

ISSN 0032-874X

8 ПРИРОДА

1985



ПРИРОДА

Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1912 году



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

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

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Академик
Д. К. БЕЛЯЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук
А. А. ВЕЛИЧКО

Академик
В. А. ГОВЫРИН

Член-корреспондент АН СССР
И. Р. ГРИГУЛЕВИЧ

Член-корреспондент АН СССР
Г. А. ЗАВАРЗИН

Член-корреспондент АН СССР
В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук
Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук
А. А. КОМАР

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор геолого-минералогических наук
И. Н. КРЫЛОВ

Доктор философских наук
Н. В. МАРКОВ

Ответственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИН

Доктор исторических наук
П. И. ПУЧКОВ

Заместитель главного редактора
академик
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Доктор философских наук
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР
А. А. СОЗИНОВ

Академик
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

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

Член корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР
Р. Б. ХЕСИН

Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАЩУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

На первой странице обложки. Колония
горгониевого коралла *Ellisella* в понижении
рифтовой долины хребта Рейкьянес.

На четвертой странице обложки. Под-
водный обитаемый аппарат «Пайсис»
на борту научно-исследовательского суд-
на «Академик Мстислав Келдыш». См. в
номере: Кузнецов А. П., Сагалевиц А. М.,
Богданов Ю. А., Подражанский А. М.,
В рифтовой зоне хребта Рейкьянес.
Фото Ю. А. Володина.

В НОМЕРЕ

- Балбанов В. М., Мороз В. И., Мухин Л. М.** Первый этап космической экспедиции «Вега»: исследование Венеры 3
- Как показал предварительный анализ телеметрической информации, переданной с борта «Веги-1 и -2», в атмосфере Венеры дуют ураганные ветры, ночная сторона планеты озаряется световыми вспышками неизвестной пока природы, в облачном слое, возможно, присутствуют соединения железа. Обработка уникальной научной информации продолжается.
- Шиллов А. Е., Шульпин Г. Б.** Парафиновые углеводороды реагируют с комплексами металлов 13
- Насыщенные углеводороды — эти «благородные газы» органической химии — не столь инертны, как еще недавно считали химики. В последние годы обнаружены их реакции с комплексами металлов, что открывает возможность получения из углеводородов, содержащихся в нефти и газе, ценных химических продуктов.
- Калашников Н. П., Трушин Ю. В.** Энергетика — излучения — кристаллы 24
- Экономичность и безопасность современных энергетических установок определяется, в первую очередь, надежностью материалов, находящихся под интенсивным облучением потоками быстрых частиц, испускаемых в ядерных реакциях. Создание радиационно стойких материалов — задача, которую решает радиационная физика твердого тела.
- Кузнецов А. П., Сагалевиц А. М., Богданов Ю. А., Подражанский А. М.** В рифтовой зоне хребта Рейкьянес 35
- В Северной Атлантике на двухкилометровой глубине среди донной пустыни обнаружены богатые оазисы жизни.
- Короновский Н. В.** Эльбрус — действующий вулкан? 42
- Геологи давно пытаются выяснить, «умер» Эльбрус или только затих, готовясь к новому извержению. Работы последних лет показывают, что извержение возможно.
- Ахундов М. Д.** Пространство и время: от мифа к науке 53
- От фундаментальных, нередко неосознаваемых «архетипов мышления» до предельно общих научных и философских категорий — таков путь, который прошли представления о пространстве и времени. Для дальнейшего развития науки оказалось значимым изучение всей истории культуры, составляющей «концептуальный генофонд» Земли.
- Фролов И. Т.** На пути к единой науке о человеке 65
- Трагический парадокс современной цивилизации состоит в том, что человек своим собственным разумом создал для себя угрозу уничтожения. Попытка разрешить это противоречие будет плодотворной в том случае, если произойдет объединение науки с гуманистическими идеалами и с общими социальными целями развития человечества.
- Рылов А. Л.** Пептиды и агрессивное поведение 75
- Агрессивное поведение животных стало предметом биохимических исследований. Оказалось, что агрессивность во многом обусловлена действием пептидов — соединений, принимающих активное участие в формировании и регуляции многих видов поведения.
- Соколов Б. А.** Нефтегазоносность недр: новые представления 84
- Новые данные о глубинных процессах проясняют их большую роль в преобразовании рассеянного органического вещества и формировании залежей нефти и газа.

