с перевала, всадник заглянул в свои курджуны и увидел пустые камни: рисунки исчезли.

Науке Саймалы-Таш известен уже более 75 лет. Впервые этим памятником заинтересовались представители царской администрации, руководившие строительством почтовой дороги из Центрального

Тянь-Шаня в Фергану. Краткие сведения о петроглифах были опубликованы в 1902 г. в «Протоколах Туркестанского Кружка любителей археологии» (Ташкент). В советское время рисунки Саймалы-Таша изучали Б. М. Зима и А. Н. Бернштам. Им принадлежат первые научные публикации этих материалов. Недавно ряд научных статей о Саймалы-Таше был опубликован Н. Л. Подольским и Г. А. Помаскиной. Благодаря изданным в Чехословакии и Голландии обзорам М. Кшицы и Ж. Фрумкина Саймалы-Таш стал известен и зарубежному читателю.

Древние наскальные рисунки встречаются на всех континентах, но такие богатые комплексы, как Саймалы-Таш, довольно редки. Этот памятник первобытного искусства стоит в одном ряду с всемирно известными петроглифами Африки, Северной Италии, Скандинавии, Карелии, Южной и Восточной Сибири.

ПЛАСТЫ ТЫСЯЧЕЛИТИЙ

Работами упомянутых выше исследователей и авторов этой статьи установлено, что в Саймалы-Таше имеется не менее четырех «слоев», отражающих разные периоды древней истории Средней Азии. Рисунки древнейшего этапа относятся к началу эпохи бронзы. Их нижнюю дату пока трудно определить точно, но, видимо, они раньше II тыс. до н. э. Возможно, что они были выбиты в IV—III тыс. до н. э. Следующий этап определяется более надежно — II — нач. I тыс. до н. э. Уверенно выделяется пласт скифосакского времени (VII—IV вв. до н. э.), а также еще более поздний, относящийся к рубежу и первым векам н. э. Вместе с тем, значительное количество изображений Саймалы-Таша

(а всего их здесь около 9000) пока не удастся привязать к какому-либо определенному историческому периоду.

Но каким образом вообще устанавливается датировка наскальных рисунков? Почему, например, самые ранние изображения мы считаем старше II тыс. до н. э.? Один из пионеров изучения сибирских петроглифов («писаниц») И. Т. Савенков отвечал на этот вопрос просто: «Как мы определяем старшинство писаниц, долго рассказывать и трудно передать, просим пока поверить на слово». В некоторой мере это утверждение верно и сейчас, ибо в изучении наскальных рисунков пока очень велика роль исследовательской интуиции. Тем не менее для датировки петроглифов можно учесть целый ряд объективных наблюдений, каждое из которых порознь, может быть, и не имело бы существенного значения, но в сочетании друг с другом они создают определенную фактическую базу для проверки тех или иных гипотез.

На Саймалы-Таше все камни морены покрыты черной, глянцевиной корочкой «пустынного загара». Если на такой плоскости выбить рисунок сейчас, то он будет почти белым на черном фоне. Через несколько лет под влиянием выветривания поверхность рисунка начнет темнеть. По степени плотности «загара» рисунки Саймалы-Таша можно подразделить на очень плотные (практически неотличимые от фона по цвету), средней плотности (они несколько светлее фона) и слабые, покрытые едва пожелтевшей корочкой. Различия в плотности «загара» позволяют говорить об относительной хронологии рисунков, т. е. о том, какие из них раньше, а какие — позже. Но эти различия ничего не говорят об их абсолютной хронологии, ибо механизм образования «пустынного загара» изучен недостаточно, а зависимость его плотности от времени неясна. Чисто гипотетически можно предположить, что, как и у всякого кумулятивного процесса, эта зависимость будет не линейной, а близкой к логарифмической. Визуальные наблюдения не противоречат этой гипотезе: рисунки, относящиеся к отдельным эпохам, скажем, к IV—III тыс. до н. э. по плотности загара почти неразличимы, а изображения, датируемые II тыс. до н. э., существенно отличаются от предыдущих по плотности загара.

Некоторую информацию о времени дают сюжеты рисунков. Например, встречаются изображения двухколесных повозок с треугольной рамой на сплошных дисковых колесах малого диаметра. Это —

самый древний тип колеса, известный науке. В Шумере такие колеса появились в IV тыс. до н. э. Правда, такое колесо существовало и намного позже, но на камнях Саймалы-Таша встречаются и рисунки колесниц на колесах большого диаметра со спицами. Плотность «загара» у них несколько слабее, и, что очень важно, иногда они выбиты поверх ранних рисунков, имеющих более плотный «загар».

Большие колеса со спицами, и особенно конная упряжка (а на некоторых рисунках в упряжке не лошади, а быки), —



Ритуальный танец перед «солнечными» божеством.

очень важный для археолога ориентир: конная упряжка появилась, по имеющимся сейчас данным, не ранее II тыс. до н. э. Еще одним важным фактом являются стилистические и иконографические особенности изображений животных. Подобные изображения известны на древней кера-



Повозка на сплошных колесах малого диаметра. Полукруглая платформа. Поехничик идет сзади. Один из древнейших рисунков Саймалы-Таша. «Загар» очень плотный.

мике Ближнего Востока, относящейся к IV—III тыс. до н. э. Изображения упряжек в колесницах на больших колесах совпадают с рисунками, процарапанными на сосудах, найденных в курганах II тыс. до н. э. Поскольку и на камнях, и на древней керамике такие изображения не одиночны, а сочетания датирующих признаков устойчивы, гипотеза о принадлежности первых к более раннему времени, а вторых — ко II тыс. до н. э. кажется достаточно обоснованной.

Как и следовало ожидать, несколько слабее плотность «загара» у рисунков хорошо знакомого археологам скифо-сибирского звериного стиля. Имеется масса стилистических параллелей этим изображениям на вещах, найденных при раскопках. По абсолютной хронологии они относятся к VII—V вв. до н. э. Еще более поздние тамгообразные изображения козлов хорошо известны по стенам с надписями древнетюркского времени — VI—IX вв. н. э.

Подобная методика (здесь она изложена крайне схематично) позволяет хотя бы в первом приближении наметить хронологию петроглифов Саймалы-Таша. Но изображений, содержащих определенные датирующие признаки, немного: на 9000 общего количества их наберется едва две-

три сотни. Тогда, сравнивая с ними остальные рисунки, можно опереться на косвенные данные и привязывать их к датированным по плотности «загара» элементам иконографии, художественного стиля и т. п. Но здесь возникает другая проблема: как избежать субъективных оценок в рассмотрении таких трудноизмеримых особенностей, как художественный стиль и иконография. Ведь нередко случаи, когда один исследователь относит некоторую серию рисунков к одному стилистическому типу, а другой — те же изображения к другому типу.

ПЕТРОГЛИФЫ И РАСПОЗНАНИЕ ОБРАЗОВ

Проблема, которая на первый взгляд кажется целиком относящейся к области исследовательской интуиции, может быть разрешена на достаточно строгом уровне. Рассматривая ее как задачу распознавания образов или классификации, мы тем самым приходим к необходимости нахождения таких описаний и классификации петроглифов, которые были бы непротиворечивы как с археологической, так и с математической точек зрения.

Обычно стилистические и иконографические особенности наскальных рисунков описываются словесно. Исследователь отмечает те элементы изображения, которые, по его мнению, несут наибольшую классификационную нагрузку, т. е. создают общую манеру изображения, свойственную данной культуре, примерно то, что искусствоведы называют художественной школой или традицией. Но словесные ха-

Изображение колесницы с парой лошадей перекрывает более древние рисунки оленя и быка. Плотность «загара» у колесницы слабее, чем у перекрываемых ею рисунков.

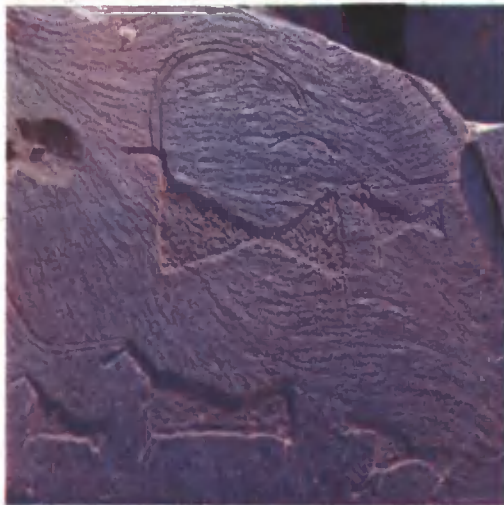
«Битреугольный» стиль. Туловища животных составлены как бы из двух треугольников. Такие же по стилю изображения известны на расписной керамике Ближнего Востока IV—III тыс. до н. э.

Погонщик в маске и с хвостом держит в руке стрекало. Стрекало упоминается в одном из древнейших индо-иранских мифов как атрибут божества.

рактеристики, в силу многозначности естественного языка, не могут полностью устранить субъективный характер восприятия, а следовательно — и классификации.

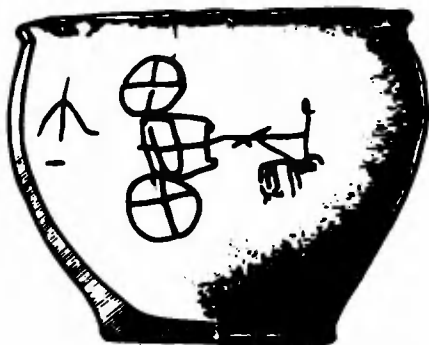
Можно, например, заменить словесные описания более определенным перечнем признаков, заданных не только словесно, но и графически или геометрически. Информация об изображениях, описанных таким образом, вводится в ЭВМ. Машина сравнивает все рисунки между собой по заданным признакам и в каждом случае вычисляет для данной пары рисунков некоторую меру сходства (расстояние в многомерном пространстве признаков). Затем по величине меры сходства машина упорядочивает рисунки, объединяя сходные изображения в группы. Впервые такая методика была использована одним из авторов этой статьи при изучении наскальных рисунков Енисея¹. Однако и в этом случае не всегда удается преодолеть субъективные моменты в исходном описании и доказать необходимость именно данного признака, а не другого. Поэтому было бы желательно сравнивать сами рисунки, а не их словесные описания.

Такому требованию удовлетворяет новый метод классификации, предложенный и разработанный в Ленинградском научно-исследовательском вычислительном центре АН СССР В. В. Александровым и одним из авторов статьи А. О. По-



¹ Ш е р Я. А. Алгоритм распознавания стилистических типов в петроглифах. — В сб.: Математические методы в историко-экономических и историко-культурных исследованиях. М., 1977, с. 127—143.

ляковым. Метод основан на использовании свойств кривой Гильберта и применительно к рассматриваемой задаче состоит в следующем. Плоскость, на которой имеется изображение, разбивается на некоторое число интервалов, порядок обхода которых соответствует кривой Гильберта. В этой же последовательности интервалы плоскости отображаются на числовую ось. Те из них, в которые попало изображение, отмечаются (на рисунке они отмечены прямоугольниками), и тем самым создается некое подобие «спектра». Таким образом



Изображение колесницы на керамическом сосуде срубной культуры эпохи бронзы (Поволжье, II тыс. до н. э.).

решается задача формализованного описания изображения без участия элементов субъективного восприятия.

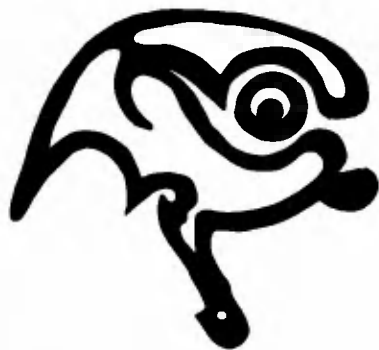
Кривая Гильберта обладает рядом свойств, обеспечивающих возможность решения задачи классификации, в частности квазинепрерывностью и сходимостью по разбиениям. Первое свойство проявляется в том, что малые отклонения в исходном пространстве вызывают малые отклонения на числовой оси. Благодаря этому интервалы, близкие на плоскости, остаются близкими и на оси, причем степень такой близости является максимально достижимой по сравнению с перечислением интервалов в любом другом порядке.

Свойство сходимости по разбиениям, порожденное рекурсивностью построения отображений, позволяет проводить их сравнительный анализ при различной степени разбиения плоскости рисунка.

Итак, в ЭВМ сравниваются между собой «спектры» наскальных изображений. Затем машина упорядочивает исходные данные, объединяя близкие изображения в однородные группы. После этого

исследователь может задать какой-нибудь «тест» на непротиворечивость полученной классификации. Например, рисунок колесницы на больших колесах с парой одинаковых животных в упряжке не должен попадать в одну группу с изображениями повозок на сплошных маленьких колесах с разными животными в упряжке. Историческая интерпретация полученных групп, разумеется, выходит за пределы компетенции ЭВМ и выполняется самим исследователем.

При таком подходе субъективные

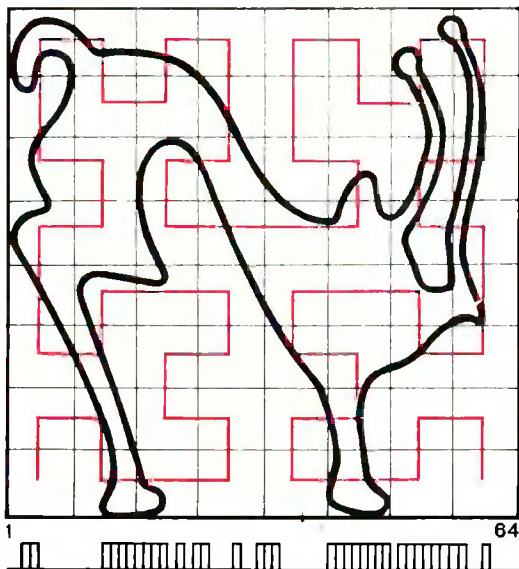


Стилизованное изображение орла на камне. Такие фигуры из листового золота часто встречаются в скифских курганах.

оценки степени сходства между изображениями почти полностью исключаются, поскольку само сравнение производится не по отдельным признакам, а по всему рисунку в целом. Правда, и на этом пути есть еще ряд серьезных теоретических и реализационных трудностей. Например, в теоретическом плане вызывают затруднения вопросы алгоритмизации масштабирования изображений и выбора наиболее целесообразного подхода к созданию методики сравнения «спектров». С точки зрения реализации, наиболее целесообразны организация ввода изображений в ЭВМ со слайда или с видеозаписи, чем мы в настоящий момент не располагаем.

Саймалы-Таш поставил перед нами еще одну задачу, лежащую на стыках гуманитарных и физико-математических наук. Выше уже упоминалась морена, на камнях которой располагаются рисунки. Наблюдения показывают, что многие камни находятся сейчас не в первоначальном положении (иногда, например, плоскости с рисунками завалены другими камнями или вообще обращены к земле). Еще

А. Н. Бернштам высказал гипотезу о мощном тектоническом толчке, разрушившем первоначальный вид святилища. Результаты отдельных подвижек нам приходилось наблюдать самим. Какими были эти подвижки, мощными и кратковременными или малыми и длительными, без специального исследования сказать невозможно. При общем взгляде на морену сверху, складывается впечатление о нескольких языках, или «потоках», которые сливаются в единую россыпь. Общее направление «потоков» — сверху вниз — устанавливает-



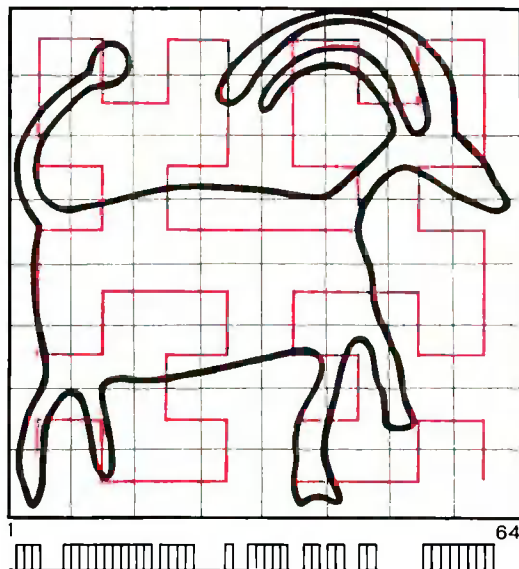
Кривая Гильберта позволяет представить изображение в виде «спектра».

ся достаточно определенно, но было бы очень важно хотя бы приблизительно оценить скорость перемещения и перемещения камней в этих потоках. В результате археолог мог бы получить дополнительную информацию к реконструкции первоначального вида святилища, а, скажем, геофизик-сейсмолог по хорошо датированным рисункам на обломках скал, вероятно, углубил бы представления о сейсмической активности данного района.

ФРАГМЕНТЫ ДРЕВНЕЙ МИФОЛОГИИ

О смысле наскальных рисунков имеется довольно большая литература. Как отметил один из крупнейших специали-

стов в этой области А. П. Окладников, «особенно ценны петроглифы для нас, людей XX века, тем, что представляют собой образцы искусства, реальные памятники древнего мировоззрения и духовной жизни наших далеких предков. С их помощью мы можем приоткрыть завесу в самую сложную и трудную для понимания область древней культуры, войти в мир идей и чувств, волновавших наших предшественников много веков тому назад»². Для раскрытия этого мира привлекаются этнографические параллели, фольклор и эпос, по-



верья и легенды, изображения на древних вещах, найденных при раскопках, и рисунки на шаманских бубнах. Главная трудность при анализе семантики петроглифов состоит в **доказательстве** того, что предложенная интерпретация верна или, по крайней мере, наиболее правдоподобна. Здесь тоже велика роль интуиции, но интуитивная догадка, какой бы блестящей и оригинальной она ни была, останется догадкой, а не фактом науки.

Рассмотрим в качестве примера попытку объяснения некоторых изображений повозок и колесниц Саймалы-Таша. По числу таких рисунков Саймалы-Таш, по видимому, занимает первое место в мире. Сейчас по всему евразийскому горно-степному поясу известно около 200 наскальных

² Окладников А. П. Петроглифы Байкала — памятники древней культуры Сибири. Новосибирск, 1974, с. 8.



Мифологический сюжет: в упряжке разные животные.

Нападение волка и волчицы на быков. Мифологический сюжет.

Жертвенные животные. Справа внизу человек с луком стоит на спине лошади.



рисунков повозок и колесниц. Обычно такие петроглифы встречаются редко и поодиночке. Небольшими группами они известны в Валь Камонике (Северная Италия), Богуслене (Швеция), на Памире, в Восточном Казахстане и в Туве. В большом количестве изображения повозок и колесниц известны в трех местах: на Койбагаре (Южный Казахстан — 22), на Ухтасаре (Армения — около 50) и на Саймалы-Таше (Киргизия — около 70). Наскальные рисунки такого типа обычно связываются с «культурами колесных повозок» эпохи бронзы и рассматриваются как следы древнейших миграций индо-иранских племен.

Образ колесницы в индо-иранской мифологии занимает заметное место. Ко-

лесница олицетворяет движение солнца, ветра, является средством передвижения целого ряда мифологических персонажей, играет часто роль метафоры. Если исходить только из образа колесницы или повозки, то конкретного объяснения не получится в силу полисемантичности этого образа. И вообще можно сказать, что на камнях изображались не мифологические, а реальные колесницы, которыми пользовались люди. Правда, трудно себе представить передвижение на колеснице в такой местности, как Саймалы-Таш. Здесь и сейчас можно с трудом проехать — только верхом или идти пешком.

Однако, среди изображений повозок на Саймалы-Таше есть такие, о которых



можно твердо говорить, что в них запечатлены не реальные, а мифологические образы. Речь идет об упряжках из пар разных животных, которые в реальной ситуации не могут работать вместе: бык и козел, бык и лошадь, бык и осел или онагр. Управляют ими человекоподобные существа с длинными хвостами, что тоже указывает на фантастический характер образа. Ситуация «коня и трепетной лани» в одной упряжке встречается в некоторых древних индоевропейских мифологических сюжетах. В хеттских и ведических текстах упоминания об упряжках из разных животных связаны с ритуальными действиями или с мифологическими братьями-близнецами Ашвинами. В мифах древней

Греции подобная упряжка выступает как одно из испытаний, через которые должен пройти герой. Например, царь Пелий поставил условие, что отдаст свою дочь в жены тому претенденту, который приедет на свадьбу в колеснице, запряженной львом и вепрем.

Несомненно, мифологическое значение имеют и другие сцены на скалах Саймалы-Таша, хотя конкретный их смысл и не вполне очевиден. По-видимому, здесь представлены какие-то солнечноликие и луноподобные персонажи. Если же говорить об отдельных рисунках людей и животных, то возможности их объяснения пока столь же широки, сколь и труднодоказуемы.

БЕСЦЕННОЕ НАСЛЕДИЕ МИРОВОЙ КУЛЬТУРЫ

До недавнего времени петроглифы эпохи бронзы и более поздних периодов редко становились объектом специального исследования. Обычно археологи занимаются ими попутно, если вблизи от места раскопок оказываются подобные памятники. Сейчас положение меняется. Широкая программа изучения и публикации петроглифов Восточной Сибири реализуется А. П. Окладниковым и его учениками в серии крупных монографий. Большая специальная работа проводится археологами Казахстана, Узбекистана, Армении. Становится ясно, что петроглифоведение — это особая область исторических наук о древней культуре, которая требует своей совокупности методов, пока еще не вполне разработанных. Можно надеяться, что в ближайшее время здесь сложится ряд новых методов. Так, очень трудоемкое и не всегда достоверное копирование рисунков можно будет заменить телевизионной съемкой с записью изображений на видеомagneтoфoнe. С магнитной ленты запись изображений может поступать прямо в ЭВМ и там подвергаться классификации. Но сама возможность дальнейшего развития этой области археологии и истории первобытной культуры во многом зависит от того, как сегодня будет решена проблема сохранения памятников наскальной живописи и графики для последующих поколений.

Охрана окружающей среды стала глобальной заботой всего человечества. По понятным причинам наскальные рисунки занимают в программах охраны среды не самое первое место: есть заботы более жизненные. Но и последнего места этот вопрос не должен занимать, ибо может наступить момент, когда уже нечего будет сохранять. Большинство археологических памятников скрыты от глаза непрофессионального наблюдателя вековыми и тысячеletними наносами почвы. Тем самым они оказались в условиях естественной консервации и могут ждать своих исследователей неограниченно долго. Иное положение с петроглифами. Их открытость и доступность делает их беззащитными, и то, чего не успела разрушить природа в течение тысячелетий, значительно быстрее разрушается людьми больше по незнанию, чем по злему умыслу.

В Минусинской котловине карьерами были разрушены Туранская и Строгановская писаницы. Уникальный живопис-

ный фриз эпохи энеолита на скале у Джойского порога (Верхний Енисей) густо замазан огромной надписью, сделанной местными органами рыбоохраны. Не приходится говорить о размножающихся с огромной скоростью автографах досужих туристов, которые пишут густой масляной краской или выбиваются зубилом прямо по плоскостям с рисунками. Даже отдаленный и труднодоступный Саймалы-Таш не миновал такой печальной участи. Прежде всего меры по охране наскальных изображений должны принять местные органы и общества охраны памятников. Закон СССР «Об охране и использовании памятников истории и культуры» предоставляет для этого большие возможности. Опыт показывает, что не столь уж велики затраты сил и средств для сохранения памятников первобытного наскального искусства. Так, например, в Карелии над известным комплексом петроглифов «Бесовы следки» возведен защитный павильон. Теперь ни одному здравомыслящему человеку не придет в голову мысль вырубить на валуне с рисунками свое имя. Но не обязательно везде сооружать павильоны из бетона и стекла. Близ Кемерово у наскальных рисунков, известных среди местного населения под названием «Томская писаница» (они расположены на прибрежных скалах р. Томь), создана охранная зона. Поток туристов от этого не уменьшился, а увеличился, потому что к писанице проложена дорога, устроены места для отдыха, проводятся экскурсии. Здесь впервые в нашей стране проведены консервационные работы по наскальным рисункам: участки скалы, разрушаемые выветриванием, закреплены тонированными полимерными материалами. Было бы прекрасно, если бы этот опыт распространялся быстрее, чем автографы туристов на плоскостях с древними рисунками.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Окладников А. П. УТРО ИСКУССТВА. М. — Л., 1967.

Окладников А. П. Центральнаяазиатский очаг первобытного искусства. Новосибирск, 1971.

Формозов А. А. Очерки по первобытному искусству. М., 1969.

РАННИЕ ФОРМЫ ИСКУССТВА. Сб. статей. М., 1972.

Мириманов В. Б. Первобытное и традиционное искусство. Малая история искусств. М., 1973.



Зублефар туркменский

Н. Н. Щербак,
доктор биологических наук
Институт зоологии АН УССР
Киев

Много лет, работая в полевых условиях в Туркмении, я мечтал добыть зублефара — эту таинственную ящерицу. Не часто она попадала в руки зоологов и по странному стечению обстоятельств исчезала самым невероятным образом. Один экземпляр был найден раздавленным на дороге, другой попал в коллекцию одного университета и был безнадежно затерян, третий хранился в лаборатории, которая случайно сгорела вместе со своим ценнейшим экспонатом и другими коллекциями, четвертый был передан зоологу, который оставил его в мешочке в саду, а когда вспомнил — обнаружил, что даже труп ящерицы уничтожили насекомые. Наконец, еще одна находка оказалась в руках зоологов. Но рано радоваться: когда они пришли на следующий день на работу, в террариуме было пусто. Ящерица исчезла...

Можно представить поэтому, какие бурные чувства овладели мною, когда я весной 1977 г. перевернул на склоне холма, в 20 км южнее Кара-Калы, увесистый камень и увидел под ним долгожданного зублефара. Об этом стоит рассказать подробнее.

Мы ехали на юг, а долину Чандыря. Через час наша машина зашла в скалистые сухие холмогорья и начала петлять по лабиринтам долин и ущелий.