Рижский зоопарк — один из десяти зоопарков мира, где получено потомство этих животных, напоминающих некоторыми внешними чертами домашних собак.

В сложном процессе взаимообогащения различных культур заметное место занимают переводы научных и художественных текстов с одного языка на другой. Однако переводчики, работающие с художественной и научной литературой, должны решать принципиально разные задачи.

ЗОЛОТЫЕ МЕДАЛИ ИМ. М. В. ЛОМОНОСОВА АН СССР ЗА 1984 г.

Логунов А. А. В его работах органически сочетаются математика и физика

101

Гольдманский В. И. Он всегда стремится заниматься наиболее фундаментальными вопросами физики

102

НОВОСТИ НАУКИ

105

Запуски космических аппаратов в СССР (март — апрель 1985 г.) (105) • «Прогноз-10 — Интеркосмос» (105) • Откуда «реки» на Марсе? (106) • Из центра Галактики сигналы не приняты (106) • На обсерватории Санглок сфотографирована комета Галлея (107) • Квазикристаллы — структура с симметрией 5-го порядка (108) • Ускорители XXI века? (108) • Система единиц СИ и фундаментальные постоянные (109) • Витамины А и Е активируют иммунные реакции (110) • Пенициллин и стрептомицин изменяют тканевое дыхание (110) • Дибунол и старение организма (111) • Социальное взаимодействие смягчает стресс (111) • Переживание ребенком разлуки (111) • Бактериальный токсин подавляет лактацию у свиней (112) • Насекомые запоминают опасность (112) • Осы подле разрушенного гнезда (112) • Кадмий в океанских фосфоритах (113) • Международные исследования дуги Скотия (113) • Нефтяные запасы США истощаются (114) • «Красный прилив» в Черном море (114) • История формирования Евразийского бассейна Арктики (115) • Закончился ли период потепления для Москвы? (115) • Пустыни наступают (116) • Неолитический человек на севере Европы (116)

РЕЦЕНЗИИ

Терентьев М. В. Еще раз о специальной теории относительности Эйнштейна в историческом контексте (на кн.: Arthur I. Miller. Albert Einstein's Special Theory of Relativity. Emergence (1905) and Early Interpretation (1905—1911))

117

НОВЫЕ КНИГИ

121

Миттон С. Дневная звезда. Рассказ о нашем Солнце (121) • Березинский В. С., Буланов С. В., Гинзбург В. Л., Догель В. А., Птушкин В. С. Астрофизика космических лучей (122) • Намбу Е. Кварки. На переднем крае физики элементарных частиц (122) • Нарликар Дж. Гравитация без формул (123) • Грант В. Видообразование у растений (123) • Дворов И. М., Дворов В. И. Освоение внутриземного тепла (123) • Радкевич Е. А. Наш дом — Земля (123) • Тихомиров Г. С. Герой Арктики Иван Папанин. Документальный очерк (124) • Памятные книжные даты. 1984 (124)

В КОНЦЕ НОМЕРА

Рылов А. Л., Хвесин А. Л. Марья Семеновна лечится

125

НАВСТРЕЧУ XXVII СЪЕЗДУ КПСС

Первый этап космической экспедиции «Вега»: исследование Венеры

В. М. Балебанов, В. И. Мороз, Л. М. Мухин

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОЕКТ «ВЕНЕРА — ГАЛЛЕЙ»

В июне закончился первый этап космической экспедиции «Венера — Галлей», сокращенно «Вега». Что такое «Вега»? Это большая комплексная программа, или, как теперь часто говорят, проект, в выполнении которого участвуют специалисты многих стран. Цель проекта — с помощью автоматической межпланетной станции доставить на Венеру спускаемые аппараты для исследования атмосферы и поверхности, а затем направить станцию к комете Галлея, рассчитав орбиту станции так, чтобы она смогла пройти через голову кометы.

Самую сложную и дорогую часть проекта — создание космического аппарата и его запуск — взял на себя Советский Союз. Однако для разработки и изготовления ряда научных приборов и систем были приглашены научные учреждения Австрии, Болгарии, ГДР, Венгрии, Польши, Франции, Чехословакии и ФРГ. Во главе проекта стоит Международный научно-технический комитет, его председатель — директор Института космических исследований АН СССР академик Р. З. Сагдеев.

В истории советских исследований «дальнего» космоса проект «Венера — Галлей» — вдвойне необычное явление: впервые в рамках одного проекта исследуются сразу два тела Солнечной системы, и в первый раз работа проводится на такой широкой международной основе. Следует подчеркнуть, что среди ученых различных стран весьма велик интерес к участию в космических исследованиях. В СССР имеется специальный научный совет «Интеркосмос», задача которого — помогать советским научно-техническим организациям в сотрудничестве с учеными других стран. Надо сказать, проект «Вега» задал «Интеркосмосу» большую работу.

Сложные экспедиции к другим телам Солнечной системы, как правило, осуществляются с помощью двух идентичных космических аппаратов. В основном такое дублирование необходимо для повышения надежности, хотя при этом возрастает и научная отдача, так как условия эксперимента на двух станциях всегда несколько различаются. В данном проекте тоже участвуют две автоматические межпланетные станции: «Вега-1» и «Вега-2». Они успешно стартовали с космодрома Байконур 15 и 21 декабря 1984 г. В июне 1985 г. первый этап экспедиции закончился посадкой на Венеру спускаемых аппаратов.

В своей статье мы хотим рассказать о проблемах исследования Венеры (как они видятся сейчас, после многолетнего научного штурма этой планеты), о конкретных задачах и научных экспериментах, которые ставятся на спускаемых аппаратах миссии «Вега». О кометной части программы речь пойдет в отдельной статье.

НЕУЮТНАЯ ПЛАНЕТА ВЕНЕРА

Фотографии Земли и Венеры, сделанные с борта космических аппаратов, довольно похожи. Обе планеты почти одинаковы по размерам, обе укрыты облаками. Правда, облачный слой на Венере более мощный, чем на Земле, и это обстоятельство во многом определяет разницу в климате двух планет. На первый взгляд, перед нами две одинаковые планеты, возможно, пригодные для жизни. Но это не так. Суровые климатические условия полностью исключают присутствие биосферы на Венере — температура у ее поверхности около 460 °С, давление около 90 атм.

Именно с особенностями атмосферных и климатических условий на этих двух планетах связан большой интерес к исследованиям Венеры. Надо выяснить причи-



Вячеслав Михайлович Балебанов, кандидат физико-математических наук, заместитель директора Института космических исследований АН СССР. Область научных интересов — космическое приборостроение и физика плазмы. Лауреат Государственной премии СССР.



Василий Иванович Мороз, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом того же института. Основные научные интересы относятся к физике планетных атмосфер и инфракрасной астрономии. Автор ряда монографий и учебных пособий, в том числе: Физика планет. М., 1967; Физика планеты Марс. М., 1978.



Лев Михайлович Мухин, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией Института космических исследований АН СССР. Область научных интересов — происхождение планетных атмосфер и биосфер, химические процессы в планетных атмосферах. Автор популярных книг: Планеты и жизнь. М., 1980; В нашей Галактике. М., 1983.