Здесь мое внимание привлек склон холма из черного шиферного сланца с редкими кустами полыни, эфедры, отдельными кустами держи-держе и обломками скал. К нему примыкал склон северной экспозиции с хорошо выраженным травяным покровом и норами афганской полевки. Все это свидетельствовало о том, что там могут быть интересные для меня животные. Именно в таких местах я находил редких колючехвостых гекконов. Склоны из сланцевой крошки хорошо сохраняют (или конденсируют) влагу, поэтому не так сильно накаляются знойным солнцем, на них дольше держится зелень, а значит и насекомые. Под обломками скальных пород — хорошие убежища и от жары, и от врагов.

Мы решили сделать здесь стоянку, я вооружился металлическим крючком для переворачивания камней и медленно пошел по склону. Сырой после недавнего дождя грунт позволял легко сдвигать с места даже крупные обломки скал. Вскоре мне повезло: под одним из камней я обнаружил стройную змейку с тонким красновато-коричневым узором — изменчивого олигодона. Это уже удача. Ведь до сих пор олигодоны встречались только на северных склонах Копетдага.

Продолжаю работать с удвоенной энергией. И вот я уже почти у самой вершины холма. Здесь, неподалеку от зарослей эфедры, врос в щебенку довольно крупный обломок известняка. Овальный камень в длину почти превышал метр. Я зацепил его с противоположной стороны крючком, крепко уперся ногами и всем корпусом потянул на себя. Обломок с трудом поддавался и лег на бок. То, что я увидел

под камнем, на какое-то время парализовало меня. Там на вытянутых лапах стояла странная крупная ящерица, на меня осмысленно смотрели ее крупные темные, влажные глаза заколдованной персидской принцессы. Когда я протянул к ней руку, она сердито бросилась на нее с открытой пастью и тонко, жалобно закричала: «я-я-ззз». Этот неожиданный, необычный крик почему-то смутил меня, как бывает дрогнет сердце охотника, который услышит почти детский плач только что подстреленного зайца. Это был зублефар. Я все же схватил его и побежал к машине. На полдороге несколько успокоился, осторожно, чтобы не повредить, по-видимому, ломкий хвост, пересадил ценнейшую добычу в мешочек и, наконец, собрался с мыслями.

Все, что связано с этой ящерицей — необычно. Зублефар относится к группе гекконов, но в отличие от них его крупные глаза снабжены подвижными веками. А это такое существенное отличие, что систематикам пришлось выделить зублефаров в отдельное семейство. По-видимому, появилось оно на Земле в весьма отдаленные времена: ведь зублефары кроме Азии обитают и на американском континенте.

Редкость зублефаров сочетается с их слабой изученностью. Ночные виды рептилий вообще еще ждут своих исследователей. До сих пор не известно даже количество видов, обитающих на обширной территории от Месопотамии на восток до о-ва Хайнань в Китае и о-ва Рюкю в Японии.

Внешне это удивительное животное похоже на сцинкового геккона: крупная крепкая



Туркменский зублефар.

голова, невыразительный у взрослых особей серо-сиреневый или бурый рисунок на охристом фоне. Ходит зублефар на вытянутых лапах. Размер туловища (с хвостом) около 20 см. При ближайшем рассмотрении, однако, бросается в глаза отсутствие крупной рыбообразной чешуи, покрывающей тело сцинкового геккона. У зублефара чешуя очень мелкая, поэтому тело кажется голым, слегка бородавчатым. Но главное — это его хвост. Если у других ящериц хвост сужается от своего основания к концу, то у зублефара он сначала резко расширяется и поэтому напоминает морковку. Как я убедился, хвост этой ящерицы имеет такую форму не ради стремления к оригинальности. Он является складом питательных веществ, как горб у верблюда. У худеющего зублефара на хвосте появляются

морщины, складки; у хорошо упитанного — он гладкий, как свежая сосиска.

В поведении зублефара можно узнать характерные черты разных пресмыкающихся. Так, однажды я сделал в террариуме осыпь из обломков скал (в таких местах он часто встречается в природе), и зублефар медленно пошел на вытянутых лапах, осторожно переступая щели и крепко цепляясь за неровности камня. На его пути встретились более крупные куски гранита — и походка ящерицы стала удивительно похожей на хамелеонью: перед каждым шагом зублефар стал раскачиваться взад и вперед. Возможно, такие движения позволяют животному более точно определить расстояние. Например, многие агамы при приближении опасности кивают головой сверху вниз. Таким образом они фиксируют одно и то же расстояние с двух точек.

С вараном у зублефара тоже есть определенное сходство: он охотно поедает мелких грызунов (мышат), ящериц, саранчовых. Хватает свою добычу зублефар мертвой хваткой.

Когда он вцепится в палец человека — это весьма ощутимо. Ящерица так крепко сжимает челюсти, что ее глаза проваливаются куда-то в глубину черепа, и на морде появляется забавное выражение какого-то сверхъестественного усилия. Если удерживать пинцетом добычу зублефара, то он начинает вращаться вокруг своей оси, пытаясь таким образом оторвать кусок, подобно тому, как это делают безногие ящерицы — желтопузы. В мягком грунте зублефар, как и большинство ящериц, может рыть собственные норы. Он издает два вида звуков — лающие, как у тропических гекконов, и тонкие, звенящие, отдаленно напоминающие каких-то цикад. При линьке (она начинается с кончика морды) зублефар sheds свою сброшенную шкуру.

Зублефар ведет ночной образ жизни. Размножается откладкой двух продолговатых белых яиц в мягкой кожистой оболочке, размером до 40 мм (напротив, у гекконов оболочка яиц жесткая, известковая, как у птиц). До сих пор этих крайне редких ящериц находили толь-

ко в Центральном Копетдаге (его северных склонах) под Ашхабадом и Бахарденом и на западе — в Кюрендаге, у с. Даната. Моя находка свидетельствовала о том, что зублефары в Туркмении обитают и южнее Копетдага.

У них (как быстро, пока не известно) выводятся симпатичные детеныши, их желтовато-охристое тело перечеркнуто широкими черными лентами, из которых одна расположена на шее, две — на спине и пять-шесть — на хвосте. Со временем они почти полностью исчезают или образуют сложный узор наряде взрослых особей. Последнее обстоятельство совершенно не характерно для гекконов; возрастная смена рисунка и окраска спины — обычное явление у настоящих ящериц.



Совсем недавно считалось, что в Азии, на территории Пакистана, Афганистана, Ирана и Туркмении, распространен один вид — зублефар пятнистый (*Eublephar macularius*), описанный еще в середине прошлого века. Однако исследования американских герпетологов С. Андерсона и А. Левитона показали, что в Иране обитает другой вид зублефара¹ (*E. apgataini*), хорошо различаемый по количеству и соотношению щитков (фолидозу). Под этим названием зублефар фигурировал в последнее время и в списке видов фауны СССР¹. Ленинградский зоолог И. С. Даревский, недавно побывавший в Иране и наблюдавший там живых зублефаров, заподозрил неладное в их систематике. Проанализировав имеющиеся материалы, он убедился, что в Туркмении мы имеем дело с особым видом, которому Даревский в 1977 г. и присвоил название *E. turcomanicus*. Таким образом, по самым новейшим данным, пятнистый зублефар обитает в Пакистане и Афганистане, иранский — в Иране и юго-западном Иране

и туркменский — в Туркмении и северном Иране.

Отличия нашего вида состоят в том, что у него мало (5—8 против 11—17) бедренных пор и отсутствует контакт между нижнечелюстным и первым нижнегубным щитками. Иранский зублефар отличается от пятнистого и туркменского отсутствием бугорков на пальцевых пластинках и наличием четко выраженной светлой продольной полосы посредине спины.

Туркменский зублефар как редкий вид включен в «Красную Книгу СССР»². Это справедливо. Зублефар обитает у нас на крайнем пределе своего распространения, на северной границе ареала, и встречается нечасто. Однако я убежден, что зублефары не так редки, как мы себе представляем...

Если направить на барханы луч света, даже от карманного фонарика, глаза сцинковых гекконов светятся ярким рубиновым огоньком на расстоянии до двухсот метров. Пользуясь этим способом, их легко обнаружить и поймать. Светятся глаза (чаще зеленоватым светом) у гребнепалых гекконов, пауков и других ночных животных. В длинном коридоре Зоологического музея АН УССР мы в полной темноте освещали лучом света зублефара. Оказалось, что у этой ящерицы, сходной по размерам с сцинковым гекконом, глаза почти не отражают свет, даже если они не закрыты веками. Слабое красноватое свечение их наблюдалось только на расстоянии 10—14 м. Гекконы, ослепленные светом, как правило, замирают (и в этот момент их можно легко поймать). В подобной ситуации зублефар скрывается, не задерживаясь. Туркменский зоолог С. Ш. Шамаков также рассказывал, что эта ящерица, встреченная им на шоссе, пыталась скрыться, не обращая внимания на яркий свет фар. Зублефар в сравнении с другими пресмыкающи-

мися, которых мне приходилось наблюдать в террариуме, исключительно осторожное, пугливое животное. Следует напомнить и то, что зублефаров встречали на каменистых склонах, у завалов крупных обломков скальных пород, неподалеку от нор грызунов. Нетрудно представить себе, что эта ящерица может быть обнаружена только при каких-то чрезвычайных обстоятельствах. Мой экземпляр, по-видимому, оказался недалеко от поверхности благодаря сильному дождю, заливавшему норы. В обычных условиях зублефар всегда успевает исчезнуть в убежище, прежде чем будет обнаружен.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Атаев Ч. К РАСПРОСТРАНЕНИЮ И ЭКОЛОГИИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПРЕСМЫКАЮЩИХСЯ ТУРКМЕНИСТАНА. — «Изв. АН Туркм. ССР, сер. биол. наук», 1977, № 1.

Даревский И. С. КАКОЙ ВИД ЗУБЛЕФАРА (*Eublephar Ahgramainyi*) ВСТРЕЧАЕТСЯ В СРЕДНЕЙ АЗИИ? — В сб. Зоологического института АН СССР: «Новые виды животных СССР и сопредельных стран», 1978, т. 61.

¹ См., напр., «Жизнь животных», т. IV, 1969.

² Красная Книга СССР, М., 1978.

Альфред Брем — исследователь, просветитель, художник

К 150-летию со дня рождения

Имя Альфреда Эдмунда Брема, чье 150-летие отмечается в этом году мировой общественностью, гремело в Европе и России в течение целого столетия. Его «Жизнь животных», переведенная на многие языки, не только способствовала развитию интереса к естествознанию, но, написанная прекрасным языком, удовлетворяла чувство прекрасного, являлась образцом популяризации знаний. Интерес к Брему в России был настолько велик, что по мере выхода в свет его новых книг многие из них почти незамедлительно появлялись на русском языке. Так были переведены «Путешествие по северо-восточной Африке», ч. 1—2 (СПб., 1861—1871), «Путешествие в Западную Сибирь» (М., 1882), «Лесные животные» (М., 1893). Некоторые его книги вышли в советское время: «Жизнь на севере и юге (от Северного полюса до экватора)» (М., 1923). «Жизнь животных» издавалась дважды — в 1911—1915 гг. и в 1937—1948 гг.]. Несмотря на известные недостатки (слабое критическое отношение к сообщаемым сведениям, антропоморфизм), Брем своим целостным подходом, методом подачи «образа жизни» животных, его связи с окружающей средой определил дальнейшие пути зоологии. Хотя современное естествознание ушло в своем развитии далеко от идей, развиваемых в XIX в., обаяние Брема таково, что современная «Жизнь животных», выходящая в СССР, самым названием своим свидетельствует о преемственности некоторых его идей.

И. Ян,
сотрудник Музея естествознания,
Берлин (ГДР)

Э. Вольф,
директор Музея А. Брема
Рентендорф (ГДР)

Успехи Альфреда Эдмунда Брема, «отца животных», в области популярного изложения естественнонаучных знаний и педагогической деятельности заключаются, прежде всего, в его необычайном умении пользоваться словом как средством художественного изображения. Нагляднее всего это выразилось в «Жизни животных», труде, который актуален и по сей день: случай в естествознании — редчайший. «Жизнь животных» в Германии неоднократно переиздавалась полностью и в сокращенных вариантах (последний раз в 1963 г.). Эта книга часто оказывала влияние на выбор профессии; она по праву заслужила название «народной книги».

Чем же объясняется подобный успех? Сам Брем в 1863 г. писал об этом так: «В новейших трудах по зоологии, как это ни странно, почти не исследуется жизнь животных. В них обычно довольствуются точным описанием тела, а наибольшее внимание уделяется его органам»¹. Хотя в этом и некоторых других высказываниях Брема угадывается всего лишь намек на односторонность исследований, они тем не менее дали повод некоторым его биографам необоснованно обвинять современ-

¹ Brehm A. E. Ergebnisse einer Reise nach Habesch. Hamburg, 1863, S. 69.



А. Э. БРЕМ [2 февраля 1829 г. — 11 ноября 1884 г.].

ную Брему науку в простом «накоплении материала», в «систематизации или же, напротив, в тлетворно-разъедающем анализе тела животного». Тем не менее некоторые биографы считают Брема основоположником нового метода в зоологии, позволившего ему синтезировать цельный «образ жизни животного», не пренебрегая «внешним описанием» его.

Такое толкование Брема выглядит несколько упрощенным: он оказывается неким одиноким живым деревом в пустыне тогдашнего естествознания — представление, не соответствующее ни личности, ни деятельности Брема. Произошло это, в известной мере, от торопливости суждений.

Ибо вот, например, как выглядит продолжение вышеприведенной цитаты, которая вызвала недоразумение биографов: «Хотя новое направление в работе исследователей нам представляется в высшей степени плодотворным, мы тем не менее не можем отрицать, что полезно, а возможно и необходимо, вернуться к подробному описанию жизни животных, наподобие тех, что оставили нам естествоиспытатели прошлых веков, в первую очередь Кювье»².

Так что Брем сознательно соединил свою собственную программу исследова-

² Ibidem.



Мемориальный Дом-музей в Рентендорфе, где жил А. Брем.

Кабинет А. Брама в Рентендорфе.

Возвращение А. Брема из экспедиции в Судан.





ний с традиционной естественной историей. Задача нынешнего биографа как раз и состоит в выяснении вопроса о степени приобщенности Брема к прошлому, с одной стороны, и о том, в какой мере его труд определил будущее, с другой.

150 лет тому назад, 2 февраля 1829 г. в местечке Унтер-Рентендорф в Тюрингии у пастора и орнитолога Христиана Людвига Брема (1787—1864) родился третий сын — Альфред Эдмунд. К этому времени шестидесятилетний А. Гумбольдт (1769—1859) уже с год как прекратил чтение своих популярных лекций о космосе, которые в Германии знаменовали начало новой эпохи в популяризации знаний о природе. На Гумбольдта затем ссылались многие немецкие естествоиспытатели, которые пытались «наводить мосты» между наукой и народным образованием. Публичные лекции Гумбольдта и живые описания его путешествий служили примером, которому старались следовать и молодой Ч. Дарвин, и Э. Геккель, и М. Шлейден, и лейпцигский

педагог Э. Росмеслер, последователем которого стал Брем. К моменту возмужания Брема множество людей из разных слоев населения интересовалось описаниями природы и путешествий, так что его нельзя считать единственным виновником огромного внимания к животным и окружающей их среде. В первую очередь тут следует назвать французского натуралиста Ж. Бюффона, «Всеобщая естественная история» (1749) которого и «Естественная история четвероногих» (1767) были переведены на многие европейские языки и составляли украшение частных библиотек вплоть до XIX в. Эти книги, по всей вероятности, служили примером для Брема, тем более, что написаны они были ясным языком, снабжены иллюстрациями, а главное — содержали сведения о животных, собранные путешественниками XVIII в. Однако эти книги вышли почти за 100 лет до того, как молодой Брем собрался в первую экспедицию во внутреннюю Африку, так что никакой свежей информации для своего путешествия из них он взял

не мог. Об этом свидетельствуют сами названия книг Бюффона: в XIX в. уже ни один зоолог не сказал бы про животных просто «четвероногие». После работ Ф. Кювье и Ж. Ламарка стало употребляться введенное К. Линнеем понятие «млекопитающие». Именно благодаря «сухим» и детальным исследованиям этих ученых, над которыми столько иронизировали в дальнейшем, в качестве определяющего признака — для ориентации в разнообразном мире животных — было принято такое важное явление, как вскармливание детенышей молоком. Методологическая строгость и последовательность, которую требовали Линней и Кювье, постепенно стали основой для наблюдений и описаний животных. В середине XIX в. это привело к превращению зоологии в самостоятельную университетскую научную дисциплину, что вывело ее за границы простого повествования о «естественной истории», каковой она была в предыдущие века.

«Естественная история» Бюффона большей частью включала в себя описания жизни животных в неволе или же мертвых животных. В отличие от него молодой Брем уже в одной из своих первых публикаций приводит «только собственные наблюдения, а наблюдения других исследователей» учитывает «лишь постольку, поскольку они могут служить сравнением или если они дополнены или исправлены мною самим»³. Разница между «Естественной историей» Бюффона и «Путевыми заметками» Брема 1863 г. весьма ощутима.

Наряду с описанием внешнего вида и данными вскрытия, полученными анатомом Добентоном, Бюффон приводит собственные впечатления от животного: «Павианы, у которых только рука похожа на человеческую, имеют хвост, острые когти, толстую морду и т. д. Они выглядят дикими животными и действительно являются таковыми. Я видел живого павиана, внешне он не был безобразен и тем не менее навел ужас. Он постоянно скрипел зубами, двигался и был столь неистов, что пришлось запереть его в железную клетку. Но он вцепился в нее с такой силой, что зрителям становилось страшно...»⁴.

Насколько же более деловым выглядит бремовское описание «жизни павианов», когда он характеризует их поведение

в естественной среде (одновременно с точным описанием внешнего вида): «Мне кажется, все члены стада находятся друг с другом в хороших отношениях, хотя они и ссорятся помаленьку. Матери отвечают затрешины непослушным детям, навязывая им таким образом свою волю. В случае опасности самцы помогают друг другу и берут на себя защиту слабых, т. е. самок и детенышей»⁵. Лаконизм описания — ключ к успеху Брема.

Его сила, в частности, и в том, что основой его «словесной живописи» были собственные наблюдения и опыт, которые вызывают у читателя чувство сопереживания с автором. Богатый исследовательский материал позволил Брему критически освоить и переработать данные других авторов, которые он использовал в «Жизни животных». Такой опыт Брем приобрел во время своих многочисленных экспедиций. Захватывающие эпизоды, случавшиеся с ним в этих экспедициях, он часто переплетал с чисто зоологическими сведениями. Надо помнить, что в бремовские времена поездки в другие части света почти всегда носили характер сенсации. Экспедиции вглубь других континентов, охота, наблюдение и поимка живых животных относились к рискованным предприятиям, результаты которых не всегда можно было предвидеть. Например, Э. Леппиг, который в 1822—1832 гг. обследовал Кубу, Чили и Бразилию, в Перу попал в плен. Ф. Лайхардт пропал без вести в Австралии. Из девяти участников экспедиции в Африку в 1825 г. во главе с Хенприхом и Эренбергом вернулся один только Эренберг. Трагическая судьба постигла брата Брема Оскара и его спутника доктора Фирталера, которые в 1849 г., присоединившись к экспедиции Альфреда Брема, нашли свою смерть в Египте.

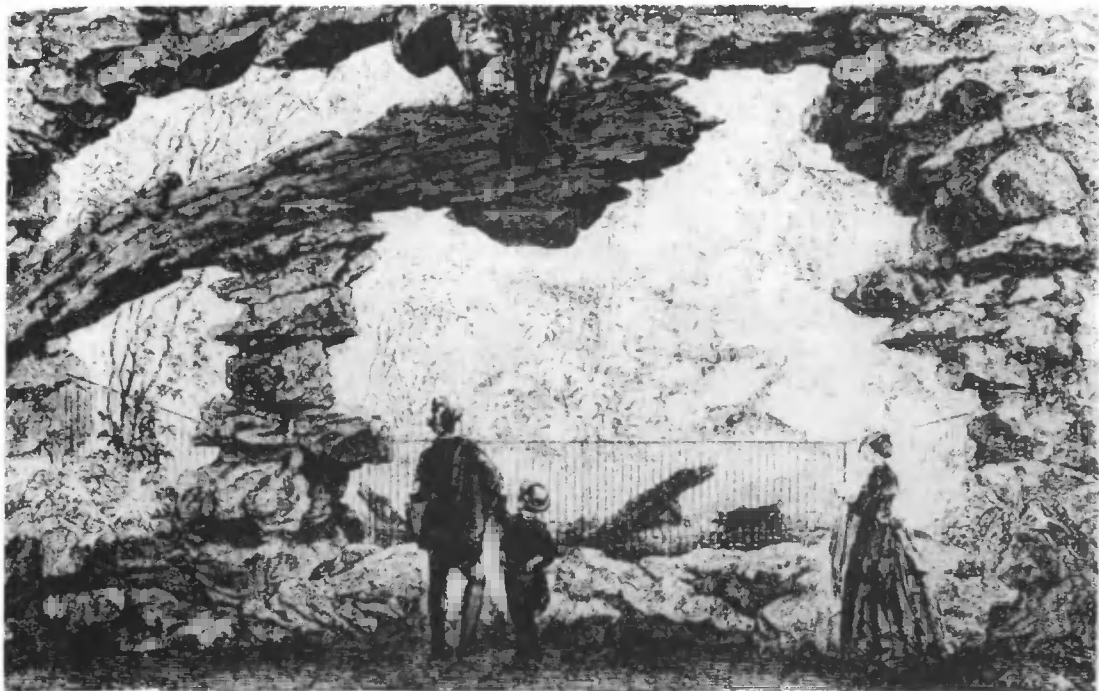
Йенский университет в 1836 г. присвоил Брему звание профессора лишь на том основании, что для такого путешествия «требуется дух предприимчивости, который можно считать эквивалентом продолжительной университетской деятельности».

Наблюдения за животными требовали терпения и отнимали много времени. Но все же главным во время экспедиций, как бы опасны они ни были, являлось приобретение коллекций, так как именно коллекции часто являлись единственным

³ Ibid., S. 71.

⁴ Buffon G. Naturgeschichte der vierfüßigen Thiere. B., 1770.

⁵ Brehm A. E. Ergebnisse einer Reise nach Habesch, S. 85.



«Крокодилий грот» в Берлинском аквариуме, 1869 г.

поводом для финансирования подобных предприятий. Требовалась немалая изобретательность, чтобы привлечь к этому делу местное население — охотников и сборщиков, которые дополняли собранное руками ученого, да к тому же высвобождали для него время, чтобы он мог препарировать, консервировать и регистрировать материалы. Трудности таких предприятий, связанные к тому же с освоением новых территорий, ускоряли публичное признание. Именно этим можно объяснить тот удивительный факт, что двадцатилетний Брем за 3 года до своего возвращения из Африки, не окончивший университета и не опубликовавший ничего достойного внимания, 15 октября 1849 г. стал членом Германской академии естествоиспытателей «Леопольдина»⁶ одновременно с Ф. Мюллером⁷.

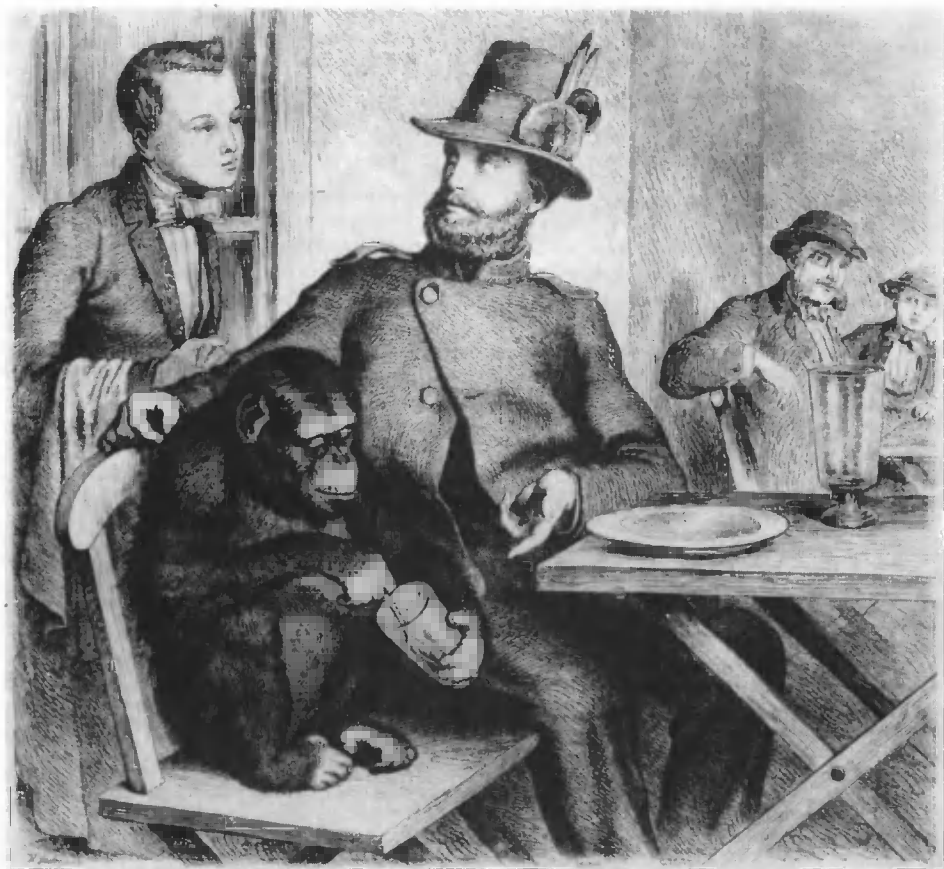
При перечислении заслуг Брему воздавали должное как «товарищу Мюллера при исследовании Внутренней Африки, который прославился неутомимыми орнитологическими наблюдениями».

Краткий документ о зачислении Брема в академическую среду знакомит читателя с важными событиями в его жизни. Он возвращает нас к началу пути, когда встреча с Мюллером резко изменила его первоначальные жизненные планы. Орнитологические исследования отца, которого в народе называли «птичьим пастором», произвели большое впечатление на мальчика. Х. Л. Брем вместе со своими единомышленниками И. Науманном (1780—1857) и Ф. Фабером (1796—1828) заложил основы классической немецкой орнитологии. В своей работе он опирался как на точные

империи имени императора Леопольда для наблюдения природы», откуда она и получила название «Леопольдина». — Прим. ред.