ны, понять, как шла эволюция атмосферы и климата Венеры, проанализировать эти данные вместе с тем, что мы знаем о нашей собственной планете, а также о Марсе. В результате можно будет, вероятно, сделать более точные выводы о будущих изменениях земного климата. Естественно, вопрос о судьбе атмосферы и климата Земли привлекает особое внимание ученых.

Помимо атмосферно-климатологического аспекта исследований, имеются еще два, тоже весьма важных: геологический и космогонический. Для геологии необходимы сведения о строении и химическом составе твердых тел всех планет земной

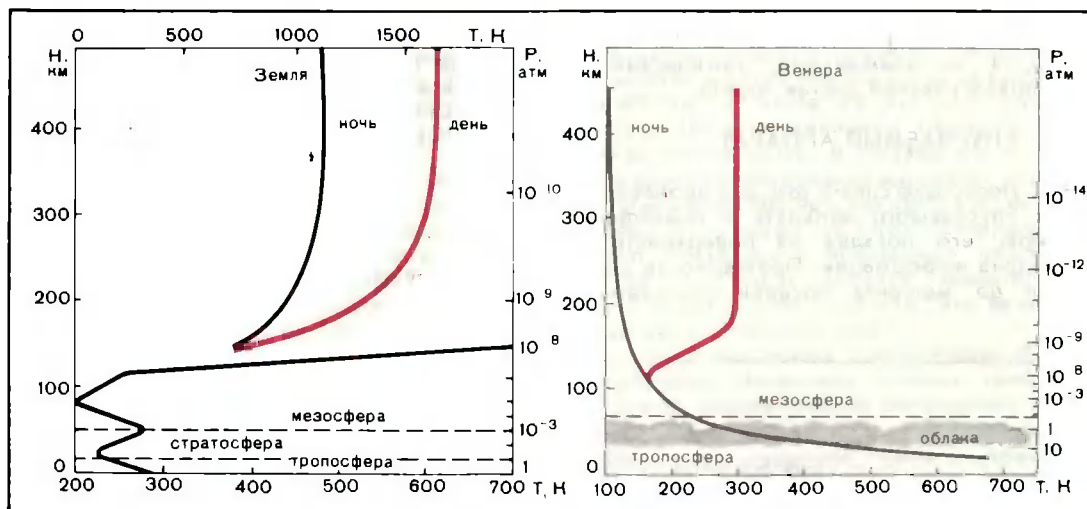
группы. Без этого невозможно восстановить картину ранних стадий в эволюции Земли, а не имея в руках такой картины, трудно разобраться в закономерностях образования полезных ископаемых. Эти же данные необходимы для космогонии. Заметим, что наиболее доступные для исследования «отпечатки» ранних стадий эволюции планеты содержатся в составе атмосферных газов. Особенно важны данные о количестве инертных газов и их изотопов. Дело в том, что среди инертных газов многие являются «реликтовыми» (т. е. первичными, сохранившимися со времен формирования планеты).

Изучение Венеры проводится с уче-



Фототелевизионное изображение Земли, переданное со спутника (слева). Фототелевизионное изображение Венеры в ультрафиолетовых лучах, длина вол-

ны около 3500 мкм, переданное с борта спутника «Маринер-10» (справа). Видны облачные структуры; они вытянуты приблизительно вдоль параллелей.



Зависимость температуры T и давления P от высоты H в атмосфере Земли и Венеры. Температурная шкала для земной атмосферы имеет разные масштабы для высот ниже и выше 130 км. Показаны также некоторые области атмосферы и границы между ними.

АТМОСФЕРА ЗЕМЛИ

Тонкая тропосфера, облачный покров занимает в среднем около 40 % планеты. Заметные суточные колебания температуры. Озонный максимум на высоте около 30 км. Холодная мезосфера, температура верхней атмосферы существенно выше, чем поверхности, и днем и в ночное время.

АТМОСФЕРА ВЕНЕРЫ

Протяженная горячая тропосфера, давление у поверхности 90 атм. Сплошной облачный покров толщиной около 20 км. Холодная мезосфера. В тропосфере и мезосфере суточные колебания температуры почти отсутствуют, но они очень сильны на высоте более 100 км. Тем не менее верхняя атмосфера даже днем более холодна, чем поверхность.

том всех трех указанных аспектов. 18 октября 1967 г. впервые в истории человечества на Земле были приняты радиосигналы с другой планеты. Их послала межпланетная автоматическая станция «Венера-4». С тех пор на Венере побывало более десятка космических аппаратов, вокруг нее кружатся пять искусственных спутников. Каждая новая космическая экспедиция на Венеру идет значительно дальше предыдущих — ставятся новые эксперименты, совершенствуются и видоизменяются те, которые проводились раньше. Одни проблемы находят решение, или, как говорят, «закрываются», другие оказываются твердым орешком, и их приходится откладывать «на потом», третьи кажутся разрешимыми, но требуют долгой осады. А есть и такие, что вроде бы и решены, а все равно остаются предметом споров из-за того, что не все согласны с правильностью полученного ответа.

Мы коснемся четырех вопросов, на решение которых прямо нацелена научная программа венерианской части миссии «Вега»: 1 — динамика и структура атмосферы, 2 — химический состав атмосферы, 3 — природа частиц облачного слоя, 4 — элементный, химический и минералогический состав грунта.

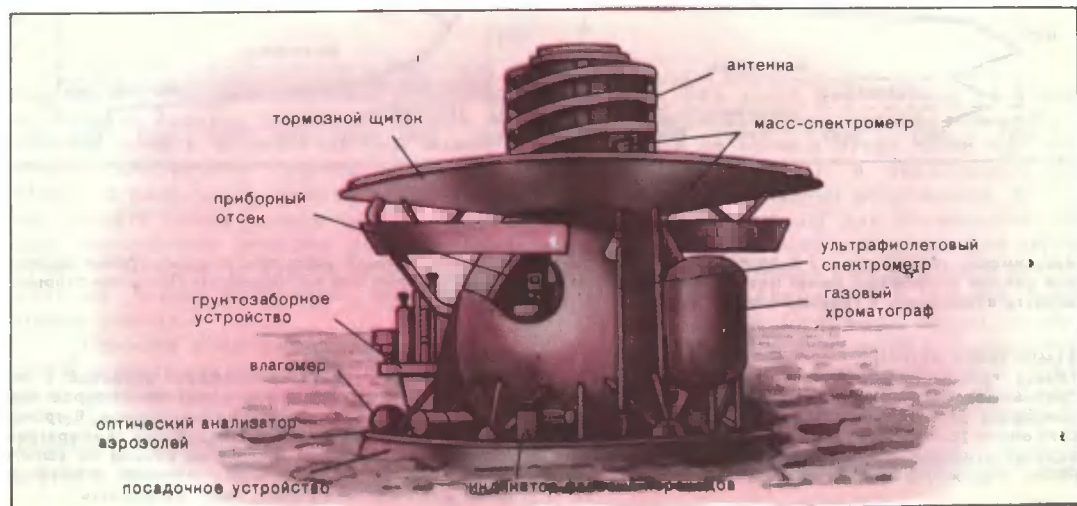
СПУСКАЕМЫЙ АППАРАТ

Несколько слов о том, как происходит вход спускаемого аппарата в атмосферу Венеры, его посадка на поверхность и передача информации. Примерно за двое суток до момента посадки спускаемый