⁷ Ф. Мюллер (1821—1897) — немецкий зоолог, развивший многие положения дарвинизма, обосновал существование явления рекапитуляции (проявления на ранних стадиях индивидуального развития организма признаков его предков, утраченных у современных взрослых форм) и показал, что онтогенез изменяется в процессе эволюции путем преобразования различных этапов развития особи. — Прим. ред.

⁶ «Леопольдина» — Германская академия естествоиспытателей, основанная по образцу итальянских гуманитарных академий в 1652 г. физиком И. Л. Баушем в Швейнфурте. В 1687 г. император Леопольд I утвердил ее в качестве «Академии Священной Римской



А. Брем с шимпанзе по кличке Молли в гамбургском кафе.

полевые наблюдения, так и на сравнительные исследования видов, для чего использовал богатую коллекцию чучел, которую собрал именно для изучения изменчивости видов, где были представлены разные представители одного и того же вида. Сама по себе ловля птиц требовала внимательного наблюдения за природой. Альфред с детства привык к этому. Собранную коллекцию, кроме того, необходимо было дополнять. А для этого нужно было выменивать одни экземпляры на другие. Так заводились научные связи.

В доме деревенского священника встречались знатоки птиц, обсуждая методы и результаты наблюдений. Побывал в Рентендорфе в 1846 г. — перед поездкой в Египет — и Мюллер. Отец Брема был заинтересован в приобретении новых птичьих чучел для своей коллекции. Его

сын жаждал приключений. А Мюллер ничего не имел против помощника, который знал и любил природу, умел наблюдать, стрелять, рисовать, препарировать и определять птиц. Все эти факторы, вместе взятые, привели к тому, что несовершеннолетний Альфред Брем стал участником многолетней экспедиции.

Однако до этого жизненные планы его были другими: он хотел стать архитектором. В 14 лет он уже обучался ремеслу каменщика в Альтенбурге, а в 16 лет поступил в Академию художеств в Дрездене. Но он все бросил ради путешествия в Африку, определившего его дальнейшую жизнь. В одном из произведений Брема об Африке⁸ и в опубликованном после его смерти дневнике⁹ подробно изложены

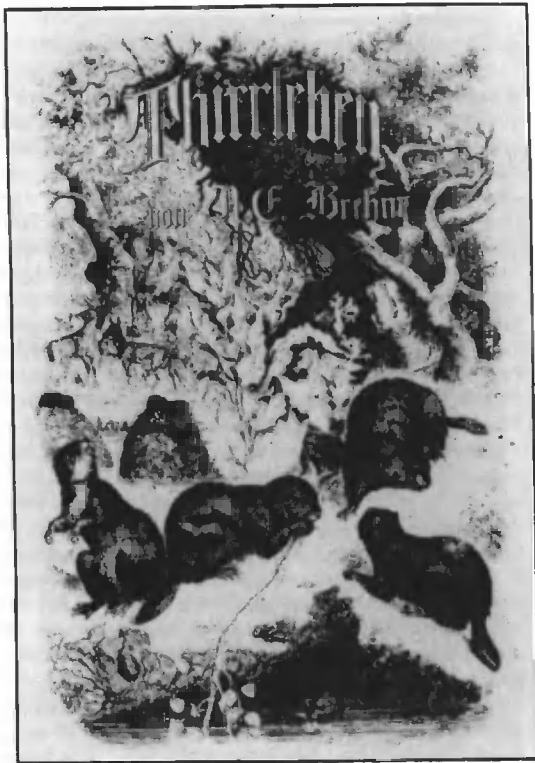
⁸ Brehm A. E. Reiseskizzen aus Africa. 3 Bd., Jena, 1855.

⁹ Kleinschmidt O. Aus A. E. Brehm Tagebüchern. Die Neue Brehm — Bücherei, H. 28, Wittenberg — Lutherstadt, 1951.

все его положительные и отрицательные эмоции по этому поводу. Когда Мюллер весной 1849 г. из-за нехватки денег вернулся в Германию с большими коллекциями птиц, чтобы научно обработать собранный материал и обеспечить экспедиции дальнейшую финансовую поддержку, Брему пришлось остаться в Египте. Во время ожидания Мюллера он изучал не только животный мир в дельте Нила, но и арабский язык, образ жизни всей страны и отдельных людей, мусульманские нравы и обычаи, к которым он относился с уважением и симпатией. Чтобы завоевать доверие населения, он принял арабское имя Халил и говорил на цветистом языке Востока. Эти навыки помогли ему в течение трех лет руководить экспедицией и довести ее до верховьев Нила и до джунглей Голубого Нила. По всей видимости, они же наложили отпечаток на образность его речи и языка.

На одной из акварелей, посвященной возвращению Брема из Восточного Судана весной 1852 г., Брем изображен не только среди ящиков с чучелами животных (1400 чучел птиц!), но и с живыми птицами. В его маленьком зверинце были, например, ручные ибисы и марабу, пресмыкающиеся и млекопитающие. У Брема был накоплен большой опыт по приручению и уходу за ними, опыт, на котором в немалой степени основывается его описание животных. В Африке эти животные жили вместе с ним. Он привез их с собой в Германию. Часть их попала в Берлинский зоологический сад, например прирученная им львица. Мартышек же он отвез в Рентендорф. Затем Брем взял их с собой в Йену, куда поступил учиться и где его за африканское прошлое прозвали «Фараоном».

Совместная жизнь с дикими животными, содержание которых было равнозначно приручению, явилась основой для наблюдений Брема за их поведением. В африканском одиночестве любое животное казалось ему «чувствующим, действующим и воздействующим существом»¹⁰. Оно было его товарищем — в наше время многие владельцы животных тоже считают их своими друзьями. Брем строил мост между человеком и животным, исходя из чистых эмоций, подобно тому как Дарвин в



Титульный лист «Жизни животных» А. Брема, 1864 г.

своем учении о происхождении видов делал это, исходя из естественнонаучных и рациональных представлений.

В его «Жизни животных» много места уделяется содержанию и одомашниванию животных, описывается приручение и содержание многих диких животных в неволе. Свою работу в зоопарке Брем, в первую очередь, воспринимал как одомашнивание доверенных ему зверей. В своем произведении «Птицы в неволе» (1872) он писал: «Птицу, содержащуюся в клетке или в вольере в парке или на лугу, нужно воспринимать как домашнее животное, а не как несчастного пленника... И комнатную птицу приручают... В самом деле, она так же хорошо себя чувствует в навязанных ей условиях, как и любое другое домашнее животное»¹¹.

¹⁰ Brehm A. E. Der Winter in Ägypten in ornithologischer Hinsicht. — In: Naumannia, 1849, H. 1. S. 54.

¹¹ Brehm A. E. Gefangene Vögel. Leipzig und Heidelberg, 1872, Bd. 1.

После возвращения Брема из Африки отец попытался обеспечить будущее сына, который еще ничему не выучился, и рекомендовал его — в 1853 г. — берлинскому зоологу Лихтенштейну, директору музея и зоопарка. Помимо учебы у Лихтенштейна, Брем должен был быть наставником двух сыновей египетских вельмож, учившихся в Берлине. Этот план не осуществился. В 1853—1856 гг. Брем учился естественным наукам в Йене и в Вене и защитил диссертацию в Йенском университете. После путешествия со своим братом Рейнвальдом в Испанию (1856—1858), где он охотился и собирал материалы, Брем переселился в Лейпциг, где работал Росмеслер, и до 1862 г. преподавал географию в гимназии. Его научно-популярные статьи, опубликованные в журнале «Die Heimat» («Родина»), который издавал Росмеслер, и в журнале «Die Gartenlaube» («Беседка»), стали известны в широких кругах населения. Этой известностью Брем воспользовался для того, чтобы, подобно Росмеслеру, приохотить людей к самостоятельному изучению природы и приучить их смотреть на нее без предрассудков. Только руководствуясь «естественным взглядом на вещи», — писал позднее Брем, — «прогрессивные люди нашего времени противостоят ретроградом: они борются против безумия и косности и отвоёвывают, хотя и медленно, но непрерывно, одну область за другой»¹².

Под этим девизом прошла вся деятельность Брема в области народного просвещения, которую он вел и будучи первым директором Гамбургского зоологического сада (1863—1866), и руководителем первого Берлинского аквариума (1867—1874), им основанного. Этот девиз — «естественный взгляд на вещи» — сопровождал всю его писательскую и лекторскую работу.

Так, например, в одной из венских газет была опубликована заметка, автор которой делился впечатлениями от доклада Брема «О птичьих горах на крайнем Севере». В 1860 г. Брем совершил путешествие в Норвегию и Лапландию. По возвращении он выступил в Вене с лекцией, чтение которой сопровождалось показом редкостных экземпляров птиц, привезен-

ных из этой поездки. Знаменитый естествоиспытатель развернул перед аудиторией великолепную картину птичьего мира на Севере, поэтичность и красочность которой можно сравнить лишь с картиной, написанной кистью большого художника. Воображение уносило посетителей к фиордам, холмам и каменистым островам северной Скандинавии. Странная, неведомая жизнь миллиардов гаг, чаек, гагарок, кайр и куликов-сорок, с рождения до смерти, проходила перед их глазами... Впечатление от доклада было тем сильнее, что Брем незаметно, но метко, по мнению рецензента, проводил сравнение птичьих повадок с поведением человека¹³.

В этом отзыве впервые при желании можно услышать критику попыток Брема «очеловечить» некоторые формы поведения животных. Позже противники упрекали его в отсутствии профессиональных знаний, в недостаточности наблюдений, в предрассудках, а нередко и в неосознанных преувеличениях. Корни этой полемики ведут к тем кругам естествоиспытателей, представители которых скептически следили за слишком восторженной популяризацией дарвинизма Геккелем и за натурфилософскими обобщениями.

А Брем еще в родительском доме воспринял идейный багаж немецкой натурфилософии. Основой его жизнеописаний животных была именно основывающаяся на натурфилософии систематизация животных К. Рейхенбаха. Он предпочитал пользоваться немецкими названиями животных, введенными Л. Океном, и находился под сильным влиянием учения о душах животных, которые проповедовали некоторые натурфилософы, располагавшие, подобно Окену, виды на своеобразной лестнице духовного совершенства и определявшие способности животных в зависимости от тех «умений» чисто человеческого свойства, которым можно их обучить.

«Основываясь на собственном опыте, — пишет Брем в 1861 г., — я считаю вполне возможным, что птица начинает учиться строить гнездо еще птенцом, находясь в этом гнезде, и доучивается потом, когда начинает наблюдать за работой старых птиц своего вида».

¹² Brehm A. E. Kleine Schriften. Gesammelte Aufsätze. Leipzig, 1921.

¹³ Brehm A. E. Vom Nordpol zum Äquator. Populäre Vorträge. Stuttgart — Berlin — Leipzig, 1890.

Сторонники такого типа просвещения обычно отрицали академические процессы специализации знания, аналитически-расчленяющие методы и принципы причинности в исследованиях. На передний план они выдвигали идею «единства природы».

Понятно, что такие исходные позиции могли явиться причиной антропоморфистских преувеличений Брема в области психологии животных. Но не менее понятно, что те же самые позиции определили путь к такому пониманию окружающей среды, которое делает Брема и по сей день первооткрывателем. Ибо он считал, «что для совершенного знания животного требуется знание его отечества», той специфической среды, которая окружает данный вид животных. «Недостаточно знать, что одно существо живет в лесу, другое — в степи, а третье — в море; необходимо знать, как устроены эти лес, степь, море. Каждое отдельное животное характерно именно для своей родины. Оно всегда приспособлено к климату, рельефу, и — зависящему от них — растительному миру. Тем самым оно на себе несет печать своего отечества, и лишь тогда, когда мы сопоставляем среду, образ и условия обитания животного, мы постигаем его жизнь... Животное на своей родной территории не водится в одиночку. Оно всегда в сообществе, в содружестве с другими. Поэтому при рассмотрении среды обитания мы одновременно получаем представление о главных формах животных, которые есть в данной местности»¹⁴.

Эти рассуждения являются программными для всей деятельности Брема и до сих пор вполне современные, ибо в науке — в качестве самостоятельного направления — утвердился вполне обоснованный синэкологический метод.

А в то время рассуждения Брема можно было понимать, как непосредственное продолжение геогностически-географического подхода Гумбольдта, ибо по стилю и содержанию они сильно напоминают его «Картины природы тропических стран» (1809) и I том «Космоса» (1849). Похожи они и на научно-популярное произведение Шлейдена «Растение и его жизнь» (1848), которое в 1864 г. вышло шестым изданием.

Необходимость гармоничного изуче-

ния животных вкупе с окружающей их средой Брем пытался обосновать не только в своих книгах и докладах, но и представить наглядно, оборудуя «птичьи скалы» в Гамбургском зоопарке или «птичий дом» и «геологический грот» в Берлинском аквариуме. При помощи естественных камней, окаменевших кусочков дерева или угля он пытался в одном из помещений создать некое подобие пещеры, чтобы — наряду с биологией — дать посетителям представление и о минералогии. Художественно-педагогические принципы внутреннего оформления пещеры вполне выдерживают сравнение с современными выставками. Идея Брема состояла в том, чтобы посетитель из небольшого темного помещения рассматривал экспонаты, помещенные в большом светлом зале. Преимущество по сравнению с другими выставками заключается в том, что зритель хорошо видит животное, а животное зрителя почти не замечает, что обеспечивает ему большую свободу действий. Совершенно современными являются и таблички с кратким описанием и изображением животного, укрепленные на клетке, которые могут и самого невежественного человека ознакомить без дополнительных уроков с тем, на кого он смотрит. Прекращается бесполезное изумление и начинается наблюдение... Посетитель смотрит, проверяет и сравнивает. Прежде безразличный для него предмет наделяется индивидуальными особенностями. Даже в наше время нельзя лучше определить цели и средства образования. Поэтому неудивительно, что в первом, 1869 г., Берлинский аквариум посетило около 200 тыс. человек, в 1872 г. — 250 тыс.

Программу Брема в области народного просвещения, которую он выполнял в одиночку, ныне пытается продолжить множество специалистов-зоологов. Этому способствуют современные фото- и киносъемки, которые заменили работу художников-аниматоров и пейзажистов и стали важным вспомогательным средством для научного исследования поведения животных. Хорошее литературное оформление естественнонаучных работ, современная техника иллюстрирования — предпосылки к успеху и до сих пор являются одной из сложнейших задач популяризатора.

Альфред Эдмунд Брем — «отец животных», «Халил-Эфенди» и «Фараон» — справился с этой задачей блестяще.

¹⁴ Brehm A. E. Ergebnisse einer Reise nach Habesch, S. 69.

Космические исследования

Новая экспедиция на «Салют-6»

25 февраля 1979 г. в 14 ч 54 мин по московскому времени в Советском Союзе был осуществлен запуск транспортного космического корабля «Союз-32» с экипажем в составе командира корабля В. А. Ляхова и бортинженера В. В. Рюмина. На следующий день «Союз-32» осуществил стыковку со станцией «Салют-6» к стыковочному узлу, расположенному на переходном отсеке. После перехода экипажа в помещение станции, которая со 2 ноября 1978 г. совершала полет в автоматическом режиме, на околоземной орбите стал функционировать пилотируемый научно-исследовательский комплекс «Салют-6» — «Союз-32».

В программу работ экспедиции входит продолжение научно-технических исследований и экспериментов, обследование бортовых систем, приборов и научной аппаратуры и проведение по результатам этого обследования необходимых профилактических и ремонтно-восстановительных работ.

После расконсервации станции был осуществлен учет запасов продуктов питания, воды, сменного оборудования и расходных материалов, проведена проверка функционирования шлюзовой камеры, выполнен ряд операций по повышению надежности радиопереговорной системы «Заря». Космонавты заменили также отдельные детали на велоэргометре, переключили на другой электронный блок датчики, предназначенные для эксперимента «Резонанс», перезарядили и проверили работоспособность многозональной фотоаппаратуры «МКФ-6М».



Экипаж космического корабля «Союз-32»: командир корабля подполковник В. А. Ляхов (слева) и бортинженер летчик-космонавт СССР В. В. Рюмин.

Фото ТАСС.

12 марта 1979 г. был запущен автоматический грузовой транспортный корабль «Прогресс-5», который 14 марта осуществил стыковку с пилотируемым комплексом и доставил топливо для объединенной двигательной установки станции оборудование, научную аппаратуру и т. д.

Утром 16 марта начались основные ремонтно-профилактические операции с топливной системой объединенной двигательной установки (ОДУ) станции и подготовка ее к дозаправке топливом. В конце работы на борту станции предыдущей экспедиции (космонавты В. В. Коваленок и А. С. Иванченков) были отмечены некоторые отклонения контрольных параметров в пневмоматриалах системы надува двигательной установки. Технические эксперименты со станцией во время ее полета в автоматическом режиме и анализ показали, что причи-



на этих отклонений — повреждение подвижной мембраны, разделяющей жидкое горючее и газообразный азот внутри одного из трех баков горючего. При длительном пребывании в космосе это могло привести к неустойчивой работе регулирующих клапанов топливной системы и к последующему нарушению нормальной работы двигательной установки. Поэтому было принято решение в дальнейшем не использовать бак с неисправной мембраной, исключив его из общего контура двигательной системы, а находящееся в нем горючее перелить в два исправных бака.

Комплекс «Салют-6» — «Союз-32» — «Прогресс-5» был приведен во вращение вокруг поперечной оси, чтобы, создав искусственную гравитацию, за счет центробежных сил отделить в поврежденном баке горючее от азота. При перекачке топлива без закрутки пузыри газа могли попасть в другие баки и нарушить нормальную работу двигателей. Далее большая часть горючего была выдавлена в неповрежденный бак станции, а остаток

с включениями газа — в пустой бак «Прогресса-5». После этих операций в поврежденном баке осталось незначительное количество горючего, не превышавшее то, которое обычно выбрасывается в космическое пространство при продувке топливных магистралей после дозаправки. Поэтому для окончательного освобождения бака и связанных с ним трубопроводов от остатков горючего был открыт клапан в космическое пространство.

На пульте управления станцией космонавты установили новое командно-сигнальное устройство и бортовые часы, заменили один из пультов управления научной аппаратурой. Чтобы восстановить параметры системы электропитания, был подключен дополнительный блок химических батарей, доставленный кораблем «Прогресс-5», а в рабочем отсеке установлены новые чувствительные элементы системы «Сигнал», с помощью которых можно обнаружить минимальные примеси окиси углерода в помещениях станции.

Практика длительных пилотируемых полетов показала целесообразность передачи телевизионной информации на борт орбитального комплекса. Впервые в истории космонавтики был выполнен эксперимент по передаче телевизионного изображения с Земли на борт орбитальной станции. Прием изображения на «Салют-6» осуществлялся с помощью специально разработанного телевизионного приемника, доставленного кораблем «Прогресс-5». Подобная система связи значительно расширяет возможности передачи экипажу различной информации в виде текстов, таблиц, чертежей, фотографий, а также телевизионных сюжетов из Центра управления полетом и других организаций.

Большое место в программе работ экипажа занимали медико-биологические эксперименты. Систематически проводились обследования состояния космонавтов — измерялась масса тела с помощью специальных весов, исследовалась динамика кровообращения в условиях полного покоя, что

позволяет оценить перестройку функций организма в процессе адаптации к условиям невесомости, исследовалась биоэлектрическая активность сердца, проводилось комплексное изучение системы кровообращения.

Были начаты биологические эксперименты по изучению влияния невесомости на развитие некоторых высших и низших растений и культуры ткани. Экипаж посеял семена арабидопсиса в доставленном на корабле «Прогресс-5» приборе «Фитон» и установил его возле источника света. Часть растений, выращиваемых на станции, например петрушку, лук, укроп, космонавты употребляли в пищу. В специальном приборе «Биогравиастат» были начаты также биологические эксперименты по изучению развития высших растений в условиях искусственной гравитации.

Космонавты проводили визуальное наблюдение поверхности Земли и Мирового океана по программе исследований окружающей среды, а также сообщали в Центр управления полетом о метеорологических процессах в земной атмосфере.

В соответствии с программой сотрудничества между СССР и Францией в области изучения и освоения космического пространства в мирных целях проведены совместные технологические эксперименты. Ампулы с исследуемыми материалами были изготовлены французской стороной и доставлены на станцию «Салют-6» кораблем «Прогресс-5». В первом технологическом эксперименте «Эльма» в условиях слабой гравитации были получены кристаллы полупроводников, во втором — материалы на основе редкоземельных металлов. Оба эксперимента были проведены на новой электронагревательной установке «Кристалл».

30 марта с помощью двигательной установки корабля «Прогресс-5» была осуществлена очередная коррекция траектории движения орбитального комплекса.

С. А. Никитин

Москва

Запущены два метеорологических спутника

В октябре 1978 г. с Западного испытательного полигона (аэробаза Вандербург, Калифорния, США) запущены два метеорологических спутника. «Тирос-Н» имеет близкую к полярной круговую геосинхронную орбиту (перигей 846 км, апогей 862 км, наклонение 98,9°, период обращения 102 мин). Это первый из восьми метеорологических спутников «третьего поколения» — он оборудован более сложной и усовершенствованной аппаратурой по сравнению со спутниками предыдущих модификаций. Спутники этой серии позволяют улучшить анализ метеорологических условий, а следовательно, повысить точность прогнозов погоды, более точно картировать океанские течения, получать более полную информацию о снежном покрове, таянии снегов и осадках, а также улучшить прогнозирование повышения уровня солнечной радиации.

На «Тиросе-Н» установлены радиометры для получения информации в видимой и ближней ИК-областях спектра. С их помощью можно, в частности, определять вертикальный профиль температуры атмосферы, регистрировать содержание в ней водяных паров, измерять температуру морской поверхности с точностью до 1,5°C, различать при съемках из космоса сушу, воду, ледовый и снежный покровы. Спутник оснащен также французской системой «Аргос», предназначенной для ретрансляции метеорологической информации от измерительных платформ, установленных на шарах-зондах, океанических буях и т. п. «Тирос-Н» планируется использовать также в рамках международной программы First GARP Global Experiment (Первый глобальный эксперимент по программе GARP¹).

¹ Global Atmospheric Research Program — Международная программа исследования глобальных атмосферных процессов.

Осуществление этой программы, в которой участвуют около 140 стран, начато 1 декабря 1978 г. Оборудование «Тироса-Н» проектировалось с таким расчетом, чтобы получать информацию для решения численных моделей атмосферы.

Вторым был запущен спутник «Нимбус-7»; он был выведен на близкую к круговой орбиту (перигей 938 км, апогей 953 км, наклонение 99,3°, период обращения 102 мин). Спутник предназначен для исследования загрязнений атмосферы и океана как природного, так и техногенного характера, для исследования изменений в озоновом слое, а также для некоторых метеорологических наблюдений.

Основной измерительный инструмент «Нимбуса-7» — шестиканальный прибор, регистрирующий отраженное от водной поверхности солнечное излучение для определения перепадов температуры океанской поверхности и цвета воды. Последнее, в свою очередь, позволит обнаруживать скопления хлорофилла, различные взвеси, загрязнения и пр. Полученная информация будет использована, в частности, для обнаружения нефтяных пятен в тех районах Мирового океана, где пролегают трассы танкеров.

Кроме того, на «Нимбусе-7» установлено 7 приборов — многоканальные радиометры, спектрометр и другие инструменты, регистрирующие:

- солнечное излучение, отраженное Землей, для расчета теплового баланса в глобальном и региональном масштабах;

- вертикальный профиль температуры атмосферы, а также вертикальные профили содержания в атмосфере паров воды, азотной кислоты, окиси углерода, метана, двуокиси азота;

- вертикальный профиль содержания атмосферных аэрозолей;

- вертикальное распределение содержания озона и влияние на озоновый слой различных факторов.

Специалисты надеются получить от «Нимбуса-7» информацию, позволяющую определить масштабы загрязне-

ния океана, выяснить, нагревается или охлаждается Земля из-за загрязнения атмосферы промышленными предприятиями и транспортными средствами, происходит ли истощение озонового слоя под влиянием аэрозолей, содержащих частицы азотных удобрений, а также в результате полетов сверхзвуковых самолетов.

Из 8 приборов спутника семь созданы в США, один — в Англии. В экспериментах, проводимых с помощью аппаратуры спутника, помимо американских, принимают участие специалисты Англии, Бельгии, Дании, Канады, Франции, Швейцарии, ФРГ и ЮАР.

«Interavia Air Letter», 1978, № 9111, p. 5—6; № 9119, p. 5 (Швейцария); «Aviation Week», 1978, v. 109, № 18, p. 19 (США).

Космические исследования

«НЕАО-2»

13 ноября 1978 г. с космодрома на м. Канаверал (США) запущен спутник «НЕАО-2» — астрономическая обсерватория для регистрации излучений высоких энергий. Ракета-носитель «Атлас-Кентавр» вывела спутник на близкую к круговой геоцентрическую орбиту (апогей 476 км, перигей 465 км, наклонение 23,5°, период обращения 94 мин).

Спутник «НЕАО-2» предназначен для детального изучения в течение длительного периода времени источников рентгеновского излучения, обнаруженных спутником «НЕАО-1»¹, запущенного 12 августа 1977 г. При расчетном периоде работы 6 мес. «НЕАО-1» нормально функционировал в течение 17 мес. до полного израсходования сжатого газа для системы ориентации и стабилизации на орбите и прекратил работу в январе 1979 г.

Информация, полученная от «НЕАО-1», позволила:

- пополнить каталог источников рентгеновского излу-

чения на небесной сфере от 360 до ~1500;

- обнаружить новые источники рентгеновского излучения, которые могут рассматриваться как кандидаты в «черные дыры»;

- обнаружить горячую плазму, масса которой, возможно, превышает массу галактик.

Обработка информации от «НЕАО-1» продолжается.