аппарат отделяется от автоматической межпланетной станции и продолжает по инерции полет в направлении к Венере. Затем включается маршевый двигатель станции, который корректирует ее орбиту так, чтобы станция не попала на Венеру, а прошла на заданной высоте над местом посадки спускаемого аппарата. Радиосигналы со спускаемого аппарата идут на станцию и ретранслируются ею на Землю. Такая схема передачи сигнала впервые была применена в 1975 г. на «Венере-9» и «Венере-10». Она позволяет пропускать значительно большее количество информации, чем прямая передача на Землю со спускаемого аппарата, применявшаяся ранее (вплоть до «Венеры-8»). Благодаря резкому увеличению информативности на наших венерианских станциях, начиная с «Венеры-9, -10» (их иногда называют станциями второго поколения) стало возможным устанавливать сложные научные приборы — масс-спектрометр, газовый хроматограф, оптический спектрометр и т. д. Подобное значительное увеличение информативности связано с тем, что на автоматической станции установлена ориентированная на Землю антенна, имеющая острую направленность, а на спускаемом аппарате этого нельзя было сделать.

Спускаемый аппарат находится, как ядро ореха в скорлупе, внутри шара,

Размещение научных приборов в спускаемом аппарате.



образованного двумя полусферами. Шар защищает его от перегрева во время торможения в атмосфере. Вход в атмосферу совершается на второй космической скорости, торможение начинается на высоте около 115 км. На высоте порядка 62 км скорость снижается до 270 м/с. Раскрывается основной парашют, спускаемый аппарат освобождается от верхней и нижней полусфер, включаются научные приборы, и начинается передача информации. Парашют сбрасывается на высоте около 48 км, примерно через 10 мин после раскрытия. В это время спускаемый аппарат как раз «пронзывает» через нижнюю границу облаков. При дальнейшем снижении его движение стабилизируется аэродинамическим щитком. Через 50 мин аппарат садится на грунт, имея скорость в точке посадки около 8 м/с. Сминаемое посадочное кольцо смягчает удар. Теплозащита спускаемого аппарата позволяет его приборам работать еще около двух часов после контакта с поверхностью планеты.

На спускаемых аппаратах «Веги» появилось важное новшество — аэростатный зонд, который отделяется от спускаемого аппарата и свободно плавает в атмосфере на высоте 53—55 км. Таким образом, впервые для исследования атмосферы другой планеты использован метеорологический аэростат.

Места посадки выбраны в экваториальной зоне на ночной стороне Венеры. Ночные условия работы продиктованы требованием обеспечить возможность последующего полета автоматической межпланетной станции к комете Галлея: орбита рассчитана так, чтобы гравитационное поле Венеры наиболее оптимальным образом использовалось для продолжения экспедиции.

ДИНАМИКА И СТРУКТУРА АТМОСФЕРЫ. ГЛОБАЛЬНЫЙ УРАГАН

В августе 1967 г., когда «Венера-4» уже прошла примерно половину своего пути, в Праге шел очередной конгресс Международного астрономического союза. Один из симпозиумов был посвящен планетам. И вот прозвучали два доклада о периоде вращения планеты Венера. Француз А. Дольфюс (Медонская обсерватория) сообщил, что период ее вращения равен 4 суткам, а вслед за ним американец Г. Петтингил (обсерватория Аресибо) назвал другую цифру — около 240 суток.

Где же истина? Правы были оба, хотя Петтингил, строго говоря, был «прав больше». Его результаты, так же как аналогичные данные советских специалистов, работавших под руководством академика В. А. Котельникова, были получены с помощью радиолокации и относились к твердому телу планеты. А период 4 суток был получен по фотографиям планеты в ультрафиолетовых лучах и был связан с движением облачного покрова на высоте около 70 км над поверхностью. Если из величины периода определить скорость движения, то получится около 100 м/с — скорость урагана, причем этот ураган дует без передышки на всех широтах и долготах.

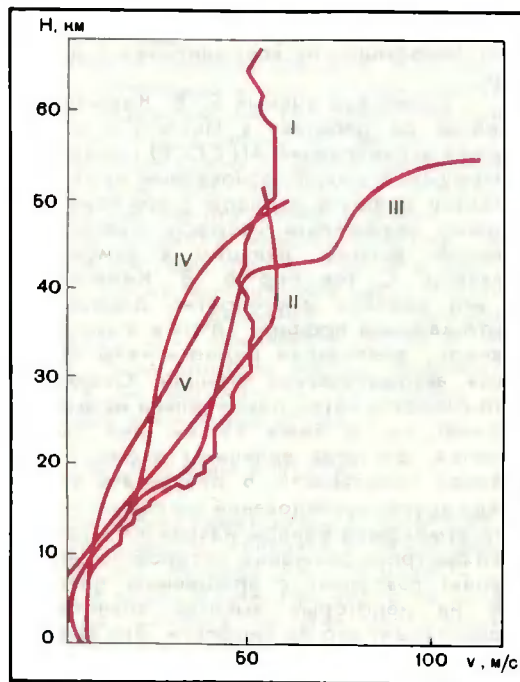
Советский ученый В. В. Кержанович (сейчас он работает в Институте космических исследований АН СССР) предложил хитроумный способ, основанный на использовании эффекта Доплера; с его помощью можно определить скорость сноса «Венеры-4» ветром, дующим в атмосфере планеты. С тех пор В. В. Кержанович и его коллеги многократно определяли вертикальный профиль ветра в атмосфере Венеры, анализируя радиосигналы советских автоматических станций. Оказалось, что скорость ветра максимальна на высотах 20—60 км, а ниже 45 км она уменьшается, достигая величины около 1 м/с вблизи поверхности. В результате этих и ряда других исследований мы сейчас знаем, что атмосфера Венеры находится в состоянии быстрого движения, которое по направлению совпадает с вращением планеты, но на некоторых высотах значительно превосходит его по скорости. Это явление называется суперротацией.

Для объяснения суперротации было предложено несколько разных гипотез, например возникновение регулярных движений за счет конвекции, под воздействием атмосферных приливов, из-за внутренних гравитационных волн, в результате глобальной циркуляции симметричного типа. Однако, чтобы выбрать какой-то один из этих механизмов, нужно иметь гораздо больше фактических данных. К сожалению, почти все измеренные профили горизонтального ветра получены вблизи экватора. Очень мало известно о вертикальной составляющей вектора скорости ветра, о характеристиках конвекции и турбулентности.

Мы надеемся, что запуск первых аэростатных зондов в атмосферу Венеры, откроет новую страницу в исследовании ее динамики. (И в самом деле, чем была

бы без метеозонда наша земная метеорология!)

Аэростатный зонд состоит из двух систем: собственно аэростатной (это оболочка диаметром 3,4 м с подвеской) и гондолы. В гондole установлены приборы метеокон- плекса, источники питания (химические батареи), радиопередатчик. В метеокон- плекс входят приборы для измерения температуры, давления атмосферы, вертикальной компоненты скорости ветра, оптической плотности облачного слоя, освещенности.



Профили (высотное распределение) скорости горизонтального ветра v в атмосфере Венеры по данным: I — «Венеры-12», II — «Венеры-9, -10», III — «Венеры-8», IV — дневного зенита «Пионер-Венера», V — северного зонда «Пионер-Венера». Видно, что на высоте 20—65 км атмосфера Венеры охвачена ураганным ветром, скорость которого составляет 50—100 м/с.

Запускается аэростатный зонд на ночной стороне планеты. Примерно через сутки ветром он сносится к утреннему терминатору и выходит на дневную сторону планеты. Для передатчика выбрана длина волны 18 см, на которой работают радиоастрономы, измеряющие излучение межзвездной молекулы гидроксидла в космических радиоисточниках. Уже давно радиоастрономы объединяют радиотелескопы, установленные на разных континентах, в

единые системы — интерферометры со сверхдлинной базой, позволяющие получить угловое разрешение объектов порядка $0'',001$ (что в 1000 раз лучше, чем на оптических телескопах). Именно такая международная сеть принимала сигналы аэростатных зондов с Венеры, определяла их положение и скорость движения.