На спутнике «НЕАО-2» установлен рентгеновский телескоп и вспомогательная аппаратура, в состав которой входят спектрометры, счетчики и другие датчики и чувствительные элементы. По заявлениям американских специалистов, телескоп на «НЕАО-2» гораздо более чувствителен, чем любой из аналогичных приборов, выводившихся ранее в космос. Этот телескоп способен фокусировать слабое рентгеновское излучение с помощью четырех концентрических зеркальных колец и выделять «полезные» космические сигналы из шумов. «Изображения» рентгеновского источника передаются на Землю по телеметрическим каналам и реконструируются в виде фотографий, что позволит астрофизикам изучать размеры, физическую структуру и детали образования рентгеновского источника.

Период активного существования «НЕАО-2» 12 мес. Третья астрофизическая обсерватория этого типа — «НЕАО-3» — должна быть запущена в сентябре 1979 г.

«Interavia Air Letter», 1978, № 9132, p. 6; 1979, № 9175, p. 6. (Швейцария).

Астрофизика

Концентрация массы в центре Галактики

Известно, что ядро Галактики — источник радио- и ИК-излучения. Ряд астрофизиков полагает, что в ядре скрывается сверхмассивная черная дыра. Однако надежных оценок массы центральной области Галактики до сих пор не было. Наблюдения, проведенные Дж. Лейси, Ф. Баасом, Ч. Таун-

¹ Подробнее об этом спутнике см.: «Природа», 1978, № 3, с. 124.

сом и Т. Джебалле (Калифорнийский университет, Беркли и обсерватория им. Хэйла Института Карнеги, США)¹, показали, что в зоне диаметром 1 пс сосредоточена масса вещества, равная $8 \cdot 10^6 M_{\odot}$. Неизвестно, в каких объектах заключена эта огромная масса — в обычных звездах или в сверхмассивной черной дыре. Ясно лишь, что плотность вещества в этой зоне в 10^8 раз превышает среднюю плотность вещества в диске Галактики (в окрестностях Солнца одна звезда приходится на 10^3 пс).

Наблюдения, проводились с помощью ИК-спектрометра, помещенного в фокусе 2,5-метрового телескопа обсерватории Лас Кампанас (Чили). (В видимых лучах наблюдать центр Галактики невозможно из-за сильного поглощения межзвездной пылью, а ИК-излучение пылью почти не поглощается.)

Использованная при наблюдениях аппаратура обладала высоким угловым и спектральным разрешением, что позволило в области радиусом 1 пс вокруг центра Галактики выделить около десяти отдельных облаков ионизованного межзвездного газа и определить их лучевые скорости. Установлено, что отдельные облака имеют диаметр около 0,25 пс и содержат ионизованный газ, масса которого равна нескольким массам Солнца.

Неожиданно большой оказалась скорость движения газа внутри облаков (~ 100 км/с). Возможно, эти облака облетали в результате случайного столкновения звезд в ядре Галактики, тогда они должны менее чем за 1000 лет рассеяться в окружающем пространстве. Если же это долгоживущие облака, то чтобы газ не смог их покинуть, у каждого облака полная масса (газ+звезды) должна быть не менее $10^5 M_{\odot}$.

Сами облака движутся со скоростями около 200 км/с. Этот факт позволяет определить массу центральной части

ядра² диаметром 1 пс: она равна $8 \cdot 10^6 M_{\odot}$, т. е. как уже говорилось, пространственная плотность звезд здесь в 10^8 раз больше, чем вблизи Солнца.

Но самым интересным оказалось взаимное движение облаков. На карте распределения лучевых скоростей облаков ясно выделяются две области: в одной лучевые скорости положительны (т. е. движение происходит от нас), а в другой — отрицательны (движение направлено к нам). Это можно интерпретировать как вращение системы газовых облаков вокруг общего центра, вероятно, совпадающего с центром Галактики, но при этом ось их вращения наклонена к оси вращения самой Галактики под углом $60^\circ \div 90^\circ$.

Единственная из других крупных галактик такого же типа, как наша, с доступной для наблюдений центральной областью — туманность Андромеды. Если в нашей Галактике область в 1 пс имеет угловой размер $20''$, то в туманности Андромеды, расстояние до которой около 700 пс, эта же область видна под углом $0''{,}3$, т. е. совершенно недоступна для детального исследования наземными телескопами. С помощью телескопа, поднятого в 1974 г. на аэростате в стратосферу³, удалось с рекордным разрешением ($\sim 0''{,}2$) сфотографировать ядро этой галактики. Оказалось⁴, что его центральная часть (представляющая собой эллипсоид) радиусом 1 пс наклонена к основному телу галактики под углом около 30° . В других спиральных галактиках столь малые области

еще недоступны для детального исследования. Но уже на примере нашей Галактики и туманности Андромеды видно, что ядра галактик — динамически вполне самостоятельные объекты, не подчиняющиеся в точности всем свойствам материнской галактики. Общепринятого объяснения этому явлению пока нет.

В. Г. Сурдин

Москва

Организация науки

Общее собрание Академии наук СССР

14—15 марта 1979 г. в Московском Доме ученых проходило годовое общее собрание Академии наук СССР. Открыл собрание президент АН СССР академик А. П. Александров. В своем выступлении он отметил, что эпоха развитого социализма принесла с собой новые требования и к науке. По-иному встал целый ряд вопросов дальнейшего движения нашего общества.

Подчеркнув успехи, достигнутые отделениями общественных наук АН СССР, президент далее коснулся ряда перспективных направлений исследований, диктуемых потребностями отечественной и мировой экономики. Примерно 70% используемой в мире энергии приходится на долю нефти и газа. Из-за ограниченности их ресурсов на очереди переход к новым источникам энергии и, с другой стороны, более широкое использование угля. Поэтому необходимо форсировать создание новой крупномасштабной отрасли промышленности для получения продуктов глубокой переработки угля — жидких углеводородов, газообразного топлива. Предстоит расширить использование атомной энергетики. Истекают запасы некоторых видов металлургического, фосфорного сырья и т. д. Именно поэтому АН СССР настойчиво занимается проблемами энергетики, прироста запасов угля, нефти, газа и других ископаемых. Немалый вклад в это де-

² Так же, как зная скорость движения искусственного спутника Земли вокруг нашей планеты, можно определить массу Земли по формуле

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

³ Light E. S., Danielson R. E., Schwarzschild M. — «Astrophysical Journal», 1974, v. 194, p. 257.

⁴ Peterson C. J., Ford W. K., Rubin V. C. — «Astronomical Journal», 1977, v. 82, p. 32.

¹ Lacy J. H., Baas F., Townes C. H., Geballe T. R. — «Astrophysical Journal», 1979, v. 227, L17.

ло внесли ученые Сибирского отделения.

Академия энергично включается в разработку новых геофизических методов разведки ископаемых, особенно горючих. В частности, проведены эксперименты по применению МГД-генераторов большой мощности для зондирования земной коры до глубины 20—40 км и поисков глубинных газовых и нефтяных месторождений.

Предложенный специалистами АН СССР метод изготовления многослойных труб для магистральных газопроводов позволяет вдвое снизить расход металла на трубопроводы и вдвое повысить их пропускную способность. Успехи, достигнутые в области сверхпроводимости, дадут возможность значительно увеличить мощность энергетических агрегатов.

Президент отметил достижения в области волоконной оптики, микроэлектроники и в заключение остановился на вопросах научного приборостроения и автоматизации экспериментов, подчеркнув необходимость усиленного к ним внимания.

С докладом о деятельности АН СССР в 1978 г. выступил главный ученый секретарь президиума академии академик Г. К. Скрыбин. Характерной особенностью истекшего года было еще большее приближение науки к практике, к решению первоочередных народнохозяйственных задач. Плоды свыше 1400 завершенных исследований находятся на стадии практической реализации, промышленность освоила более 230 разработок, многие из которых дадут огромный экономический эффект. Например, созданный в Институте химической физики АН СССР принципиально новый способ получения полимеров с дешевыми минеральными наполнителями может принести миллиарды рублей экономии только за счет снижения расхода нефтепродуктов и сжиженных газов.

Продолжалось изучение Земли и космоса с помощью орбитального комплекса «Салют-6» — «Союз»; ценные сведения о Венере дал полет авто-

матических станций «Венера-11 и -12».

В АН СССР расширяется целевое финансирование программ по решению важнейших научных проблем. В 1979 г. на их выполнение выделяется более четверти всех бюджетных ассигнований по академии. Разработана комплексная программа фундаментальных исследований академических учреждений по проблемам развития сельского хозяйства. Президиум АН СССР определил узловые направления исследований, необходимых для комплексного развития экономики Сибири и Дальнего Востока.

На собрании были вручены золотые медали и премии имени выдающихся ученых. Состоялось также вручение наград АН СССР летчикам-космонавтам СССР, молодым ученым и студентам.

Организация науки

Золотые медали им. М. В. Ломоносова за 1978 г.

Высшая награда Академии наук СССР — золотые медали им. М. В. Ломоносова присуждены в 1978 г. академику А. П. Александрову за выдающиеся достижения в области атомной науки и техники и профессору А. Тодду (Великобритания) за выдающиеся достижения в области органической химии.

Я думаю, все физики, все ученые нашей страны приветствуют решение Президиума Академии наук СССР о присуждении золотой медали им. М. В. Ломоносова академику Анатолию Петровичу Александрову. Убежден, что все считают эту награду вполне заслуженной, достойной оценкой исключительных заслуг Анатолия Петровича в области атомной науки и техники.

Анатолий Петрович известен своими научными работами в области как ядерной физики, так и ядерной техники.



А. П. Александров

Весь мир знает его как главного ядерного энергетика Советского Союза. Замечательно, что Анатолий Петрович начал заниматься ядерной физикой, уже будучи крупным специалистом совсем в другой области — в физике диэлектриков и полимеров. Во время войны Александров еще был далек от ядерной физики, занимаясь проблемой защиты кораблей от вражеских магнитных мин¹. Лишь в самом конце войны, и особенно в первые послевоенные годы, он в течение короткого времени переквалифицировался в физика-ядерщика, занялся ядерной техникой и стал в ряд крупнейших ученых в этой новой для него области. Вскоре Александров стал заместителем И. В. Курчатова и с тех пор практически взял на себя тяжелый труд научного руководства проблемой промышленного ядерного реакторостроения. И. В. Курчатов был поглощен реализацией

¹ Подробнее об этом см.: Регель В. Р., Ткаченко Б. А. Размагничивание кораблей в годы Великой Отечественной войны. — «Природа», 1975, № 4.

идеи сооружения первой в мире атомной электростанции. Это была трудная проблема, нелегко было убедить специалистов в возможности решения этой сложной задачи. В те теперь уже далекие годы мало кто верил в целесообразность и техническую возможность строительства промышленных атомных электростанций, способных конкурировать с обычными тепловыми станциями. Анатолий Петрович со своими сотрудниками провел огромную научную и инженерную работу, чтобы обосновать такую возможность. В результате была разработана и принята научно обоснованная программа развития атомной энергетики в нашей стране.

Достигнутый в этом деле блестящий успех побудил Александрова заняться проблемой применения ядерной энергии и в судостроении, решить научно-технические проблемы судовых ядерных установок. Триумфом этой деятельности явилось создание первого в мире атомного ледокола «Ленин». Без преувеличения можно сказать, что ледокол «Ленин» — это детище Александрова. Он был научным руководителем при проектировании судна, непосредственно руководил конструированием ядерного реактора — сердца корабля, участвовал в швартовых испытаниях и т. д. Следующее поколение ледоколов — «Арктика» и «Сибирь» — также сооружались под его научным руководством.

Заслуги Александрова в области атомной науки и техники нашли свое наиболее яркое выражение в том, что при его непосредственном участии выработывалась ядерно-энергетическая политика нашей страны. Для решения столь важной государственной задачи Александрову пришлось организовать целый комплекс научно-технических исследований, обеспечивающих безошибочность принимаемых решений.

Примером реализации ядерно-энергетической программы нашего государства может служить знаменитая Ленинградская атомная станция (ЛАЭС). По мощности она была

первой в мире (около миллиона киловатт в блоке); за рубежом только теперь начали сооружать блоки такой мощности. Научное руководство проектированием этой станции также осуществлял Александров. Проектированию и сооружению ЛАЭС предшествовали научные исследования крупного масштаба. В частности, пришлось провести трудные, но чрезвычайно важные исследования в области теплофизики. Дело в том, что тепловые нагрузки в тепловыделяющих элементах реактора столь большой мощности очень велики и поэтому поведение этих элементов трудно предвидеть. Нужно было разработать специальные теплофизические стенды, на которых можно было в крупном масштабе моделировать те опасные явления, которые могут возникать в эксплуатационных условиях.

Под руководством Анатолия Петровича, по его идеям, при его непосредственном участии и было осуществлено создание таких стендов в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова, директором которого Александров являлся без малого 20 лет. Эти теплофизические исследования дали возможность эксплуатировать мощные атомные электростанции без каких бы то ни было существенных неполадок. Такая тесная связь научных исследований и технических решений позволили нашей стране выйти на передовые позиции в области ядерной энергетики.

Обладая широким научным кругозором, Анатолий Петрович ясно понимает значение перспективных работ, которые относятся к дальнейшему развитию ядерной энергетики, в частности к проблеме XXI в. — термоядерной энергетике. Как известно, работы по управляемому термоядерному синтезу были начаты по инициативе И. В. Курчатова, который уделял им особое внимание.

В настоящее время, в самом начале становления термоядерной энергетики, обязательно условием для возможности ее технического использования является получение больших магнитных полей.

Однако их создание связано с огромным расходом энергии, который может оказаться больше, чем энергия, выделяемая при термоядерной реакции. И только один способ позволит избежать этой трудности — создание магнитного поля с помощью сверхпроводящих материалов. Поэтому в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова, при активном участии Анатолия Петровича, широко развернуты работы по технической сверхпроводимости. Первая в мире термоядерная установка типа «Токамак» — «Т-7», в которой магнитное поле создано с помощью сверхпроводящих обмоток², разработана и создана у нас, в Советском Союзе.

Словом, та формулировка, которая приведена в постановлении Президиума Академии наук СССР, — «за большие заслуги в области атомной науки и техники» — абсолютно справедлива.

Академик И. К. Кириин
Москва

Своей мировой известностью профессор А. Тодд обязан главным образом исследованиям в области химии нуклеотидов и нуклеиновых кислот, которые начались под его руководством в Химической лаборатории Кембриджского университета в конце Второй мировой войны и активно продолжались до начала 60-х годов. Эти исследования по праву признаны классическими, и свидетельство тому — присуждение А. Тодду в 1957 г. Нобелевской премии по химии.

Современному читателю, ежедневно слышащему о новых крупных достижениях химии и биохимии нуклеиновых кислот, трудно представить себе состояние этой области к началу систематических исследований группы Тодда. Сам ученый, вспоминая это время, писал в 1956 г.: «В то время природа

² Подробнее см.: И в а н о в Д. П. «Т-7» — первый токамак со сверхпроводящими обмотками. — «Природа», 1978, № 12.



А. Тодд

нуклеозидов³ и соответствующих им простых нуклеотидов была выяснена в достаточной степени, чтобы можно было приступить к решению проблем, касающихся структуры этих соединений путем применения главным образом методов синтеза, а не разложения. Из возникающих при этом проблем три были наиболее важными: структура и синтез нуклеозидов; фосфорилирование нуклеозидов (т.е. синтез нуклеотидов); связывание отличающихся по структуре молекул с помощью фосфатных (синтез полинуклеотидов) или пирофосфатных (синтез коэнзимов) групп». Именно принципиальное решение этих трех основных проблем химии нуклеотидов и нуклеиновых кислот и составляет главную заслугу Тодда. В значительной степени успех его работ связан с последовательным применением методов органической химии при решении проблемы; основные усилия сосредотачивались на разработке общих методов синтеза соединений данного класса, пригодных как для получе-

ния природных соединений с целью однозначного подтверждения их структуры, так и в случае модифицированных производных — для исследования связи структуры и биологической активности.

В области химии нуклеозидов мы обязаны Тодду и его ученикам прежде всего тем, что уверены в правильности структуры природных нуклеозидов: им было убедительно доказано присутствие фуранозного цикла в остатке моносахарида, место присоединения остатка сахара к пуриновым основаниям, β -конфигурация гликозидной связи в нуклеозидах. Большое значение имело открытие циклических производных нуклеозидов, которые не только сыграли важную роль в установлении структуры природных нуклеозидов, но и явились важными исходными веществами для получения модифицированных нуклеозидов, причем первые такие модификации были синтезированы в группе Тодда. Вся современная химия синтетических нуклеозидов, которые не только широко используются в биохимических исследованиях, но и приобретают все большее значение как терапевтические (противоопухолевые и противовирусные) препараты, стоит на фундаменте, построенном кембриджской школой.

Большое значение имеют исследования Тодда в области химии нуклеотидов. Им были развиты первые эффективные методы фосфорилирования нуклеозидов и, что, по-видимому, еще более важно, разработаны основы теории нуклеофильного замещения у атома фосфора, теории, которая и в наше время служит путеводной нитью при развитии новых методов синтеза. Им было надежно установлено строение целого ряда продуктов расщепления нуклеиновых кислот, и что особенно важно, выяснена природа связей между нуклеотидами в РНК. Кроме того, в итоге синтезов, проведенных Тоддом, впервые стали по-настоящему доступны нуклеозид-5'-фосфаты, применения которых в биохимических исследованиях неисчислимы.

Наконец, Тоддом сдела-

ны первые и самые трудные шаги в той области, которая привлекала большое внимание исследователей в последнее десятилетие, — в области синтеза олиго- и полинуклеотидов. В его лаборатории был осуществлен первый синтез динуклеозидфосфата с природной межинуклеотидной связью. Интересно, что подход, примененный в первых работах Тодда, — использование для синтеза так называемых защищенных производных нуклеотидов — последнее время в существенно усовершенствованном виде находит все большее применение и кажется наиболее перспективным.

Из других исследований Тодда, пожалуй, наиболее широко известна его работа по установлению структуры витамина B_{12} , в которой нашли свое естественное сочетание методы рентгеноструктурного анализа, химической дегградации и частичного синтеза.

А. Тодд широко известен не только благодаря своим исследованиям, но и благодаря большому числу его учеников, внесших значительный вклад в науку. В течение многих лет Кембридж был своего рода Меккой для химиков-органиков всего мира: в лаборатории Тодда стажировались, хотя бы короткое время, практически все химики, трудом которых мы обязаны стремительному развитию химии нуклеотидов и нуклеиновых кислот в 60-е годы.

Еще одна сторона, о которой нельзя не упомянуть, — это большая научно-организационная деятельность Тодда. На своем нынешнем посту президента Королевского общества он всемерно содействует развитию науки, и в частности всестороннему развитию международного научного сотрудничества. Награждение профессора А. Тодда медалью, связанной с именем человека, который не только был великим ученым, но и очень много сделал для организации научных исследований в нашей стране, в высшей степени справедливо.

В. Н. Шибанов,
доктор химических наук
Москва

³ Нуклеозиды — N- β -D-гликозиды; впервые выделены из нуклеиновых кислот, откуда и получили свое название.

Организация науки

Академик Ж. И. Алферов — лауреат премии Европейского физического общества

В сентябре 1978 г. на 4-ой Генеральной конференции Европейского физического общества Ж. И. Алферову (Ленинградский физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе АН СССР) была вручена премия этого общества за 1978 г.¹ В формулировке награждения говорится, что премия присуждена за выдающийся вклад в разработку нового типа полупроводниковых материалов, которые могут быть использованы для создания, например, высокоэффективных солнечных элементов или лазеров непрерывного действия.

Речь идет об исследованиях гетеропереходов в полупроводниках. Один из основных результатов этих работ — усовершенствование полупроводниковых лазеров, в частности важнейшего их класса — диодных, или инжекционных лазеров². Накачка в таких лазерах производится путем инжекции носителей заряда (за счет приложения к полу-



Ж. И. Алферов.

проводниковому диоду электрического потенциала) в области перехода между областями диода с разным типом проводимости — дырочной (р-тип) и электронной (п-тип). В результате такой инжекции в области р-п перехода при определенных условиях возникает комбинация электронов и дырок с испусканием света, длина волны которого приблизительно соответствует ширине запрещенной зоны полупроводника. На основе этого эффекта в начале 60-х годов и были созданы диодные лазеры.

Однако долгое время главным недостатком диодных лазеров были сравнительно жесткие температурные условия их работы: из-за размытости активной области (т. е. области р-п перехода) носители заряда, а также образующиеся фотоны сравнительно легко уходили в пассивные области полупроводника, растратывая свою энергию на его нагрев. В результате диодные лазеры могли работать лишь при больших токах накачки и температуре жидкого азота или в режиме достаточно редких импульсов.

Как показали исследования Алферова, активную область, в которой происходит излучательная рекомбинация

электронов и дырок, можно ограничить, если р-п переход заключить между слоями другого полупроводника с большей шириной запрещенной зоны (это и называется гетероструктурой, в отличие от гомоструктуры, где контактируют области с разным типом проводимости, но одного и того же полупроводника). Образующийся на границе двух полупроводников потенциальный барьер отражает носители обратно в область р-п перехода. Более того, помимо такого эффекта «ограничения носителей» гетероструктура обладает и эффектом «светового ограничения»: благодаря существенному (до нескольких процентов) скачку показателя преломления на границе двух полупроводников образующиеся фотоны, отражаясь от нее, распространяются вдоль активной области, как по волноводу. В результате пороговые плотности тока накачки в гетеролазерах были снижены более чем в 50 раз, что позволило получить непрерывную генерацию света при комнатной температуре.

Ж. И. Алферов и его сотрудники подобрали идеальную пару к основному материалу полупроводниковых лазеров, арсениду галлия — твердый раствор арсенид галлия-арсенид алюминия с содержанием последнего от 20 до 50%. Эти соединения мышьяка имеют практически одинаковые кристаллические решетки и температурный коэффициент расширения, причем существующее различие в периодах решеток сглаживается при высоких температурах за счет различия в коэффициенте расширения. В результате удалось разработать весьма совершенную технологию выращивания гетероструктур, которое обычно производится при высоких температурах, — почти без образования дефектов кристалла.

В дальнейшем под руководством Алферова были созданы гетероструктуры на основе других полупроводниковых соединений. В настоящее время во всех областях практического применения диодных лазеров (оптические дальности

¹ Эта премия, учрежденная в 1974 г. и финансируемая компанией «Хьюлетт-Паккард», присуждается за исследования в области физики твердого тела, способствующие прогрессу электроники, электротехники и материаловедения. В 1975 г. ее первыми лауреатами стали Л. В. Келдыш, В. С. Багаев (ФИАН СССР), Я. Е. Покровский (ИРЭ АН СССР) и М. Воос (Высшая нормальная школа, Париж). Подробнее об этом см.: Галкина Т. И. Экзотическая капля. — «Природа», 1976, № 3; Багаев В. С., Покровский А. Е. Электронно-дырочные капли в полупроводниках. — «Природа», 1978, № 3.

² Басов Н. Г. Полупроводниковые квантовые генераторы. — «Природа», 1965, № 5.

меры, устройства связи и обработки информации и др.) используются лишь гетеролазеры. Гетероструктуры позволили также кардинально улучшить параметры многих других полупроводниковых приборов — некогерентных светодиодов, лазеров с накачкой электронным пучком, динододов (генераторов тока), фотоприемников, солнечных батарей, полупроводниковых преобразователей ИК-излучения в видимое и т. п. В результате исследований гетероструктур в лаборатории Алферова был открыт ряд новых явлений в области физики р-п переходов, например «суперинжекция» — инжекция со значительным превышением концентрации избыточных носителей тока, «односторонняя инжекция», антистоксово преобразование света в плавных гетеропереходах и др.

В. А. Гончаров
Москва

Физика

Новые измерения периода полураспада нейтрона

Изучение β -распада свободного нейтрона на протон, электрон и антинейтрино представляет значительный интерес для физики элементарных частиц. Так, например, зная период полураспада нейтрона $T_{1/2}$, можно определить абсолютную величину отношения фундаментальных констант теории слабых взаимодействий $|g_A/g_V|$, характеризующих распады с изменением и без изменения четности.

Период полураспада нейтрона может быть найден в экспериментах с интенсивными пучками нейтронов, в которых измеряются скорости образования продуктов распада — протонов или электронов. Вскоре после появления ядерных реакторов такие эксперименты были предприняты как в СССР, так и за рубежом.

Первые результаты были получены в 1948 г. А. Снеллом и Л. Миллером: $T_{1/2} = (15-30)$ мин¹. С 1948 по 1959 г. пе-

риод полураспада нейтрона измерялся со все возрастающей точностью; долгое время наиболее точными оставались значения $T_{1/2} = 12 \pm 1,5$ мин и $T_{1/2} = 11,7 \pm 0,3$ мин, полученные в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова в 1956 и 1959 гг. (Следует отметить, что основной вклад в погрешность значения $T_{1/2}$ вносят погрешности, возникающие при определении абсолютной величины плотности нейтронного пучка, аппаратурной эффективности и величины фона.)

В 1970—1971 гг. Ч. Христенсен и др. (Датская комиссия по атомной энергии, Ризо) опубликовали новые результаты². С помощью специально разработанного β -спектрометра высокой эффективности они регистрировали электроны, возникающие при распаде нейтрона. Для подавления фона пучок нейтронов был тщательно очищен от γ -лучей и быстрых нейтронов. Полученное значение периода полураспада нейтрона ($T_{1/2} = 10,61 \pm 0,16$ мин) по точности (погрешность — 1,6%) было значительно выше результатов предыдущих измерений.

Все же дальнейшее повышение точности измерений $T_{1/2}$ по-прежнему представляло большой интерес, поскольку другие величины, входящие в выражение для λ , определены к настоящему времени гораздо лучше (погрешность 0,1—0,2%). Таким образом, увеличение точности измерений $T_{1/2}$ дает, по-видимому, возможность найти более точное значение λ по сравнению с другими методами определения этой константы.

Недавно в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова группа сотрудников под руководством П. Е. Спивака получила новое значение периода полураспада нейтрона. Методика основана на регистрации протонов, возникающих в результате β -распада нейтрона. Вначале с помощью двух диа-

фрагм формировался узкий пучок протонов, затем протоны ускорялись и фокусировались на тонкое стекло газового пропорционального счетчика. Эффективность их регистрации достигала 100%. За выходной ограничительной диафрагмой была расположена система плоских сеток, образующих электростатический анализатор, который позволял пропускать или задерживать протоны. Суммарная величина фона и эффекта и отдельно величина фона измерялись при значении задерживающего потенциала на анализаторе +14 В и +800 В соответственно (граничная энергия протонов — 751 В).

Контрольные опыты показали, что использованная методика позволила полностью исключить фоновые эффекты, способные исказить измеренную величину скорости счета протонов. В результате было получено новое значение периода полураспада нейтрона: $T_{1/2} = 10,13 \pm 0,09$ мин.

По-видимому, уже в ближайшие годы будет осуществлен другой, более прямой метод определения $T_{1/2}$, основанный на измерении скорости уменьшения (вследствие β -распада) числа ультрахолодных нейтронов, накопленных в ловушке с магнитными стенками³. Имеются все основания надеяться, что такие измерения позволят получить по крайней мере в несколько раз большую точность в значении периода полураспада нейтрона, так как этот метод не требует проведения абсолютных измерений плотности потока нейтронов и эффективности аппаратуры.

«Письма в ЖЭТФ», 1978, т. 28, вып. 5, с. 329.

Физика

Глаз видит инфракрасное излучение

Диапазон длин волн света, различаемого человеческим глазом, простирается пример-

¹ Snell A. H., Miller L. C. — «Phys. Rev.», 1948, v. 74, p. 1217.

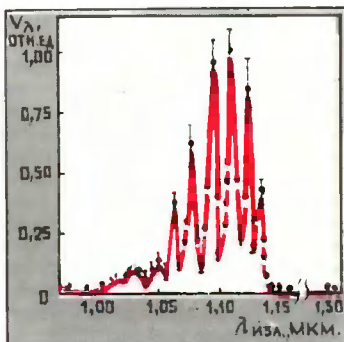
² Christensen C., Nilson A., Bahnsen A., Brown W., Rustad B. — «Phys. Rev.», 1972, D. 5, p. 1622.

³ «Природа», 1979, № 4, с. 108.

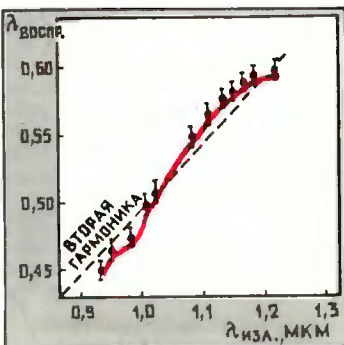
но от 400 до 750 нм¹. Исследования, выполненные ранее², показали, что хотя глазные рецепторы непосредственно к более длинноволновому излучению нечувствительны, все же сетчатка глаза реагирует на ИК-излучение, причем ее реакция примерно соответствует восприятию света с половинной длиной волны (или двойной частотой, т. е. второй гармоники). Поэтому естественно предположить наличие в глазу человека процесса генерации второй гармоники, который и позволяет воспринимать ИК-излучение.

Недавно это явление подробно исследовалось В. Г. Дмитриевым и др. (СССР). Прежде всего необходимо было выяснить, в каком месте глаза происходит нелинейный процесс генерации второй гармоники. Для этого исследовалась зависимость порога восприятия глаза от расстояния до источника света. Дело в том, что если нелинейный процесс локализован в роговице, хрусталике глаза или стекловидном теле, то мощность падающего на сетчатку излучения второй гармоники, а вместе с ней и пороговая чувствительность должны быть обратно пропорциональны четвертой степени расстояния до источника света. С другой стороны, если процесс генерации второй гармоники локализован в сетчатке, то мощность излучения будет обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника.

Источником ИК-излучения служил параметрический генератор света на кристалле LiIO_3 , дававший импульсно-периодическое (с частотой повторения импульсов 25 Гц) излучение, длину волны кото-



«Кривая видности» человеческого глаза в ИК-диапазоне. По оси ординат отложена чувствительность глаза V_λ , по оси абсцисс — длина волны воздействующего лазерного излучения.



Зависимость длины волны цветного восприятия [сплошная линия] от длины волны воздействующего лазерного излучения в ИК-области.

рого можно было перестраивать в диапазоне 0,8—1,6 мкм. Во всех экспериментах плотность энергии излучения, падающего на роговицу глаза человека, составляла 50 мкДж/см², что вдвое ниже порога безопасности при работе с лазерным излучением³.

Эксперименты (с точностью до 20%) показали, что пороговая чувствительность об-

ратно пропорциональна квадрату расстояния от источника, т. е., по-видимому, нелинейный процесс генерации второй гармоники локализуется в сетчатке глаза.

В работе были определены также «кривая видности» глаза в ИК-области (см. первый рисунок) и зависимость длины волны субъективно воспринимаемого света от длины волны основного излучения. Максимальная чувствительность глаза находится в районе длины волны 1,113 мкм (воспринимается, как зеленый цвет) и равняется $3,6 \cdot 10^{-7}$ Вт, минимальная — в районе 1,15—1,30 мкм (воспринимается, как красный цвет) и составляет $4 \cdot 10^{-5}$ Вт. Как видно из второго рисунка, длина волны воспринимаемого света хотя и следит за длиной волны второй гармоники, но точно с ней не совпадает. Одним из возможных механизмов такого восприятия может быть двухфотонное поглощение в молекулах зрительного пигмента, вызывающее соответствующую фотохимическую реакцию, которая протекает так же, как и при обычном (однофотонном) поглощении. Однако степень возбуждения молекул одного или нескольких цветных зрительных пигментов будет, очевидно, определяться спектральными кривыми двухфотонного поглощения этих пигментов. Так как эти кривые, по-видимому, существенно отличаются от известных спектральных кривых обычного поглощения, то и субъективное восприятие цвета при этом может заметно измениться. При длине волны излучения больше 1,355 мкм зрительных ощущений не наблюдалось.

«Квантовая электроника», 1979, т. 6, № 4, с. 802—810.

Физика

Как назвать теорию?

Модель, объединяющая слабые и электромагнитные взаимодействия, снискала к настоящему времени всеобщее признание благодаря совпаде-

¹ Естественно, эти границы не являются резкими, и глаз способен различать свет достаточно большой интенсивности (например, лазерный луч) до длин волн порядка 900 нм.

² См., например: Васильенко Л. С., Чеботарев В. П., Троицкий Ю. В.: — «ЖЭТФ», 1965, т. 48, № 3, с. 777.

³ Березин Ю. Д., Гончарук Э. Н., Жохов В. П., Ковач Р. И., Муратов В. Р., Семенов А. И., Степанов А. И.: — «Квантовая электроника», 1976, т. 3, № 9, с. 2080.

нию ее теоретических предсказаний с многочисленными экспериментальными данными¹. Возможно, уже в ближайшем будущем она будет возведена в ранг теории. В преддверии этого некоторые специалисты уже задумались над тем, какое ей дать название. Желательно, чтобы оно отражало состоявшееся объединение электромагнитных и слабых сил в одно взаимодействие, подобно тому, как после проведенного Максвеллом синтеза электрических и магнитных явлений появился термин «электромагнетизм».

Уже кажутся малопривлекательными используемые сейчас названия «модель Вайнберга — Салама» или «стандартная модель». Один из создателей новой теории А. Салам широко применяет термин «электро-слабые силы». Другие физики обратили внимание на то, что, возможно, из-за упадка классического образования использовавшаяся ранее звучная греческая терминология (электрон, лептон, мезон и т. д.) появляется все реже, уступая место англоязычным образованиям (партон, глюон и т. п.). Решив, что этой тенденции надо противодействовать, они предложили для модели Вайнберга — Салама название «астенодинамика»; электромагнитные и слабые силы получают при этом общее название «астенические». Прилагательное *asthenic* скорее имеет значение «несильный», нежели просто «слабый», так как корень греческих слов «сила», «сильный» — *sthen*, а приставка *a* создает отрицание; поэтому оно может быть использовано для описания явлений, не связанных с сильными взаимодействиями. Время покажет, насколько предлагаемые названия приживутся (пока же они вызывают устойчивые медицинские ассоциации).

Если эти названия будут приняты, то мы получим в качестве теории электромагнитных и слабых взаимодей-

ствий квантовую астенодинамику (КАД) и независимую от нее теорию сильных взаимодействий — квантовую хромодинамику (КХД)². Несмотря на существенное различие описываемых ими явлений, эти две теории имеют много общего и относятся к одному классу теорий так называемых калибровочных полей. Если учесть, что гравитационное поле также можно отнести к классу калибровочных, то становится понятной надежда многих физиков на возможность объединения КАД, КХД и, возможно, даже гравитации в единую калибровочную теорию поля. Для такой теории любители греческого языка предлагают термин «голодинамика» от греческого *holos* — весь, целый (вспомним, например, голографию).

«CERN Courier», 1978, v. 18, № 10, p. 351 (Швейцария); «Nature», 1978, v. 276, № 5686, p. 312 (Великобритания).

² Подробнее о квантовой хромодинاميце см.: Волюшин М. Б. Спектр чермония и взаимодействие кварков. — «Природа», 1979, № 1.

Физика

Асимметричное облако электронно-дырочной жидкости в германии

М. Гринштейн и Дж. Вольф (Иллинойский университет, Урбана, США) получили фотографии облака капель электронно-дырочной жидкости¹ в сверхчистом (плотность примесей $\sim 2 \cdot 10^{11}$ см⁻³) монокристалле германия размерами $8 \times 8 \times 3$ мм³ при температуре 1,74 К и нормальном давлении. Изображения, полученные с помощью специальной сканирующей инфракрасной аппаратуры, показали, что облако обладает формой, согласующейся с сим-

метрией кристалла. Оно имеет широкие «лепестки», вытянутые вдоль кристаллографических осей $\langle 111 \rangle$, и более короткие и узкие «факелы» вдоль осей $\langle 100 \rangle$. Форма облака подтверждает идею, высказанную ранее Л. В. Келдышем, что капли электронно-дырочной жидкости приходят в движение за счет излучения или поглощения потока длинноволновых продольных упругих волн в кристаллической решетке полупроводника (продольных акустических фононов). Акустические фононы, излучаясь или поглощаясь каплями, передают им свой импульс и изменяют их скорость (воздействие так называемого фононного ветра). По оценкам, сила, действующая на одну электронно-дырочную пару, $\sim 3 \cdot 10^{-15}$ дин.

Деформационный потенциал решетки германия, описывающий взаимодействие электронов и дырок с фононами, имеет широкие пики в направлении кристаллографической оси $\langle 111 \rangle$. Более того, оказывается, в этом направлении параллельны фазовая и групповая скорости продольных акустических фононов, что приводит к увеличению их потока именно в направлении $\langle 111 \rangle$. В результате в этом направлении фононный ветер сильнее воздействует на капли. А «факелы», по-видимому, обусловлены остросфокусированным потоком поперечных акустических фононов, для которых предпочтительно направление $\langle 100 \rangle$.

Возбуждение капель электронно-дырочной жидкости производилось облучением грани (100) сфокусированным до пятна диаметром 0,2 мм светом аргонового лазера ($\lambda = 0,5$ мкм), а также светом лазера на алюмо-иттриевом гранате ($\lambda = 1,06$ мкм). В обоих случаях результат был одинаков.

Капли электронно-дырочной жидкости регистрировались по их излучению на длине волн 1,75 мкм. Они имели диаметр ~ 2 мкм, время жизни ~ 40 мкс и время релаксации внутреннего движения за счет электронно-фононного взаимодействия

¹ Подробнее об этой модели см.: Смондырев М. А. Экспериментальная проверка модели Вайнберга — Салама. — «Природа», 1979, № 4.

² Подробнее об этом см.: Багаев В. С., Покровский А. Е. Электронно-дырочные капли в полупроводниках. — «Природа», 1978, № 3.

~10⁻⁹ с. Образовавшееся после включения лазера облако капель расширилось со скоростью $1,8 \div 5,6 \cdot 10^3$ см/с.

«Physical Review Letters», 1978, v. 41, № 10, p. 715 (США).

Молекулярная биология

Где синтезируется белок ферредоксин?

Ферредоксин — универсальный переносчик электронов в процессе фотосинтеза — содержится в хлоропластах практически всех фотосинтезирующих эукариотов, а также в клетках прокариотов¹. Основываясь на его столь широком распространении и принимая во внимание гипотезу симбиотического происхождения хлоропластов², многие исследователи предполагали, что этот белок должен быть закодирован в ДНК хлоропластов. Однако, как показали генетические исследования, информация для синтеза ферредоксина заложена не в хлоропласте, а в ядре.

А совсем недавно Я. Гайсману, А. Мурману и Ф. Веркли (Амстердамский университет, Голландия) удалось синтезировать ферредоксин *in vitro*, используя белок-синтезирующий аппарат из зародышей пшеницы и информационную РНК из листьев фасоли и кле-

ток одноклеточного организма — хламидомонады. Синтезированный ферредоксин отличался от естественного большим молекулярным весом и отсутствием железа в составе его молекулы. По мнению авторов, именно в такой форме, т. е. в форме предшественника, ферредоксин и синтезируется в ядре, а его превращение в биологически активную форму происходит уже непосредственно в хлоропластах.

Интересно, что синтез ферредоксина происходил только на тех иРНК, которые содержали полиадениловый фрагмент, характерный для ядерных иРНК. Отсюда и можно сделать вывод, что ферредоксин, специфический хлоропластный белок, синтезируется вне хлоропластов.

Как считают голландские биологи, механизм синтеза ферредоксина и его проникновение в хлоропласты такой же, как и в случае фермента с меньшим молекулярным весом — рибулозодифосфаткарбоксилазы, который осуществляет в хлоропластах связывание углекислого газа — основную функцию фотосинтеза.

«Biochemical and Biophysical Research Communications», 1978, v. 82, № 4, p. 1121—1131 (США).



Биология

Борьба с мухой це-це

Область распространения мухи це-це, оказывающей пагубное влияние на здоровье и экономическое положение миллионов африканцев, охватывает долину Нила и почти все районы Африки южнее Сахары. Це-це — переносчик болезнетворного микроскопического паразита трипаномы, вызывающей у людей тяжелое заболевание — сонную болезнь. Ежегодно в различных африканских странах регистрируется около 10 тыс. новых случаев этой болезни. Помимо людей трипаносома поражает и домашний скот, приводя к его массовому падежу. Из опасения заболеть или потерять

скот — основу местной экономики — африканцы отказываются от использования 11,7 млн км² пастбищных земель, которые могли бы прокормить не менее 125 млн голов домашнего скота — и это на континенте, испытывающем огромную нужду в животных белках.

Ранее борьба с це-це осуществлялась в основном путем уничтожения диких животных — естественных носителей трипаномы, расчистки и сжигания лесов, зараженных этим паразитом, и т. п. В последнее время делались также попытки массового вылова мух, использования их естественных врагов, опрыскивания скота инсектицидами. Все эти методы, однако, оказались дорогостоящими и малоэффективными. Устойчивость к инсектицидам вырабатывалась у це-це очень быстро.

В Международной лаборатории по исследованию болезней животных в Найроби (Кения) впервые удалось вырастить безответворную форму трипаномы вне организма мухи или животного-хозяина. Это важный шаг к созданию вакцины или лекарственного средства против сонной болезни. Однако основные надежды на искоренение сонной болезни возлагаются ныне на метод радиоактивной стерилизации.

В Танге (Танзания), на берегу Индийского океана, создана экспериментальная станция, где специально выращенных самцов мух це-це подвергают стерилизации путем радиоактивного облучения малыми дозами цезия-137. (Аналогичная методика позволила в 1965 г. ликвидировать овца, наносившего большой ущерб скотоводству и кожевенной промышленности на юге США.) Ежегодно здесь выпускают на свободу до 10 тыс. таких насекомых. Однако пока еще не окончательно ясно, сохраняют ли облученные особи способность к столь же дальним перелетам, спариванию и ту же продолжительность жизни, которые свойственны этому виду в обычных условиях.

«Science News», 1978, v. 114, № 7, p. 110 (США).

¹ Buchanan B. B., Arnon D. F. — «Advances Enzymol. and Related Subjects Biochem.», 1970, v. 33, p. 119—176.

² В соответствии с этой гипотезой предполагается, что на заре формирования клеточной организации возник симбиоз между эукариотическими клетками и какими-то древними прокариотами. Подробнее о том, почему такой союз можно рассматривать как полноценный, обоюдовыгодный симбиоз, см., например: Тахтаджян А. Л. Четыре царства органического мира. — «Природа», 1973, № 2; Остроумов С. А. О чем говорит сходство митохондрий, хлоропластов и прокариотов. — «Природа», 1973, № 3.

Психология

Левая сторона лица
выразительнее

Р. Гур и М. Соси, сотрудники психологического факультета Пенсильванского университета (Филадельфия) совместно с Х. Сакеймом (Колумбийский университет, Нью-Йорк) провели серию экспериментов по определению выразитель-

надцати из четырнадцати сфотографированных «левосторонние» снимки были признаны более эмоциональными по сравнению с «правосторонними».

Эти материалы, представленные на годичную конференцию Американской психологической ассоциации 1978 г., подтверждают данные, собранные другими исследователями: правое полушарие головного мозга, контролиру-



Изображения лица, в разной степени выражающего состояние неудовольствия: посередине — обычная фотография; слева — составленная из дважды повторенной левой стороны лица (большинством опрошенных это изображение признано наиболее выразительным из представленных трех вариантов); справа — составленная из дважды повторенной правой стороны лица.

ных способностей человеческого лица.

Были сделаны 70 фотографий анфас 14 испытуемых в те моменты, когда они находились в состоянии удовольствия, неудовольствия, удивления, страха, печали, гнева. Полученные снимки разрезались по вертикальной оси и составлялись так, что на одном и том же изображении целое лицо было представлено дважды повторенной стороной: на одних — только правой, на других — только левой. Затем эти снимки были предъявлены 86 лицам, которых экспериментаторы попросили оценить интенсивность выражения чувств по 7-балльной шкале. У один-

надцатое левую половину тела, «специализируется» на обработке эмоционально насыщенной информации. Отсюда делается предположение, что большая выразительность у левой стороны лица могла выработаться в порядке компенсации за относительную слабость левого полушария головного мозга в распознавании выражений лица и в обработке соответствующей эмоциональной информации.

Существует в этом вопросе и некоторая неясность: когда два человека оказываются лицом к лицу, та сторона, которая обладает большей эмоциональной выразительностью (левая), обычно «предъявляется» тому полушарию головного мозга визави, которое относительно слабее в распознавании выражений лица и обработке эмоциональной информации (левому). Исследователи считают, что это может быть как выгодным, так и невыгодным в зависимости от того, какой вид общения имеет место.

«Science», 1978, v. 202, № 4366, p. 434 (США).

Медицина

Бактерии против комаров

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) передала в 1971 г. специалистам по патологии насекомых из Университета штата Огайо небольшую коллекцию комаров, отловленных в Индонезии и страдающих каким-то заболеванием. Специалисты установили, что болезнь вызывается неизвестной бактерией, которую впоследствии изучил и описал С. Сингер (Университет Западного Иллинойса).

После того как в 1975 г. А. Рамоска (Университет штата Канзас) провел успешное полевое опробование действия патогенной бактерии на комаров в болотах Флориды, ВОЗ направила специальную экспедицию, возглавляемую С. Сингером и А. Рамоской, в одно из наиболее малярийных мест на земном шаре — район Чинадеда в Никарагуа. Завершив экспедицию в 1978 г., Рамоска сообщил о ее результатах.

Для работы был выбран район, где в любой пробе воды находили не менее трех живых комариных личинок. Когда специалисты рассеяли споры патогенных бактерий в воде, спустя 18 ч в 30 ее пробах было обнаружено всего две живых личинки, причем их возраст составлял лишь один час (через короткое время и они погибли). Интересно отметить, что у популяции комаров из района Чинадеда ранее уже был выработан иммунитет к воздействию различных пестицидов.

Блезнетворная для личинок комара бактерия, которой присвоено наименование *Bacillus sphaericus*, безвредна для других жителей водоемов. Предполагается, что в 1981 г. она сможет быть предоставлена в распоряжение эпидемиологов в достаточных количествах для сравнительно широкого применения и по цене, близкой к ныне существующим для химических пестицидов.

«Science News», 1978, v. 114, № 11, p. 183 (США).

Зоология

Необычный удильщик

У рыб-удильщиков из семейства *Antennariidae* в ходе эволюции возник специальный орган для приманивания добычи, который представляет собой вырост, обладающий сходством с какими-либо беспозвоночными (червями или креветками). Обычно рыбы-удильщики, подражающие окраской водорослям, занимают неподвижное положение на обломке скалы и лишь слегка покачивают своей «приманкой». Всякая рыба, пытающаяся овладеть ею, становится жертвой удильщика, постепенно подводящего рыбу на близкое расстояние.

Недавно ихтиологи Т. У. Питш и Д. Б. Гробекер (Университет штата Калифорния в Лонг-Биче) обнаружили, что в водах, омывающих Филиппинские о-ва, водится ранее неизвестный вид удильщика из рода *Antennarius*, приманка которого очень напоминает маленькую рыбку. Открытие было сделано при разборе

коллекции тропических рыб, купленных в зоомагазине на Филиппинах.

Тело этого нового удильщика имеет длину всего 95 мм; оно неправильной формы, покрыто кремовыми, коричневыми, красными и черными пятнышками. Гибкий вырост антеннариуса достигает в длину 27 мм и имеет на конце уплотненное образование длиной около 14 мм — это и есть приманка. Она окрашена в коричневые и белые тона и снабжена двумя черными пигментными точками, имитирующими глаза, а также вертикальными полосками, нитеобразными волокнами и выступами, отчетливо напоминающими плавники. В целом эта приманка практически неотличима от различного вида мелких окуневых, часто встречающихся в водах Филиппинских о-вов. Неудивительно, что многие рыбы, бросившись за такой «рыбкой», попадают в пасть антеннариуса.

Снятый исследователями фильм документирует поведение новооткрытого удильщика. Зарегистрировано, как он вращает приманку перед своим ротовым отверстием, чтобы подвести к нему жертву. Возникающая при этом вибрация тонких тканей, очевидно, создает в водной среде низкочастотные колебания давления, сходные с теми, что вызывает плывущая рыба. Это служит дополнительным стимулом для

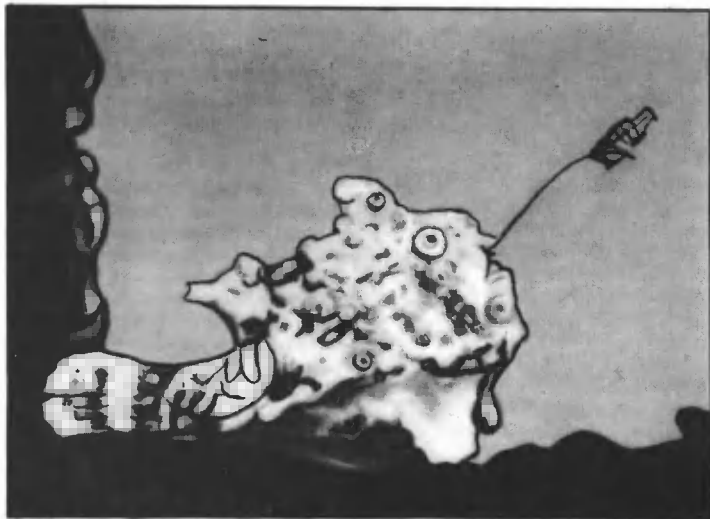
охотящейся рыбы — объекта нападения самого антеннариуса. Когда приманка не нужна, удильщик с помощью гладкой мускулатуры свертывает ее в плотный комок неправильной формы, а свою гибкую «удочку» укладывает назад вдоль своего тела.

Ихтиологи отмечают, что приманивание добычи служит важным средством экономии жизненной энергии. Недаром оно встречается не только в море, но и на суше: такое поведение описано у различных видов пауков, черепах и других животных, демонстрирующих какую-нибудь часть своего тела в качестве приманки для будущей жертвы. Однако столь совершенный аппарат, созданный природой для этих целей, как у нового вида антеннариуса, встречается крайне редко. «Science», 1978, v. 201, № 4353, p. 369—370 (США).

Геология

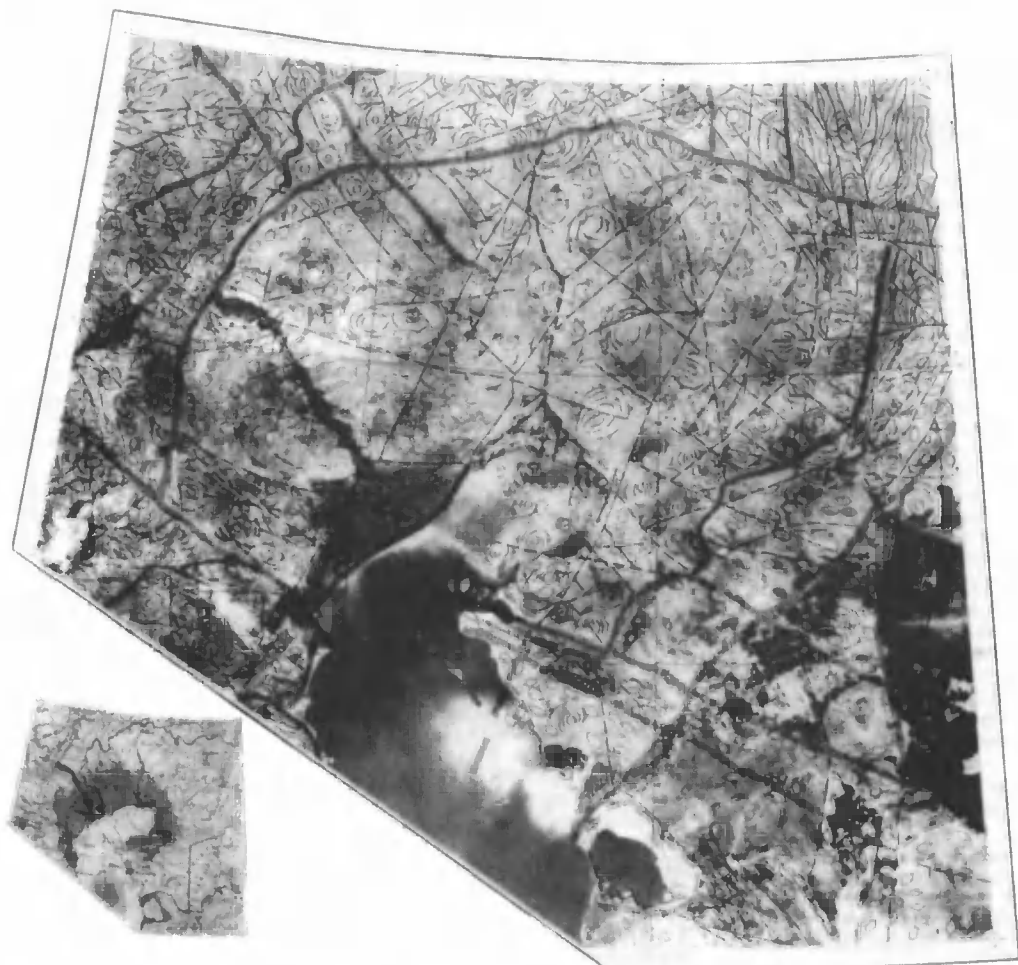
Расшифровка космических снимков Арало-Каспийского региона

Впервые в нашей стране по космическим снимкам составлена тектоническая карта крупного региона земной поверхности¹; она охватывает равнинные пространства Прикаспийской, Туранской и Предкавказской низменностей, а на крайнем северо-востоке — южное окончание Уральской складчатой системы. Топографической основой карты послужили снимки, полученные космонавтами П. И. Климуком и В. И. Севастьяновым на долговременной орбитальной станции «Салют-4» в 1975 г., из которых Центральное фотограмметрическое предприятие Всесоюзного научно-производственного объединения «Аэрогеология» Министерства геологии СССР подготовило фото-



¹ Космофототектоническая карта Арало-Каспийского региона. Масштаб 1:2 500 000. Ред. В. Н. Брюханов, Н. А. Еременко, М., 1978.

Удильщик рода *Antennarius*, развешивавший свою приманку, которая имитирует мелкую рыбешку. Размер удильщика — около 9 см, длина его приманки — около 14 мм.



Космофототектоническая карта Арало-Каспийского региона.

карту в масштабе 1:2 500 000. Расшифровка этой фотокарты была проведена коллективом геологов из «Азргеологии» (Л. Ф. Волчегурский, А. Б. Галлактионов), Института геологии и разработки горючих ископаемых АН СССР (В. Т. Воробьев, Д. С. Оруджева, А. А. Ромашев) и Государственного научно-исследовательского и производственного центра «Природа» (В. В. Козлов).

Отраженная на карте территория характеризуется разнообразием ландшафтных и геологических условий — от обнаженных и сильно расчлененных районов восточной окраины Прикаспийской впа-

дины, Северного Предкавказья до полузакрытых, менее расчлененных районов Заволжья, отдельных участков Устьурта и полностью закрытых и слабо-расчлененных районов между-речья Урала и Волги, плато Устьурт и степного Южного Мангышлака. Разнообразие этих ландшафтных особенностей и степень естественных разрушительных процессов определяют меру выраженности геологических объектов на земной поверхности, а следовательно, и характер их отображения на фотографии. При этом четкость и рельефность изображения отдельных структурных элементов зависят не столько от фотографического «просвечивания», сколько от новейшей тектонической активности самих геологических

структур. По мнению авторов карты, именно длительность и интенсивность тектонического развития предопределяют особенности фотоизображения геологических объектов и принципиальные возможности их расшифровки.

Прямые признаки геологических структур достаточно хорошо просматриваются в обнаженных районах Центрального Мангышлака, Южного Урала, Западного Приуралья, Дагестана: здесь отчетливо проявляются как бы препарированные эрозией пласты горных пород, системы разрывных нарушений, расположение и морфологические особенности отдельных тектонических форм. В качестве косвенных признаков широко использовались при расшифровке резкие из-

менения контрастности фотоизображения, аномальные формы речных долин, места резкой смены направления русел, закономерное повторение по площади однотипного изображения и т. д. Анализ всего комплекса признаков, выявленных при таком исследовании, позволил определить «фотопортреты» характерных и аномальных участков. В дальнейшем по совокупности дешифровочных признаков, которые присущи уже известным структурам, установленным обычными геолого-геофизическими методами, подобные же формы выявлялись в других малоизученных частях региона.

Наиболее четко на фотокарте распознаются разного рода разрывные нарушения, проступающие в виде линейментов (узких длинных полос). Они разделяют платформы и складчатые области, крупные тектонические элементы на платформах, древние и молодые платформы. Выявлены также многочисленные кольцевые и овальные структуры разных размеров и степени выраженности. Впервые в пределах этого региона по изменению контрастности на снимках обнаружены крупные концентрические и дугообразные системы, соответствующие региональным кольцевым структурам и сводовым поднятиям. Однако геологическая их природа еще остается недостаточно ясной.

Помимо мелкомасштабной физико-географической карты этого региона, на космифототектонической карте в виде врезок (1:10 000 000) приведены три схемы: тектоническое, неотектоническое (неоген-четвертичное время) и нефтегазогеологического районирования. Последняя, несомненно, имеет большое практическое значение, поскольку позволяет существенно уточнить границы нефтегазоносных областей.

Новая карта убедительно показывает, что космическая основа может быть с успехом применена при тектоническом изучении и других крупных регионов земного шара.

А. Е. Шлезингер,
доктор геолого-минералогических наук
Москва



Засуха в Африке продолжается

В 1972—1973 гг. катастрофическая засуха охватила, как известно, области Африки, прилежащие к южной границе Сахары. В 1973 г. количество выпавших здесь осадков опустилось на 60% ниже нормы (за «норму» — 100% — принято среднее количество осадков за период с 1931 по 1960 г.). Миллионы жителей Мавритании, Сенегала, Республики Верхняя Вольты, Нигера, Чада, Гамбии потеряли почти весь скот; значительные площади, занятые посевами, полностью погибли. Поставка продуктов и медикаментов, проведенная Продовольственной и сельскохозяйственной организацией (ФАО) и Всемирной организацией здравоохранения ООН, смогла спасти от голодной смерти и эпидемии далеко не всех жителей этого региона, где общая численность населения достигала 24 млн человек.

В 1974 г. ситуация, казалось, улучшилась: выпавшие в ряде мест дожди способствовали восстановлению растительности; расширилась также международная помощь. Однако выполненный ныне европейскими метеорологами анализ истинного положения показывает, что облегчение было лишь относительным. Осадки, выпавшие в 1974 и 1975 гг., были на 10%, а выпавшие в 1976 г. — даже более чем на 30% ниже средней многолетней нормы. В 1977 и 1978 гг. недостаток влаги по-прежнему оставался весьма существенным.

Географическое распределение осадков крайне неравномерно; в основном оно зависит от широты местности: например, в полупустынном районе вдоль 18° с. ш. в период между 1968 и 1976 гг. осадки составляли всего 50% нормы, а несколько южнее, в Гамбии, за эти 9 лет количество осадков в среднем было уже лишь на 20—30% ниже нормы. По мере продвижения на юг от Маври-

тании к Гамбии через каждые 60 км среднегодовое количество осадков резко возрастает — на 100 мм. Специалисты считают такое положение следствием изменений в крупномасштабной атмосферной циркуляции, от которой зависит географическое распределение влаги.

Климатологи, предупреждавшие более 5 лет назад, что подобные перемены носят не временный характер, связывают процесс десертификации (опустынивания) региона к югу от Сахары не только с естественными колебаниями природных условий, но в значительной мере — с деятельностью человека.

«New Scientist», 1978, v. 80, № 1125, p. 166—167 (Великобритания).

Археология

20 тысяч золотых изделий из Тилля-тепе

Осенью 1978 г. Советско-Афганская археологическая экспедиция проводила свой юбилейный, десятый, год полевых исследований в Северном Афганистане. Раскопки велись на древнем холме Тилля-тепе, что в переводе означает Золотой холм; здесь и был обнаружен царский некрополь, по времени относящийся к I в. н. э., с богатейшими погребальными приношениями: останки умерших буквально утопали под слоем золота. Из общего числа захоронений пока вскрыто лишь 6 могил, хранивших около 20 тыс. золотых изделий. Большей частью это пуговицы, бляшки, подвески, пряжки, некогда нашитые на погребальные одежды. Однако наряду с такими «массовыми» находками обнаружены совершенно уникальные золотые изделия бактрийских ювелиров, которые бесспорно можно отнести к шедеврам мирового античного искусства.

Особенно впечатляет золотая статуэтка горного козла (см. четвертую страницу обложки). Реализм исполнения и тонкая моделировка обнаруживают великолепное знание ма-

стером строения и пластики этого животного. Совершенно очевидно, что сама эта небольшая пустотелая статуэтка являлась частью какой-то более сложной композиции, свидетельством чего служат кольца, на которые опираются копытца горного козла.

На золотых ножках кинжалов, бляшках и других многочисленных изделиях постоянно повторяется зооморфная тематика, прямо перекликающаяся с искусством так называемого сибирского звериного стиля. Если учесть, что могилы относятся к I в. н. э. и достаточно очевидно соотносятся с сарматской культурой, которая именно в это время была широко распространена на территории Нижнего Поволжья, междуречья Дона и Волги, Южного Приуралья и севера Средней Азии, то становятся возможными новые пути поисков прародины загадочных кушанских племен, оставивших нам эти богатые могилы на Тилля-тепе.

В. И. Сарнианиди,
доктор исторических наук

Москва

Археология

Доисторические Венеры

В самых различных районах Евразии, от Франции до Сибири, археологи нередко находят небольшие фигурки из рога, слоновой кости, мягкого камня, изображающих женщин в крайней стадии ожирения. Анализ возраста скульптур показывает, что они изготовлены человеком древнекаменного века — 20—30 тыс. лет назад. Среди археологов установилось мнение, что эти доисторические Венеры, как их условно именуют, были символами плодородия и плодovitости у племен, постоянно живших на грани голода и вымирания. Однако биологи-антропологи Дж. С. Коппер и М. Гришман из Лонг-Айлендского университета (штат Нью-Йорк, США) предлагают совершенно иное объяснение.

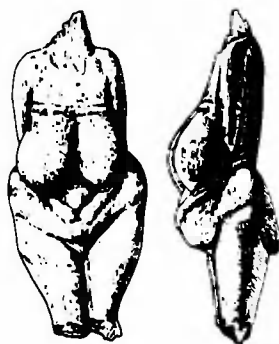
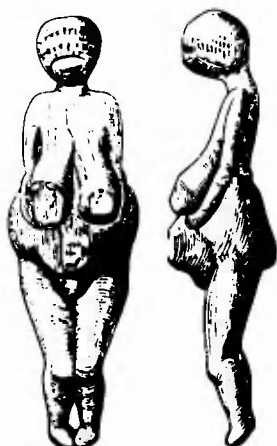
По их мнению, внешние черты изображенных женщин — их непомерная толщина, форма груди, необычная ширина бедер и т. д. — полностью отвечают описанию болезни Иценко — Кушинга, которое можно найти в любом терапевтическом справочнике.

Этот эндокринный синдром, описанный советским врачом Н. М. Иценко (1925 г.) и его американским коллегой Х. У. Кушингом (1932 г.), известен также под названием гиперандрокортицизма. Он вызывается повышенной активностью гипофиза и коры надпочечников, приводящей к производству излишних количеств стероидного гормона кортизола и, как следствие, — к чрезмерному ожирению, «луноликости», истончению конечностей, кифозу (сгорбленности) и т. п.

Женские статуэтки эпохи палеолита.

Скульптура из бивня, 11,4 см. Единственная из всех статуэток Костенок I, сохранившаяся в целом виде, за исключением незначительных повреждений; вся ее поза со слегка подогнутыми ногами и наклоненной головой очень жива и естественна. Институт этнографии им. Н. Н. Миклуко-Маклая, Ленинград.

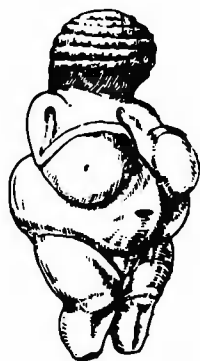
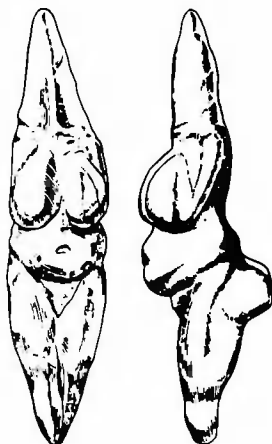
Скульптура из бивня, около 16 см. Костенки I на Дону. Государственный Эрмитаж, Ленинград.



Скульптура из зеленого серпентина, 22,5 см. Савиньяно. Музей этнографии и доистории, Рим.

Скульптура из тонкозернистого плотного известняка, 11 см. Виллендорф II. Музей естественной истории, Вена.
[Из кн.: Абрамова З. А. Изображения человека в палеолитическом искусстве Евразии, М.—Л., 1966.]

Страдающая такой болезнью женщина неизбежно должна была вызывать изумление людей каменного века. Поэтому Коппер и Гришман предполагают, что ей принадлежала немаловажная роль в религиозно-культовой жизни того времени. Дело в том, сообщают Коппер и Гришман, что синдром Иценко — Кушинга сопровождается еще одной особенностью, которую трудно отразить в скульптуре, — способностью легко впадать в эйфорию (болезненно-радостное возбуждение), общей возбудимостью. Вряд ли такие свойства могли оставаться неиспользованными у племен, практикующих шаманство. Обычно шаманы приводят себя в состояние транса, перевозбуждения, принимая природные наркотические вещества (белену, мухоморы, опреде-



ем доисторических Венер, не разделяют их точку зрения. Мы обратились в Институт экспериментальной эндокринологии и химии гормонов к специалистам-медикам с просьбой высказать свои соображения по поводу этой гипотезы.

Не патология, а «первобытный реализм»

С медицинской точки зрения гипотезу Коппера — Гришмана нельзя считать обоснованной. Все известные нам виды ожирения, обусловленные заболеваниями эндокринной системы, по тем или иным признакам отличаются от характера «ожирения» женских статуэток тучного типа, описываемых в специальной литературе. Не сочли мы возможным, в частности, соотнести скульптурные изображения доисторических Венер и с описанием внешнего вида женщин с болезнью Иценко — Кушинга. Телосложение таких больных, действительно, весьма специфично: лунообразное лицо; «буйволиный» горб, образовавшийся — при наличии кифоза — в связи с отложением большого количества жира в надключичных областях; большой живот с багровыми полосами, появившимися в результате ломкости кровеносных сосудов и уменьшения числа эластических волокон; и наряду с этим — непропорциональная худоба рук и ног, обусловленная атрофией мышц плечей и бедер, скошенные ягодичы. У таких больных никогда не бывает сильно развитой нижней части туловища, что очень характерно для древних женских статуэток. Не менее существенно другое наблюдение: у большинства таких больных разнообразные психические нарушения носят в основном депрессивный характер; им присуще не радостно-возбужденное, а подавленное, угнетенное состояние.

Нам поэтому представляется вполне логичной та трактовка стиля изображения женских фигурок, которая приведена, например, в книге ар-

хеолога З. А. Абрамовой: «Изображения женщин реалистичны именно тем, что в них подчеркиваются черты зрелой женщины — матери, т. е. черты, которые в глазах художника имели, видимо, важнейшее значение. При этом он полностью пренебрегал или исполнял небрежно все другие, с нашей точки зрения существенные детали. Преувеличенные груди, бедра, живот, переданные тем не менее живо и правдиво, резко контрастируют с суммарной трактовкой лица и примитивной передачей ног ниже колен, сведенных часто на конус, или тоненьких плеток — рук, часто изображенных прижатыми к телу только 'до локтя и дальше теряющихся. Определенная условность такого реализма сказывается в том, что художник всю характеристику женского тела сводит к чрезмерно преувеличенной тазовой области с сильно раздутым округлым ягодичным выступом»¹.

Г. А. Котова,
кандидат медицинских наук
Москва



Охрана природы

ленные разновидности кактусов и др.). В некоторых случаях шаманами становились люди, страдающие эпилепсией и тому подобными заболеваниями.

Использование в религиозно-культовых целях повышенной возбудимости женщин, страдающих гиперандренокортицизмом, должно было существенно упростить очень важную для примитивного племени охотников и собирателей социальную функцию. Не исключено также, что склонные к занятию шаманством лица сами принимали природные стероиды, содержащие кортизон-кортизол, чем вызывали у себя эту тяжелую болезнь.

«The Sciences», 1978, v. 18, № 7, p. 4—5 (США)

ОТ РЕДАКЦИИ. Те из советских археологов, кто знаком с предположением Дж. С. Коппера и М. Гришманом новым объяснени-

Координационный центр по изучению загрязнения морей

Начиная с 1976 г. в ряде акваторий Земли выполняется международная Программа региональных морей, представляющая собой часть Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП). Для координации этих исследований в Женеве был создан специальный Центр программы региональных морей, возглавляемый югославским океанологом и экологом С. Кешкешем.

В отчете Центра сообщается, что деятельность участ-

¹ Абрамова З. А. Изображения человека в палеолитическом искусстве Евразии. М.—Л., 1966, с. 31.

ников этой программы сосредоточена вокруг тех бассейнов, которые подвергаются наиболее интенсивному загрязнению в результате человеческой деятельности (Средиземное море, Персидский залив, Красное и Карибское моря, Гвинейский залив, моря, омывающие берега Восточной Азии, а также юго-восточный и юго-западный сектора Тихого океана).

Двухлетние исследования показали, что объем загрязняющих веществ, которые поступают в море с речным стоком, существенно превышает объем загрязнений, попадающих с самих морских побережий. Например, в Средиземное море поступает немало загрязняющих агентов с промышленных предприятий, расположенных на территории стран, вообще не имеющих выхода к этому морю. Незамкнутые бассейны, подобные Гвинейскому заливу, Карибскому морю, в меньшей степени подвержены массовому загрязнению с суши, так как антропогенные вещества здесь подвергаются сильному перемешиванию под воздействием морских течений, однако здесь растет загрязнение за счет интенсификации перевозки нефтепродуктов на судах и увеличения добычи нефти и газа на прибрежном шельфе. Косвенно это связано также с ростом населения индустриальных городов, не имеющих часто достаточных средств для очистки промышленных и бытовых сбросов.

Центром разработана единая методика измерений, позволяющая сравнивать результаты исследований в различных акваториях. Она предусматривает, в частности, измерение содержания в морских водах таких токсичных веществ, как кадмий, свинец, цинк, ртуть и другие тяжелые металлы, различных болезнетворных организмов, пестицидов и т. п. В числе «нормальных» параметров океана измеряются его кислотность, соленость, направление и скорость течений.

Центр разработал ряд мер по защите акваторий и предложил их соответствующим

правительствам, чьи страны примыкают к этим акваториям.

«Chemical and Engineering News», 1978, v. 56, № 34, p. 13 (США).



Охрана природы

Загрязнение природной среды в Великобритании

Управление охраны природы Великобритании опубликовало в 1978 г. официальный отчет о динамике состояния природной среды за последнее пятилетие. Согласно статистическим данным, выброс сернистого газа (диоксида серы) промышленными предприятиями и жилыми объектами страны снизился на 20% по сравнению с 1970 г. Это снижение, начавшееся 8 лет назад, прямо связано с двумя факторами: во-первых, с этого момента в энергетике Англии все большую роль стали играть нефть и газ, добываемые на шельфе Северного моря и заменяющие уголь, который при сгорании и дает диоксид серы; во-вторых, в тот же период были введены более строгие нормы предельно допустимых выбросов.

В отчете сообщается, что за период с 1973 по 1976 г. количество свинца, поступающего в виде частиц в воздушное пространство Британских остров от металлургических предприятий Англии и Уэльса, уменьшилось примерно вдвое. Однако степень общей загрязненности атмосферы свинцом не снизилась, так как резко возрос его выброс двигателями автомашин. В период между 1970 и 1976 гг. автотранспорт, работающий на бензине, увеличил выброс окиси углерода, свинца, углеводородов и окиси азота почти на 20%, а дизельные автомашины — примерно на 10%.

Отчет содержит также данные о степени загрязненности речных вод, содержании свинца в питьевой воде, радиоактивности молока, загрязненной нефтью морских побере-

жий и шумовом загрязнении среды авиацией по всей территории Великобритании.

Digest of Environmental Pollution Statistics, HMSO. L., 1978; «New Scientist», 1978, v. 80, № 1131, p. 670 (Великобритания).



Охрана природы

Тростник выделяет ртуть в атмосферу

Дж. Кожуховский и Д. Джонсон (Университет штата Нью-Йорк, США) исследовали состав газов, выделяемых тростником *Phragmites communis* в результате его жизнедеятельности. Эксперименты проводились на двух участках ручья, впадающего в оз. Онондага (штат Нью-Йорк), где поблизости находятся промышленные предприятия, загрязняющие почву ртутью. Контрольные участки были выбраны в непромышленном районе того же штата, у оз. Уайт.

Установлено, что на местности, где в почве содержится ртуть, через поры растения (устыица) выделяется существенно больше паров ртути, чем на незараженной ею местности. Так, тростник на одном из загрязненных участков выделял в атмосферу в четыре, а на другом — в девятнадцать раз больше ртути, чем тростник с контрольных участков. Объем выделяемых паров находится в прямой зависимости от степени загрязнения почвы. (В ночное время, когда устьица растения закрыты, ртуть в атмосферу не выделяется совсем.)

На исключено, что тростник — не единственное растение, транспортирующее ртуть из почвы в воздушную среду.

«New Scientist», 1978, v. 79, № 1114, p. 327 (Великобритания).



«Огромный мир — в зерне песка...»

Г. Л. Кофф,
кандидат геолого-минералогических наук
Москва

Е. М. Сергеев

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Е. М. Сергеев. ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ. М., Изд-во Моск. ун-та, 1978, 384 с.

По выражению В. И. Вернадского, человек становится крупнейшей геологической силой. Регулирование процессов, протекающих в геологической среде под влиянием этой силы, является насущной задачей. В последние годы в связи с интенсификацией строительства, ведущегося подчас после неумелых инженерно-геологических прогнозов, иногда происходят неблагоприятные изменения окружающей геологической среды: новые разрушительные ополз-

ни (Крым, Горький), «незапланированные» по разрушительной силе землетрясения (Газли), подтопление больших городских территорий (Омск, Запорожье), противоречащая принятому принципу строительства деградация вечной мерзлоты (западный участок БАМ) и др. В книге Е. М. Сергеева впервые во взаимной связи рассмотрен весь круг вопросов инженерной геологии, призванной увидеть огромный инженерно-геологический мир, по выражению У. Блейка, «в зерне песка» и «в одном мгновенье» если не вечность, то во всяком случае длительный период.

В логической последовательности автор переходит от оценки грунтов (их состава, структуры и свойств) к геологическим процессам, в которые грунты вовлекаются как под действием природных сил, так и «по вине» человека, и затем — к закономерностям регионального распределения грунтов и процессов в масштабе страны. Все три части книги богато иллюстрированы, снабжены многочисленными примерами и изложены простым и понятным языком, свидетельствующим о доброжелательности и уважении автора к широкому читателю. Доступность материала, впрочем, не снижает строгий его научности, которая основана на анализе тщательно отобранных и достоверных фактов. Так, в первую часть книги включены новейшие сведения о структурных связях в грунтах, изученных, в частности, с помощью растрового электронного микроскопа. Впервые приводятся результаты экспериментальных измерений прочности точечных контактов между глинистыми частицами размером 1—2 мкм. Также впервые в современных морских осадках шельфа различных морей выделяются три

горизонта с характерной микротекстурой, формирующейся в ходе диагенеза. Установление этого факта, как и ряда других, приведенных в первой части, имеет несомненно большое теоретическое значение.

От грунтовых микросистем автор переходит к макросистемам — массивам горных пород, останавливаясь на массивах скальных пород, и далее — рыхлых и искусственных грунтов. Меньше внимания уделяется проблемам улучшения неупорядоченных отходов производственно-хозяйственной деятельности, в том числе культурному слою и свалкам мусора.

Переходя ко второй части — инженерной геодинамике, Е. М. Сергеев предлагает новую классификацию геологических и инженерно-геологических процессов и явлений. В этой классификации природные и вызванные человеком процессы и явления не просто перечисляются в генетической последовательности, как это делалось раньше, а связываются с определенными типами массивов горных пород. Концепция пространственной типологии процессов позволяет выделить провинции и зоны с преобладающими типами массивов и установить априорную вероятность направленности и характера техногенных изменений геологических тел.

Новая классификация Е. М. Сергеева конструктивна и впоследствии может быть расширена и дифференцирована за счет включения в нее «разноэтажных» массивов. Однако даже в нынешнем, схематичном ее виде не следовало, вероятно, объединять в один тип глинистые сланцы, лёссы, почвы, пески, торф и т. п.

В целом же понятие об инженерно-геологических процессах и факторах, опре-

деляющих их развитие, впервые изложено с предельной четкостью. В числе факторов автором правомерно выделяется **обязательный фактор**, обуславливающий возникновение процесса. Автор считает, что этот фактор недопустимо смешивать с внешней причиной (поводом), непременно порождающей процесс. С этим полностью согласиться нельзя. Даже при относительной «неизменности» внешней среды внутренние структурные изменения в геологическом теле могут в ряде случаев и без «внешней» причины (толчка, взрыва) породить процесс — обвал, оползень и т. п. Впрочем, ниже Е. М. Сергеев справедливо указывает, что защитные мероприятия следует направлять на устранение обязательного фактора, в первую очередь, провоцирующего неблагоприятный процесс.

В отличие от ряда инженерно-геологических процессов, развитых локально, современные тектонические движения и выветривание почти повсеместно играют заметную инженерно-геологическую роль. Е. М. Сергеев приводит новые данные о том, что даже в платформенных областях ход экзогенных процессов во многом определяется характером новейших движений, способствующих перемещению речных русел, интенсификации оползней и др. Жаль, что в обстоятельной главе, посвященной выветриванию, не обсужден своеобразный инверсионный тип выветривания, свойственный массивам молодых морских глин и илов (Карелия, Кольский п-ов), вышедших на сушу в результате серии восходящих неотектонических движений 5—10 тыс. лет тому назад. В результате выветривания на подобном типе массивов образуется прочная поверхностная «корка», почти не уступающая по несущим свойствам «коркам» в зоне полупустынь, упомянутым автором.

Небольшая, но важная глава посвящена природе землетрясений. По недавним сведениям Геологического управления США (январь

1979 г.), в 1978 г. в результате землетрясений во всем мире погибло 15 195 человек (впятеро больше, чем в 1977 г.)¹. В последнее время учеными разрабатываются методы долгосрочного и краткосрочного прогноза землетрясений. Уже после выхода рецензируемой книги появился интересный сборник материалов конференции молодых ученых — сейсмологов Средней Азии², в котором приводятся новые данные, связывающие сроки сильных землетрясений с цикличностью солнечной активности.

Все же наибольший интерес и новизну представляет третья часть книги — региональная инженерная геология СССР, закономерности пространственного распределения инженерно-геологических условий.

Автор детально обсуждает два основных подхода к региональному разделению инженерно-геологических условий: типизацию и районирование. Типизация — выделение территорий определенного типа, схожих по основному набору инженерно-геологических условий, — несомненно более перспективна для региональных исследований прежде всего по возможности устанавливать для сходных территорий аналогичные приемы и методы исследования и искусственного изменения среды. Кроме того, полезно сравнение схожих инженерно-геологических типов, в различной степени подвергшихся техногенным изменениям.

Разработка автором теоретических основ инженерно-геологической типизации позволяет перейти в будущем к выделению типов достаточно высокого порядка.

В настоящее же время инженерно-геологическое районирование обычно выполняется на формационной основе с последовательным выделением регионов различного

порядка (по структурно-тектоническому признаку), областей (по геоморфологическому признаку) и т. д.

В основном по этой схеме (но с объединением близких по типу крупных структур) последовательно, «от финских хладных скал до пламенной Колхиды», Е. М. Сергеев характеризует инженерно-геологические особенности территории СССР. В описание отдельных районов включены новейшие данные об изменениях геологической среды в результате инженерной деятельности человека, содержит особенно подробная инженерно-геологическая характеристика тех территорий и участков, на которых возводятся важнейшие стройки пятилетки: нефтяные и газовые комплексы Западной Сибири, БАМ, крупные ГЭС и др. На протяжении всей книги при описании инженерно-геологических условий прослеживается направление «главного удара» автора — методологическое обоснование предвидения и преодоления отрицательных последствий хозяйственного освоения различных территорий (Прибалхашья, Байкальского региона, Западной Сибири и др.), всемерного сбережения природы — первоосновы нашего духовного и материального богатства. Глубокое вскрытие региональных инженерно-геологических закономерностей создает предпосылки для «индивидуального» подхода к решению локальных практических и научных задач. Поэтому выход «Инженерной геологии» — весьма заметный этап в развитии советской инженерно-геологической науки.

Закрывая книгу Е. М. Сергеева, думаешь о том, что автор сделал все возможное, увязав воедино наиболее актуальные проблемы инженерной геологии — от «зерна песка» до огромного мира. Слово за вооруженными знаниями читателями, которым предстоит исследовать и охранять нашу сложную среду... Легко ли это? Вероятно, не всегда. На преодоление этих трудностей и направил свои усилия автор.

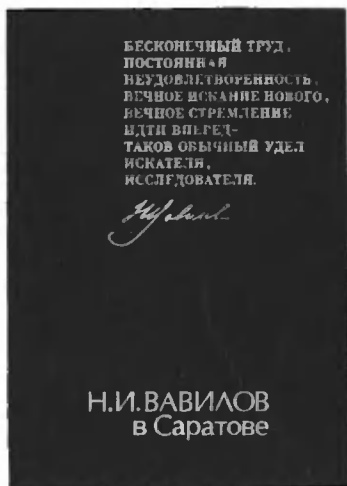
¹ «Труд», 27 января 1979 г.

² Районирование сейсмической опасности и поиски предвестников землетрясений. Ташкент, 1978.

Саратовский период жизни Н. И. Вавилова

Д. В. Лебедев

Ленинград



Т. И. Короткова. Н. И. ВАВИЛОВ В САРАТОВЕ (1918—1921). Документальные очерки. Саратов. Приволж. кн. изд-во, 1978, 129 с.

Летом 1917 г. Николай Иванович Вавилов приехал из Москвы в Саратов читать «частное земледелие» (земледелие отдельных культур) на Высших сельскохозяйственных курсах. Ему шел тридцатый год, он был полон сил и замыслов, но имя его было известно тогда только в агрономических кругах, и, вероятно, лишь немногие, близко знавшие его люди понимали, какие возможности таятся в этом человеке. К ним принадлежал, в частности, известный ботаник Р. Э. Регель, уже в октябре того же года пригласивший Н. И. Вавилова в Петроград на пост своего заместителя по руководству Отделом прикладной ботаники. Всего четыре года проработал Николай Иванович в Саратове. Но когда весной 1921 г. он, наконец, после кончины Регеля, переехал в Петроград, то был уже известным ученым. И всем было

ясно, что он — гордость и надежда русской науки.

Что же произошло за эти четыре года, когда, по словам академика ВАСХНИЛ ботаника П. М. Жуковского, «возшла звезда Николая Ивановича» (с. 4), как он жил и работал в эти решающие годы своей жизни?

Тема «Н. И. Вавилов в Саратове», несмотря на все ее значение и для понимания становления ученого, и для истории биологической и агрономической науки в нашей стране, до сих пор не исследована основательно. Этот пробел постаралась заполнить саратовская журналистка Т. И. Короткова, которая впервые ввела в научный оборот множество документальных материалов из центральных архивов, и в особенности из Саратовского областного архива (из 115 ссылок на цитируемые источники, помещенных в конце книги, 64 относятся к архивным документам).

В 1917 г. Н. И. Вавилов должен был выбирать: ехать ли ему в Воронеж заведовать кафедрой или удовлетвориться скромной должностью преподавателя в Саратове. Он выбрал последнее потому, что к этому времени Саратов становился одним из центров сельскохозяйственной науки России, особенно ее Юго-Востока. Именно здесь решались важнейшие для страны вопросы — как развивать земледелие в засушливых районах, как поднимать его производительность, как обеспечить стабильность урожаев. Николай Иванович выбрал, как всегда, самое важное и самое трудное.

Время тогда было драматическое: гражданская война, фронты которой порой подходили к самому Саратову, контрреволюционные мятежи, бандитизм, хозяйственная разруха, голод. В тяжелейших условиях шла напряженная и плодотворная научная работа Николая Ивановича и сформировавшегося вокруг него отличного коллектива молодежи. Молодежь эта была заражена энтузиазмом учителя. Она училась понимать государст-

венное значение того, что делалось на полях и в лабораториях, в читальных залах библиотек и в аудиториях высших учебных заведений. В такой атмосфере рождалась здесь вавиловская школа.

В Саратове Н. И. Вавилов завершил первый цикл исследований по проблеме иммунитета и подготовил к печати свою первую монографию «Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям», изданную в Москве в 1919 г.

Это был первый в мировой литературе обобщающий труд, посвященный проблеме иммунитета у растений в целом. В нем Н. И. Вавилов не только критически рассмотрел и обобщил все имеющиеся литературные источники, он широко использовал свой собственный обширный экспериментальный материал. А опыты Н. И. Вавилова касались в основном двух кардинальных вопросов — как влияют на иммунитет условия среды и существуют ли какие-либо закономерности распределения иммунитета внутри отдельных систематических групп растений. Второй вопрос можно сформулировать и несколько иначе — имеется ли генетическая обусловленность явлений иммунитета. Серией опытов с многочисленными сортами пшеницы, овса и ячменя Н. И. Вавилов доказал наличие такой обусловленности, названной им генетической дифференциацией. Это открытие позволило наметить пути селекции иммунных сортов сельскохозяйственных растений и одновременно вооружило ботаников еще одним методом для решения вопросов систематики и филогении — иммунологическим. Н. И. Вавилов тогда отчетливо видел, что решение филогенетических проблем — не только отвлеченная задача; оно необходимо для экспериментального овладения синтезом органических форм, что является, по его мнению, конечной целью селекционера и биолога.

Н. И. Вавилов и дальше продолжал заниматься проблемой иммунитета. В 1935 г. вышла его вторая монография

на эту тему «Учение об иммунитете у растений к инфекционным заболеваниям», а последний доклад в Академии наук СССР, прочитанный в феврале 1940 г., был озаглавлен «Законы естественного иммунитета растений к инфекционным заболеваниям. (Ключи к нахождению иммунных форм)». Несмотря на изобилие нового материала, появившегося за эти годы, основные идеи, развитые Н. И. Вавиловым в его первой книге, остались неизменными.

В это же время ученый собрал материалы для второй монографии «Полевые культуры Юго-Востока», опубликованной в 1922 г. и посвященной автором «солнечному, знойному, суровому краю, настоящей и будущей агрономии Юго-Востока, как дань за несколько лет приюта и гостеприимства» (с. 71). «Полевые культуры Юго-Востока» до сих пор остаются образцом региональной ботанико-растениеведческой монографии. Н. И. Вавилов сознательно почти не касался вопросов агротехники (за исключением раздела, посвященного бахчевым культурам, по которым не было соответствующих литературных данных), он сосредоточил внимание на самих растениях, на их происхождении и сорто-вом многообразии, на тех биологических особенностях, которые играют особую роль при возделывании и практическом использовании растений. Здесь уже были представлены все те характерные черты комплексного подхода к сельскохозяйственным культурам, которые стали обязательными для вавиловской школы растениеводов. В монографии впервые опубликованы результаты первых географических посевов (Н. И. Вавилов на опытных участках Нижнего Поволжья высевал растения из Ирана, Бухары, Памира, Сибири, Западной Европы). Нарисовав яркую картину современного состояния растениеводства в одном из основных земледельческих районов страны, Н. И. Вавилов не останавливается на этом.

Вся его книга обращена в будущее. Во всех случаях он обсуждает перспективы дальнейшего развития данной культуры на Юго-Востоке, намечает задачи и пути селекционной работы, возможности интродукции.

4 июня 1920 г. на первом заседании открывшегося в Саратове III Всероссийского селекционного съезда Николай Иванович выступил с докладом «Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости». О том, какое впечатление произвел доклад на современников, лучше всего свидетельствуют цитируемые в книге слова одного из крупнейших агрономов нашей страны академика Н. М. Тулайкова: «Что можно добавить к этому докладу? Могу сказать одно: не погибнет Россия, если у нее есть такие сыны, как Николай Иванович» (с. 65).

Закон гомологических рядов справедливо сравнивают с периодической таблицей Менделеева. Как периодическая система внесла порядок в кажущийся хаос свойств химических элементов, так гомологические ряды привели к упорядочению исключительного разнообразия наследственной изменчивости. Н. И. Вавилов показал, что она не является абсолютно неопределенной, что у родственных форм появляются сходные (гомологичные) признаки, и что гомологические ряды признаков обнаруживаются не только в пределах родов, но и в пределах семейств. Эта закономерность дает возможность растениеводам и селекционерам не уповать на случайные находки ценного и нужного, а вести целенаправленные поиски, предсказывать эти находки. В дальнейшем выяснилось, что можно предсказывать не только наличие тех или иных признаков в природе, но также их вероятное появление среди искусственно вызванных мутаций. Н. И. Вавилов открыл закон гомологических рядов, изучая культурные растения двух семейств — злаков и бобовых. Но ему с самого начала было ясно общеебиологическое значение этого открытия, и вся последу-

ющая история биологических исследований показала, что он не ошибался. Закон гомологических рядов — одно из самых фундаментальных обобщений современной биологии.

Книга насыщена документальным материалом, ее подзаголовок так и звучит — «Документальные очерки». Написана она на одном дыхании. В ней не только рассказывается о делах и днях ученого, в ней нарисован портрет Вавилова-человека.

Есть в книге Т. И. Коротковой некоторые мелкие огрехи редакционного порядка. Так, Д. Е. Янишевский не был членом-корреспондентом АН СССР (с. 44), а В. М. Жирмунский был не членом-корреспондентом, а академиком (там же), две квадратные сажени равны не четырем, а восьми квадратным метрам (с. 53) и др. Их легко исправить при подготовке второго издания книги, которое должно быть обязательно осуществлено.

Саратовцы высоко чтят память великого ученого, несколько лет бывшего их земляком. Здесь воздвигнут его памятник, одна из улиц носит имя Н. И. Вавилова. Рецензируемая книга — новое свидетельство этой памяти.

 НОВЫЕ КНИГИ

Физика

А. Д. Власов, О. С. Лупандин. ОТ ЭПИЦИКЛОВ ПТОЛЕМЕЯ К МАГИЧЕСКИМ ЯДРАМ И ПЛАНКЕОНАМ. МОДЕЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В ФИЗИКЕ. М., «Атомиздат», 1979, 128 с., ц. 75 к.

Подзаголовок книги точно определяет задачи, решаемые авторами, и принцип ее построения. В книге популярно и увлекательно рассказывается о роли модельных представлений в развитии ведущих областей физики. Под моделью какого-либо явления или объекта авторы понимают его описание на языке соответствующей физической теории. С этой точки зрения в книге рассматриваются такие вопросы, как движение планет и звездных систем, гравитационный коллапс, строение атома и атомного ядра. Пользуясь представлением о моделях, авторы рассказывают, как рождаются физические теории, как формируются представления о границах применимости тех или иных моделей, как происходит смена одних модельных представлений и основанных на них физических теорий другими, более совершенными. Книга содержит много интересных сведений по истории физики, некоторые данные о различных объектах природы — от элементарных частиц до галактик. Завершает книгу, рассчитанную на самый широкий круг читателей, список литературы, в которой эти и другие вопросы рассматриваются более тщательно и специально.

Физика

И. Н. Головин, И. В. Курчатов. М., «Атомиздат», изд. 3, 1978, 136 с., ц. 30 к.

Цель книги — «изобразить... Курчатова таким, каким не увидят его историки, читая его научные труды или изучая

архивные документы», — пишет в предисловии И. Н. Головин, 16 лет проработавший под руководством знаменитого ученого. Автор не ставит перед собой задачи рассказать об истории развития атомной проблемы в СССР. Его цель — биография научного руководителя этой проблемы. Но биография ученого неотделима от атомной науки и техники. Поэтому большая часть книги рассказывает именно об этом этапе жизненного пути И. В. Курчатова, под руководством которого впервые в Европе осуществлена цепная реакция деления на уран-графитовом реакторе, пущена первая в мире атомная электростанция, начали разрабатываться проблемы управляемых термоядерных реакций. Замыслы И. В. Курчатова воплощают в жизнь коллективы, созданные и воспитанные им.

Генетика

Ш. Ауэрбах. ПРОБЛЕМЫ МУТАГЕНЕЗА. Пер. с англ. Э. В. Гнездицкой, М. И. Маршак, Л. Г. Полухаровой. Под ред. Н. И. Шапиро. М., «Мир», 1978, 463 с., ц. 2 р. 70 к.

Автор этой книги Шарлотта Ауэрбах — крупнейший современный генетик, известный в СССР не только как специалист, внесший крупный вклад в развитие генетики, но и как талантливый популяризатор.

Новая книга Ш. Ауэрбах посвящена одной из наиболее старых и фундаментальных проблем генетики — мутагенезу. В книге 23 главы. В первой дана краткая история исследований в области мутагенеза. Остальные главы посвящены различным сторонам этого сложного многокомпонентного процесса. Большое внимание уделено закономерностям мутационного процесса у эукариот, вопросам химического

мутагенеза. Некоторые главы целиком посвящены специальным методикам. Особенную ценность книги представляет эволюционный подход, который выдержан при изложении всего фактического материала. В книге дана большая библиография.

Эта строгая научная монография, написанная просто и ясно, рассчитана не только на студентов и специалистов, как пишет автор, но будет полезна биологам самых различных специальностей, врачам, растениеводам и животноводам, интересующимся общими вопросами своей науки.

Медицина

В. А. Фрадкин. АЛЛЕРГЕНЫ. М., «Медицина», 1978, 256 с., ц. 1 р. 60 к.

В качестве самостоятельной науки аллергология появилась в начале XX в. Достижения современной иммунологии, патологической физиологии и биохимии позволили расшифровать условия, в которых формируются основные типы гиперчувствительности, прояснили механизм местных, системных и общих реакций, возникающих при повторных контактах людей, страдающих аллергией, с аллергенами. Вследствие этого были разработаны новые способы диагностики аллергии.

В книге рассматриваются аллергены инфекционного (микробактерий, энтеробактерий, гельминтов, вирусов) и неинфекционного (пыльцевые, пищевые, кроветворных тканей) рядов, перечисляются требования, предъявляемые к испытаниям новых противоаллергических препаратов и критерии их пригодности для медицинской практики. Так, например, новый препарат должен подвергнуться тщатель-

ному экспериментальному изучению на животных, причем его введение не должно вызывать их гибели, изменений со стороны внутренних органов, слизистых оболочек, наружных покровов; не должна снижаться масса животного или повышаться температура. Рассмотрены методы хранения и производства препаратов.

Зоология

Х. Шерфиг. ПРУД. Пер. с датского Л. Ф. Поповой. М., 1978, «Гидрометеиздат», 104 с., ц. 25 к.

В книге зоолога, писателя и публициста Ханса Шерфига, написанной на основе его личных наблюдений, рассказывается о различных видах живых организмов, которые водятся в закрытых водоемах: зеленой лягушке, улитке, водяном ослике, крылатой стрекозе, гладышах и др., их внешнем виде, повадках, размножении и питании. Жизнь этих организмов показывается в зависимости от времени года.

Наилучшим способом их изучения автор считает наблюдение за ними в аквариуме, позволяющем заметить изменения в поведении.

Книга написана на уровне современных биологических знаний с привлечением богатого библиографического материала.

Энтомология

И. Халифман. ЧЕТЫРЕХКРЫЛЫЕ КОРСАРЫ. М., «Детская литература», 1978, 320 с., ц. 1 р. 70 к.

Книга посвящена перепончатокрылым насекомым — одиночным и общественным осам. Труды И. А. Халифмана, биолога и популяризатора науки, о медоносной пчеле, шмелях, муравьях-термитах переведены на многие языки мира. Работа об осах как бы завершает серию книг об общественных насекомых. В ней рассказывается об истории их изучения от Аристотеля до наших дней, поведении, устройстве гнезд; приводятся некото-

рые драматические или забавные происшествия из жизни натуралистов, внесших вклад в этот раздел естествознания.

Автор показывает связи энтомологии с кибернетикой, бионикой, микробиотикой, охраной окружающей среды и практической деятельностью человека. Книга богато иллюстрирована редкими рисунками и фотографиями, полученными из многих стран мира. Хотя книга и вышла в издательстве «Детская литература», ее можно рекомендовать с таким же успехом взрослым, как и подросткам.

Геология

Б. И. Коган. РЕДКИЕ МЕТАЛЛЫ. Прошлое, настоящее, будущее. М., «Наука», 1978, 347 с., ц. 3 р. 90 к.

Среди важнейших проблем научно-технической революции одной из ведущих является проблема редких металлов, занимающих треть менделеевской системы и все более вовлекаемых в научный, технический и промышленный оборот. Книга Б. И. Когана освещает такие узловые вопросы, как определение понятия редких металлов, освоенные и возможные области применения, состояние сырьевых ресурсов и их изменение, новые тенденции в промышленности редких металлов, ее перспективы на 2000 г. и далее.

В основу определения понятия редких металлов положен промышленно-экономический принцип. Они рассматриваются как малораспространенные в природе нерадиоактивные и неблагородные металлы, применяющиеся в медицине, биологии, сельском хозяйстве, технике, бытовых изделиях и др. В книге приводятся сведения о сырьевых источниках редких металлов и перспективах их получения из континентальных вод и морской воды; о растущем во всем мире производстве редких металлов, расширении их ассортимента, состоянии и движении цен.

Океанология

А. Ф. Плахотник. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ. М., «Наука», 1978, 203 с., ц. 2 р. 20 к.

Расширение и углубление знаний о взаимодействии океана и атмосферы — путь к усовершенствованию методики долгосрочных прогнозов погоды, к созданию общей теории климата. Автор, исследуя историю этой области знания, пытается определить ее структуру в том виде, как она сложилась в настоящее время: пограничные слои океана и атмосферы, характер и механизм их взаимодействия, динамическое и тепловое взаимодействие, их масштабы, географическое (общее, региональное и типологическое) направление.

Поскольку практические запросы, подчеркивает автор, требуют развития количественных методов прогнозирования состояния системы «океан-атмосфера», то специалисты стремятся, используя современные четырехмерные гидродинамические модели динамики атмосферы и океана и многолетние глобальные наблюдения в этих средах, выбрать такую форму упрощения уравнений, которая позволила бы с помощью методов численного анализа выявить основные закономерности изучаемых процессов взаимодействия.

Книга рассчитана на специалистов-океанологов, географов и геологов.

География

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ «ЧЕЛОВЕК-ПРИРОДА». М., «Наука», 1978, 256 с., ц. 96 к.

В книге собрано более двух десятков статей, посвященных проблемам изучения и оценки воздействия человека на окружающую среду, причем внимание авторов акцентировано на их географических аспектах. Эта тематика разрабатывается в Институте географии АН СССР в рамках про-

граммы международного сотрудничества стран-членов СЭВ в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. Статьи содержат как теоретико-методические разработки по оценкам воздействия человека на среду, так и результаты конкретных полевых исследований, проводившихся главным образом на территории Курской области. Эта область расположена в зоне интенсивного хозяйственного освоения, уже приведшего к значительным изменениям в природе области (развитию почвенной эрозии и т. д.).

География

Е. А. Котляров. ГЕОГРАФИЯ ОТДЫХА И ТУРИЗМА. Формирование и развитие территориальных рекреационных комплексов. М., «Мысль», 1978, 240 с., ц. 1 р. 20 к.

Развитие санаторно-курортного лечения, туризма и отдыха — одна из важнейших социальных задач нашей страны. Вместе с тем научно-теоретическое изучение вопросов, связанных с рациональной организацией и структурой соответствующих предприятий и учреждений, началось относительно недавно. Одной из наиболее перспективных и быстро прогрессирующих отраслей этого направления является рекреационная география. Монография Е. А. Котлярова — не первое, но одно из самых серьезных исследований географических проблем рекреационных систем. Начав с изложения теоретических основ формирования территориальных рекреационных комплексов, автор переходит к основным предпосылкам их формирования и развития (природным, социально-экономическим и др.). Основываясь на уже известных принципах и методах оценки рекреационных территорий, автор с этих позиций проводит районирование и оценку территории Азербайджанской ССР. Интересна глава книги, где поэлементно рассматриваются географические аспекты функционирования и развития рекреационных

комплексов; обобщения иллюстрируются многочисленными картами и примерами из практики всего Советского Союза.

География

Н. А. Гвоздецкий. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОТКРЫТИЯ В СССР. М., «Просвещение», 1978, 152 с., ц. 30 к.

Учебное пособие известного географа Н. А. Гвоздецкого посвящено географическим открытиям в СССР, сделанным за годы советской власти. В книге используется богатый фактический материал, в живой и увлекательной форме рассказывается, как стирались «белые пятна» с карты страны. В ней систематизированы и обобщены данные об истории исследований и открытий в советской Арктике и Северной Сибири; об открытии хребта Черского и результатах исследований на северо-востоке Азии, Дальнем Востоке и в средних и южных регионах Сибири.

В книге содержатся методические советы по использованию материалов тех или иных открытий в процессе преподавания курса географии, показывается, что географические открытия и исследования в нашей стране всегда отвечают практическим потребностям своего времени.

Философия естествознания

И. Н. Смирнов. МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКАЯ ДИАЛЕКТИКА И СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ. М., «Наука», 1978, 288 с., ц. 1 р. 10 к.

В монографии рассматривается значение материалистической диалектики и эволюционной теории Ч. Дарвина для разработки современных эволюционных представлений. Автор подчеркивает, что круг вопросов теории эволюции, нуждающихся в философском осмыслении, еще не исчерпан. Это вызывает тем, что с развитием биологической науки все отчетливее выступает фун-

даментальный характер теории эволюции, увеличивается ее влияние на решение не только многочисленных частных проблем биологического познания, но и таких важных практических вопросов, как охрана окружающей среды и дальнейшее совершенствование сельскохозяйственного производства.

Широкий фронт исследований, выдающиеся достижения биологии нашего времени, особенно таких ее разделов, как молекулярная биология, генетика, экология, требуют и содержательного развития эволюционной теории.

Организация науки

В. И. Дуженков. ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ НАУКИ. (Региональные аспекты). М., «Наука», 1978, 264 с., ц. 95 к.

В результате развития науки география производительных сил обогатилась еще одним направлением — географией научных исследований. Уже вышли первые десятки статей, посвященных этому направлению. Книга В. И. Дуженкова — одна из первых обобщающих монографий в его рамках. В ней три части. В первой обсуждаются фундаментальные вопросы методологии и теории географии науки (например, ее предметная область, связь размещения науки с размещением производительных сил регионов и др.), а также некоторые методические вопросы определения научно-технического потенциала регионов и эффективности размещения научных организаций. Вторая часть посвящена анализу сложившегося размещения научного потенциала в нашей стране: затрагиваются региональные аспекты финансового, материально-технического и информационного обеспечения исследований, вопросы концентрации научной деятельности и интегрирующей роли научных центров в регионах. В третьей части рассматриваются принципы и важнейшие направления совершенствования территориальной организации научной деятельности в СССР.

Нобелевская неделя П. Л. Капицы

П. Е. Рубинин,
специальный корреспондент
стенной газеты «Магнит»
Института физических проблем
АН СССР

ДВА ЧАСА ПОДРЯД — В ЧАСОВ УТРА

Мы улетаем от утренней зари, и она ровно и спокойно тлеет за хвостом самолета, темно-оранжевая, с желтым ореолом. А небо над зарей было бледно-голубое, сияющее. Впереди небо было темное, густое...

Вылетели из Москвы в 8.00, перевели в самолете часы назад на два часа, в 8.00 прилетели в Стокгольм.

Первая, незапланированная, пресс-конференция П. Л. Капицы... Его встречает генеральный секретарь Шведской академии наук профессор К. Бернхард, посол СССР в Швеции М. Д. Яковлев... Рукопожатия... «Добро пожаловать... Вас ждут корреспонденты и фотографы...»

Беседа с журналистами, вспышки блещут... И вот уже мы едем в Стокгольм.

Пейзаж почти подмосковный — заснеженные леса и поля, редкие поселки... А навстречу мчатся машины с ярко горящими фарами. Светло вроде бы, а у всех машин включены фары — первая неожиданность чужой страны...

По дороге в Стокгольм сотрудник шведского МИДа Р. Энгбю, которому поручено помогать Петру Леонидовичу в течение всего срока пребывания в Швеции, уточняет с нами программу нобелевской недели П. Л. Капицы.

ПРОГРАММА НОБЕЛЕВСКОЙ НЕДЕЛИ

Сообщение о том, что ему присуждена Нобелевская премия по физике 1978 года, застало Петра Леонидовича в санатории, где он отдыхал по настоянию врачей.

Очень скоро стало ясно, что эта приятная новость, если не принять жестких мер самообороны, повлечет за собой огромный объем дополнительной нагрузки — об этом свидетельствовал чудовищный напор со стороны печати, радио и телевидения.

Дело обороны Петра Леонидовича решительно взяла в свои руки его жена Анна Алексеевна. Она сумела еще в Москве первоначально «облегчить» и предварительную программу нобелевской недели Петра Леонидовича, которая в своем первоначальном виде была рассчитана на молодого человека атлетического здоровья.

Вот программа нобелевской недели Петра Леонидовича в ее окончательном (осуществленном) виде:

4 декабря

19.00 Прием в посольстве Швеции в Москве. Приглашены все советские лауреаты Нобелевской премии по физике и химии. (Неделя, таким образом, началась еще в Москве.)

5 декабря

8.00 Прибытие в Стокгольм. Пресс-конференция в аэропорту.

16.00 Беседа с У. Пальме, бывшим премьер-министром Швеции, председателем социал-демократической партии.

6 декабря

10.00 Встреча с научным обозревателем Шведского радио доктором Фальдрейхом (решилось «завершенная» Анной Алексеевной спустя 40 минут).

13.00 Завтрак в советском посольстве в честь П. Л. Капицы, с большим количеством гостей, с тостами, речами и пр.

18.00 «Сбор» («get-together») всех новых нобелевских лауреатов и членов их семей. Перезнакомились, поговорили, посмотрели видеофильм о церемонии вручения Нобелевских премий 1974 года. Директор Нобелевского фонда С. Рамель сказал в своем вступительном слове, что это поможет лауреатам представить себе, что ждет их впереди.

7 декабря

10.30 Пресс-конференция в Шведской академии наук. Участвуют лауреаты премии по физике, химии и экономическим наукам.

17.30 Прием, а затем обед в Шведской академии наук в честь лауреатов.

8 декабря

10.00 Петр Леонидович читает в Шведской академии наук свою нобелевскую лекцию «Плазма и управляемая термоядерная реакция». По уставу Нобелевского фонда он должен был бы прочитать лекцию о работах, отмеченных премией, но он сказал: «Эти работы я сделал сорок лет назад и я их забыл». Эти слова были встречены дружным смехом зала.

«Хотя в руководимом мною институте, — говорит Петр Леонидович, — и продолжают заниматься низкими температурами, я сам занялся изучением явлений, происходящих в плазме при тех высоких температурах, которые необходимы для осуществления термоядерной реакции. Эти работы привели нас к интересным результатам и открывают новые перспективы... Хорошо известно, что в данное время термоядерная реакция представляет большой практический интерес, так как это тот процесс, который мог бы наиболее эффективно решить надвигающийся глобальный энергетический кризис, связанный с истощением сырья, используемого теперь как источник энергии...»



Концертный зал во время церемонии вручения Нобелевских премий.

Аудитория очень молодая. Преимущественно, по-видимому, студенты старших курсов и аспиранты. Слушают очень внимательно. Петр Леонидович говорит по-английски, очень живо, с подъемом... Черной доски в этом зале нет, наверное, потому, что она была бы здесь неуместна — зал белоснежный, удивительно красивый. Вместо доски на деревянной подставке укреплен огромный блокнот. Вы берете черный фломастер и пишете свои формулы, рисуете свои графики. Заполнили лист — перекидываете его, как вы бы это сделали с обычным блокнотом, и пишете на новом листе, таком же белоснежном, как потолок и стены этого зала. А закончилась лекция (нобелевская лекция!) — и блокнот можно отправить в архив, для

истории, чего не сделаешь с формулами и графиками, стертыми с доски влажной тряпкой.

Петр Леонидович не заботился об истории — он срывал исписанные листы и бросал их с остервенением на пол, под веселое оживление молодой аудитории, которая мгновенно уловила некоторый комизм ситуации...

Он завершил свою лекцию следующими словами:

«Основная привлекательность научной работы в том, что она приводит к проблемам, решение которых нельзя предвидеть. Поэтому решение проблемы управляет термоядерной реакцией для ученого особенно привлекательно.»

16.30 П. Л. Капица дает интервью: корреспонденту Русской редакции Шведского радио, научному обозревателю французского радио, корреспонденту социал-демократической газеты «Афтонбладет»

Вопросы шведских корреспондентов вертятся в основном вокруг энергетической

проблемы, одной из самых острых в Швеции.

Импровизированная пресс-конференция проходит в номере гостиницы. Корреспонденты заняли все стулья и кресла, и кто-то сидит даже на кровати, на самом краешке, правда. Петр Леонидович дает интервью «в порядке живой очереди»...

В конце концов Анна Алексеевна закрывает эту пресс-конференцию и с неумолимой ласковостью выпроваживает корреспондентов. «Петр Леонидович устал, — говорит она. — Ему нужно отдохнуть».

Он действительно устал. 9 декабря

15.30 Нобелевский фонд дает прием в честь лауреатов в помещении Нобелевской библиотеки. В большом красивом зале старинного особняка лауреаты знакомятся с цветом шведской культуры — учеными, писателями, артистами, музыкантами.

10 декабря
В этот день в 1896 году

скончался Альфред Нобель, который завещал почти все свое состояние (31 млн крон) на учреждение ежегодных премий за лучшие работы в области физики, химии, медицины или физиологии, литературы... И поэтому именно в этот день происходит каждый год главное событие нобелевской недели — торжественная церемония вручения премий.

Об этом событии — от-дельно.

11 декабря

10.15 Посещение Нобелевского фонда — чтобы получить денежную часть премии. На стеллаже — тяжелые тома альбомов фотографий всех нобелевских лауреатов. Первый снимок в первом альбоме — Рентген. Мы оставляем фотографию Петра Леонидовича и его краткую биографию.

12.30 Завтрак у директора Стокгольмского международного института по проблемам мира Ф. Барнаби и затем встреча с сотрудниками этого института. Беседа прошла очень живо. Было много вопросов, и большинство из них касалось энергетической проблемы, атомной энергетики.

19.30 Банкет в Королевском дворце, данный королем и королевой в честь нобелевских лауреатов и их жен.

12 декабря

11.00 Руководители общества «Швеция — СССР» пришли поздравить П. Л. Капицу с Нобелевской премией.

13.00 Запись «экспромтной» дискуссии нобелевских лауреатов по физике, химии и медицине на студии Шведского телевидения.

15.30 Интервью для программы «Новости» Шведского телевидения.

19.00 Ужин у вдовы бывшего посла Швеции в СССР З. А. Сульман.

13 декабря

День святой Люции — шведский народный праздник, праздник нарождающегося света.

Рано утром к вам в номер гостиницы чудесным образом (или с помощью служебного ключа) входят прелестные юные создания в белых одеждах, с зелеными венками на голове. У девушки, возглавля-

ющей это шествие-нашествие, корона из пяти горящих свечей. Милые создания поют ангельскими голосами песню, в которой понять можно только одно слово: «Санта-Люция... Санта-Люция-я... Санта-Люция-я-я-я...»

Я ошарашенно смотрел на них, лохматый, обезумевший, вырванный из сладкого утреннего сна хоровым пением, а они тихой чередой проходили передо мной, поставив на постель поднос с кофейником, парой чашек и тарелкой с ро-галиками...

Совершенно ошалев от неловкости, я стал пить кофе под небесный аккомпанемент! «Боже мой, — думал я, — когда же это кончится? Когда же они, наконец, уйдут?..»

Петр Леонидович и Анна Алексеевна проснулись в шесть часов и спокойно приготовились к ритуальному вторжению. И утренний концерт доставил им поэтому истинное удовольствие.

19.00 «Люция-обед» в Студенческом союзе Стокгольмского университета. Трем лучшим студентам года и нобелевским лауреатам вручается Высший орден прыгающей и улыбающейся лягушки.

14 декабря

13.00 Завтрак у бывшего генерального секретаря Шведской академии наук Э. Рюдберга.

19.00 Ужин у вице-президента правления Международного института проблем мира Р. Нильда.

15 декабря

14.30 Обед у посла СССР в Швеции М. Д. Яковлева.

19.00 В гостях у Р. Энгебю.

16 декабря

12.50 В Москву!

ГЛАВНОЕ СОБЫТИЕ

Нобелевская неделя служит как бы пьедесталом или взлетной полосой для главного события — торжественной церемонии вручения Нобелевских премий.

Петр Леонидович собирался первоначально приехать в Стокгольм 9 декабря, т. е. накануне главного события. Но потом пришло письмо от генерального секретаря Шведской

академии наук К. Г. Бернхарда, в котором он настоятельно просил приехать не позже 6 декабря. К письму была приложена «памятная записка», в которой черным по белому было написано, что форма одежды на церемонии вручения премий — White tie and tails (белый галстук-бабочка и фрак).

Так что готовиться к главному событию нобелевской недели (настраиваться на это событие) Петр Леонидович и сопровождающие его лица начали еще в Москве.

Можно было, конечно, взять фрак напрокат в Стокгольме (директор Нобелевского фонда просил на этот случай прислать заранее все необходимые размеры), но Петр Леонидович решил, что ходить во фраках «напрокат» — не фасон, поэтому фраки и белые пикейные жилеты были сшиты замечательным мастером своего дела П. П. Охлопковым. Что касается галстука-бабочки, то тут Петру Леонидовичу пришлось пойти на попятный. За месяц до поездки в Стокгольм он был твердо убежден в том, что мы все научимся собственноручно завязывать галстуки-бабочки. «Бабочка, — говорил Петр Леонидович, — должна быть завязана несколько небрежно... Он категорически отвергал раз-навсегда завязанные галстуки с пошлой резинкой. Уж это такой «не фасон», дальше которого ехать некуда... К сожалению, однако, выяснилось, что сам Петр Леонидович разучился завязывать «бабочку». Чтобы восстановить былую «английскую» сноровку, нужны были упорные тренировки. А где взять время на эти тренировки? Ведь нужно еще Нобелевскую лекцию написать...

Пришлось купить в Стокгольме три густо накрахмаленные, будто отлитые из гипса «бабочки» с резинкой и тонким металлическим колечком, которое набрасывается на пуговку и застенчиво выглядывает из-под черного отворота фракного воротника.

Генеральная репетиция. Утром 10 декабря все лауреаты и сопровождающие их лица приехали в Концертный зал.



Король Карл XVI Густав вручает П. Л. Капице медаль и диплом лауреата Нобелевской премии.

Это очень большой зал, который не кажется огромным лишь потому, что уходит ввысь, опоясанный рядами балконов. В этом зале 1750 мест.

Сейчас он кажется пустынным и каким-то даже обшарпанным. На просторной сцене, украшенной великолепными гвоздиками (цветы присланы из итальянского города Сан-Ремо, где жил и умер Альфред Нобель), потерянно бродят лауреаты.

Директор Нобелевского фонда барон С. Рамель просит их занять свои места — девять красных кресел на левой стороне сцены — и коротко рассказывает, как будет проходить церемония.

«Сегодня утром, — говорит он, — королем буду я...»

И он усаживается в большое синее кресло-трон...

«Когда профессор Хультен, который будет представлять физиков, перестанет говорить по-шведски и обратится к Вам по-английски: «Профессор Капица, я прошу Вас принять Нобелевскую премию из рук Его Величества короля...», Вы должны встать и пойти на середину сцены... Король тоже встанет и выйдет на середину сцены, где церемониймейстер даст ему коробки с дипломом и медалью...»

И Рамель выходит на середину сцены, и Петр Леонидович идет ему навстречу, и они изображают вручение и получение премии, пожимают друг другу руки и что-то друг другу говорят...

«А потом Вы обернетесь к залу и поклонитесь», — говорит Рамель с веселой, даже несколько озорной улыбкой.

И Петр Леонидович послушно оборачивается к нам, кланяется и улыбается...

А потом идет к своему

креслу и, откинувшись на спинку, от души смеется.

На середину сцены отправляется Арно Пензиас, и Рамель-король жмет ему руку.

И так девять раз подряд проделывается этот номер, и всем присутствующим, многие из которых к репетиции этой относились с иронической усмешкой, становится ясно, что она была совершенно необходима...

Церемония. А вечером все преображено чудесным образом. На левой половине сцены в красных креслах торжественные и праздничные, в черных фраках, лауреаты... На правой половине сцены в старинных синих креслах, отделанных золотом, король Карл XVI Густав и королева Сильвия. Он, как и все мужчины в этом огромном зале, — во фраке. Она — в лиловом вечернем платье, на темных волосах — корона, сверкающая бриллиан-

тами. По правую руку от короля — его дядя, герцог Халландский, по левую руку от королевы — герцогиня Халландская.

На заднем плане, на возвышающихся трибунах — члены правления Нобелевского фонда, члены Нобелевских комитетов во фраках и белых манишках, на которых выделяются яркие ленточки орденов.

На кафедре, украшенной бронзовым барельефом Альфреда Нобеля, председатель правления Нобелевского фонда профессор С. Бергстрем. В конце своего вступительного слова он говорит, что в 2000 году Нобелевский фонд будет отмечать свой 100-летний юбилей.

«Оглядываясь назад в этот день, — говорит он, — мы увидим, что многие достижения и открытия, за которые была присуждена Нобелевская премия в различных областях, имели существенное значение для развития человечества — зачастую самым непредвиденным образом».

Профессор С. Бергстрем говорит по-шведски. У каждого иностранца в зале — книжечка с переводом речей на английский...

Звучит увертюра к опере Глинки «Руслан и Людмила» — русская музыка в честь русского лауреата...

На кафедре директор Нобелевского института физики профессор Л. Хултен. Он говорит:

«Ваши Величества, Ваши Королевские высочества, леди и джентльмены.

В этом году Нобелевской премии удостоены Петр Леонидович Капица (Москва) «за фундаментальные изобретения и открытия в области физики низких температур» и Арно А. Пензиас с Робертом У. Вильсоном (Хомдел, Нью-Джерси, США) «за открытие космического микроволнового фонового излучения».

К низким температурам мы относим температуры, близкие к абсолютному нулю, — 273°С, где все тепловое движение прекращается и не может существовать никакие газы. Обычно в этой области температуру отсчитывают от

нулевой и выражают в «градусах Кельвина» (в честь английского физика лорда Кельвина), например, 3°К означают то же самое, что — 270°С.

Семьдесят лет назад голландскому физiku Камерлинг-Оннесу удалось ожить гелий, и с этого момента началось развитие новой области физики, приведшее ко многим новым и неожиданным результатам. В 1911 году Камерлинг-Оннес открыл сверхпроводимость ртути: ее электрическое сопротивление полностью исчезало при температуре около 4°К. В 1913 г. Камерлинг-Оннесу за это открытие была присуждена Нобелевская премия, и его лаборатория в Лейдене в течение многих лет была Меккой для физиков, занимающихся низкими температурами, в частности и для многих шведских исследователей.

В конце двадцатых годов лейденские физики приобрели достойного соперника в лице молодого русского ученого Капицы, который работал с Резерфордом в Кембридже, Англия. Его достижения были столь впечатляющими, что для него был создан специальный институт: Мондовская лаборатория Королевского общества (названная по имени ее основателя — Монда), где Капица работал до 1934 года. Среди его работ этого периода выделяется оригинальная машина для оживания гелия в больших количествах, которая стала основой быстрого прогресса в физике низких температур за последние двадцать пять лет.

По возвращении в родную страну Капице пришлось строить новый институт, начиная практически с нуля. Тем не менее в 1938 г. он удивил всех физиков, открыв сверхтекучесть гелия, обнаружив, что внутреннее трение (вязкость) жидкого гелия исчезает ниже 2,2 К (так называемая лямбда-точка гелия). Это же открытие было независимо сделано Алленом и Майзнером в Мондовской лаборатории. Дальнейшие исследования сверхтекучести Капица провел так же блестяще, и в то же время он руководил и вдохновлял в работе своих младших

сотрудников, из которых мы должны вспомнить прежде всего Льва Ландау, лауреата Нобелевской премии 1962 г. «за пионерские теоретические работы по конденсированному состоянию, особенно жидкого гелия». Среди других исследований Капицы мы должны упомянуть также метод, разработанный им для получения очень сильных магнитных полей.

Капица выделяется как один из величайших экспериментаторов нашего времени, и в этой области он безусловно новатор, лидер и мастер».

Затем профессор Хултен представил работу Пензиаса и Вильсона...

Короткая пауза.

Профессор Хултен обращается к Петру Леонидовичу и торжественно провозглашает по-английски:

«Профессор Петр Леонидович Капица, я поздравляю Вас с этой высокой наградой и прошу Вас принять Нобелевскую премию из рук Его Величества Короля...»

Фанфары...

Петр Леонидович идет на середину сцены... Из-за спины профессора Хултена возникает церемониймейстер. Он подает королю большую серую коробку с дипломом и маленькую коричневую — с медалью... Король легкой пружиной походкой идет навстречу Петру Леонидовичу. На голубом ковре, которым покрыта сцена, белым кругом обведена большая буква N. Вот здесь они и сходятся. Левой рукой король протягивает Петру Леонидовичу свою драгоценную ношу, а правой пожмывает руку Петра Леонидовича и что-то говорит (будто беззвучно шевелит губами) и Петр Леонидович что-то ему беззвучно отвечает... И поворачивается к залу... Кланяется... Улыбается...

И все 1750 человек в зале и члены Нобелевских комитетов на сцене стоя приветствуют Петра Леонидовича.

В первом ряду стоит Анна Алексеевна...

Девять раз подносит статный церемониймейстер королю коробки с Нобелевскими дипломами, девять раз пожмывает король руки лауреатам



П. Л. Капица и королева Сильвия.

и что-то им беззвучно говорят...

И вот уже звучит национальный гимн Швеции.

А потом торжественной чередой покидают сцену лауреаты, члены Нобелевских комитетов, королевская семья.

Кончилось первое действие торжественной церемонии. Второе действие — праздничный банкет — будет «иметь место» в Голубом зале Городской ратуши.

Банкет. И вот мы в этом зале. Он напоминает двор старинного замка. Ввысь уходят красные кирпичные стены, и белый потолок теряется где-то в поднебесье. Главное преимущество этого простора над головой — вы не слышите обычного при больших застольях гомона сотрапезников: все шумы уходят ввысь. И вы

разговариваете с вашими соседями тихим «домашним» голосом, вы чувствуете себя в этом зале как дома... И так чувствуют себя все 1191 участник этого великолепного банкета...

Фанфары.

С помощью современных мощных средств усиления звука церемониймейстер возвещает о прибытии на банкет королевской семьи и почетных гостей.

Все встают.

По парадной лестнице в зал спускается король, ведущий под руку Анну Алексеевну.

Под звуки торжественного марша в зал входят почетные гости — лауреаты, члены королевской семьи, руководители Нобелевского фонда и Нобелевских комитетов, премьер-министр и министр иностранных дел, послы Англии, СССР, США и Швейцарии (граждане этих стран стали лауреатами Нобелевской пре-

мии 1978 года)... И их супруги, естественно...

Почетные гости занимают места за главным столом банкета, который протянулся из одного конца зала в другой.

Петр Леонидович сидит между королевой и женой председателя парламента. Совсем рядом, справа от жены председателя парламента — премьер-министр Швеции. Петр Леонидович с удовольствием поговорил бы с ним о разных интересных вещах — о политике, экономике и прочем, но... банкет есть банкет, нужно занимать своих соседей, вести светскую беседу. И Петр Леонидович очень мило беседует с королевой. (На следующий день шведские газеты поместили на первой полосе фотографию — П. Л. Капица пьет за здоровье королевы...)

Вскоре после того как был подан десерт — *Parfait glace Nobel* («Совершенное Нобелевское мороженое»), —

король провозглашает тост памяти Альфреда Нобеля.

Начинается «художественная часть» банкета — выступают с краткими спичами Нобелевские лауреаты 1978 года...

Церемониймейстер каждого торжественно представляет... Гремят фанфары и на трибуну поднимается лауреат.

От имени физиков говорит Петр Леонидович.

Вот его речь:

«Ваши Королевские Величества, леди и джентльмены! Я думаю, что не ошибаясь, считая себя самым старым по возрасту человеком, когда-либо получавшим Нобелевскую премию.

Моя первая публикация, имеющая некоторое научное значение, появилась в 1913 году, и с тех пор я в течение 65 лет был свидетелем крупных изменений, происходивших в научной деятельности.

В дни моей молодости научная работа была сосредоточена в университетах и выполнялась в основном небольшим числом профессоров. Материальные средства были очень скромные. Потратить несколько сот рублей на прибор считалось большим событием.

Примерно в середине нашего столетия произошла так называемая научно-техническая революция. Совсем иным стало положение ученого и его работы в обществе. Наука стала производительной силой. Были созданы специальные научно-исследовательские институты, располагающие большими материальными возможностями.

В наши дни на одну научную установку может быть израсходовано несколько сот миллионов долларов.

Несмотря на эти большие изменения в жизни науки, одна вещь осталась неизменной — это Нобелевская премия. Ее значение, как самой большой научной награды в международном масштабе, общепризнано. Это следует рассматривать как выдающееся достижение шведских ученых, поскольку присуждение премий требует большой мудрости.

Стоит отметить, что другой такой премии, пользующейся подобным международным авторитетом, не существует.

Вот почему ученые всего мира так высоко ценят Нобелевскую премию.

Я покорно прошу Ваше Величество передать Шведской Королевской академии наук от имени профессора Пензиса, профессора Вильсона и меня лично нашу искреннюю признательность за оказанную нам честь».

Отгремели аплодисменты, и на парадной лестнице появились студенты в белых кепочках с черными лаковыми козырьками.

Председатель Студенческого союза произносит приветственную речь.

Поет студенческий хор...

От имени нобелевских лауреатов с ответным словом к студентам обращается Пензис.

Все студенты, присутствующие в зале (среди участников банкета 130 студентов), покидают свои места и выстраиваются у парадной лестницы под штандартами институтов и университетов.

Цветущие молодые люди в черных фраках. Прелестные девушки в длинных вечерних платьях... Белые фуражки... Под черными лаковыми ко-

Золотая медаль и диплом лауреата Нобелевской премии.

Фото Ю. Г. Заенчик.

зырьками светятся молодостью и радостью жизни очень серьезные и симпатичные физиономии.

Студенты покидают банкетный зал торжественным строем.

Все встают и отправляются танцевать...

В огромном зале, украшенном мозаикой, кипит и бурлит танцующая толпа, а в тихой комнате, где царит полумрак, королевская семья общается с лауреатами и членами их семей (поочередно, в порядке, регулируемом церемониймейстером)...

Анфилады парадных залов Городской ратуши заполнены праздничной толпой — мужчины во фраках и белых манишках, дамы в длинных вечерних платьях.

Я бродил в этой толпе и часто ловил себя на мысли, что я — это не я (я тоже был во фраке, и проклятый крахмальный воротничок медленно, но неумолимо перепиливал мне шею), мне казалось порой, что я очутился, по крайней мере, в начале XIX века.

Но вот я вижу в этой толпе Петра Леонидовича и Анну Алексеевну. Они веселые, оживленные, радостно возбужденные. Их плотным кольцом окружают люди...

«Нет, — думаю я, — ни в каком я, к счастью, не в девятнадцатом. Я в нашем родном, двадцатом веке...»

Художник П. Г. АБЕЛИН
Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Корректоры:
Т. М. АФОНИНА, Т. Д. МИРЛИС

Адрес редакции: 117049
Москва, В-49,
Мароховский пер., д. 26.
Тел. 237-50-30, 237-22-97.

Сдано в набор 29.03.79
Подписано к печати 15.05.79
Т-08630
Формат бумаги 70×100 1/16.
Офсет
Усл.-печ. л. 10,4. Уч.-изд. л. 15,4
Бум. л. 4
Тираж 85 000 экз. Зак. 820

Чеховский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома Государственного комитета СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.
г. Чехов, Московской области.



KUNGLIGA SVENSKA
VETENSKAPSAKADEMIEN
HAR DEN 17 OKTOBER 1978
BESLUTAT ATT MED DET

NOBELPRIS

SOM DETTA ÅR TILLERKANNES DEN
SOM INOM FYSIKENS OMRADE
GIORT DEN VIKTIGASTE
UPPTÄCKTEN ELLER UPPFINNINGEN
MED ENA HALFTEN BELÖNA

PETER LEONIDOVITJ KAPITSA

FÖR HANS GRUNDLAGGANDE UPPFINNINGAR
OCH UPPTÄCKTER INOM LAGTEMPERATUR-
FYSIKEN

OCH MED ANDRA HALFTEN GEMENSAMT
BELÖNA

ARNO A. PENZIAS
OCH ROBERT W. WILSON

FÖR Deras UPPTÄCKT AV DEN
KOSMISKA BAKGRUNDEN AV MIKROVAGOR

STOCKHOLM DEN 10 DECEMBER 1978

Frank B. Wickman

A. Bondary



Цена 50 коп.
Индекс 70707