Научный руководитель аэростатного эксперимента — академик Р. З. Сагдеев. Большую работу по привлечению зарубежных радиоастрономов для участия в наземных измерениях провел член Французской академии Ж. Бламон. Он известен как горячий энтузиаст применения аэростатов для исследования планет и еще в начале 70-х годов предложил советским ученым запустить воздушный шар в атмосферу Венеры. Идея была с пониманием встречена Главным теоретиком советской космонавтики — академиком М. В. Келдышем.

Научные приборы для метеорологических измерений на аэростатах (а также на самих спускаемых аппаратах) разработаны в лаборатории динамики планетных атмосфер Института космических исследований АН СССР под руководством В. М. Линкина. В метеорологических экспериментах в качестве партнеров участвуют специалисты Франции и вместе с ними (как своего рода «субподрядчики») американские специалисты, хотя США и НАСА официально не участвуют в проекте. Как известно, правительство США прекратило сотрудничество с СССР в области космических исследований, однако научная общественность США заинтересована в его продолжении, и несколько американских ученых нашли себе место в проекте «под крышей» научных учреждений Франции и ФРГ.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АТМОСФЕРЫ. ДЕФИЦИТ ВОДЫ И ДРУГИЕ ЗАГАДКИ

Если перечислить все газы, найденные в атмосфере Венеры, получится солидный список: CO_2 , N_2 , CO , SO_2 , H_2O , HCl , HF , H_2S , COS , H_2 , O_2 , Ar , Ne , Kr , Xe . Казалось бы, всё знаем, пора остановиться. Однако такой вывод был бы поверхностным. Дело в том, что если против каждой молекулы написать ее объемное содержание в атмосфере, то возникнет ряд вопросов.

Начнем, однако, с вещей, твердо установленных и понятных. В 1932 г. американские астрономы В. Адамс и Т. Данем

(обсерватория Маунт-Вильсон) получили спектр Венеры в ближней инфракрасной области и обнаружили регулярную группу линий (полосу), которая в земных лабораториях никогда ранее не наблюдалась. По расстоянию между линиями в этой полосе они определили момент инерции неизвестной молекулы, он оказался таким же, как у CO_2 . Впоследствии эти линии CO_2 наблюдали и в лабораторных условиях, таким образом, отождествление подтвердилось; были найдены в спектре Венеры еще многие другие полосы CO_2 . Сейчас этот спектр — самый лучший каталог полос поглощения углекислого газа.

Тем не менее облачный покров Венеры с неизвестными до недавних пор свойствами не давал возможности определить объемное содержание в нем CO_2 . Это было сделано только в результате прямого химического анализа, проведенного с помощью «Венеры-4» в 1967 г. в эксперименте, которым руководил академик А. П. Виноградов. После уточнений, полученных в последующих экспедициях, можно назвать довольно точные цифры: объемное содержание углекислого газа равно $96,5 \pm 0,5 \%$, а $3,5 \pm 0,5 \%$ приходится на азот. Что же остается на долю других газов? Очень немного, хорошо, если в сумме они наберут около 0,1 %. Это так называемые малые составляющие; малые они, однако, только по количеству, так как роль многих из них в вопросах химии и эволюции атмосферы Венеры весьма велика.

Как получилось, что углекислый газ, который у нас на Земле — малая составляющая, оказался главным компонентом венерианской атмосферы? Ответ, хотя и неполный, таков: на Земле почти весь CO_2 связан в карбонатах, причем количество этого «плененного» CO_2 примерно такое же, как свободного в атмосфере Венеры. Процесс связывания был указан много лет назад известным американским геохимиком Г. Юри: атмосферный CO_2 растворяется в жидкой воде, а этот раствор реагирует с силикатами, превращая их в карбонаты. Если на поверхности планеты нет жидкой воды, углекислый газ остается в атмосфере. Как раз это и имеет место на Венере и Марсе.

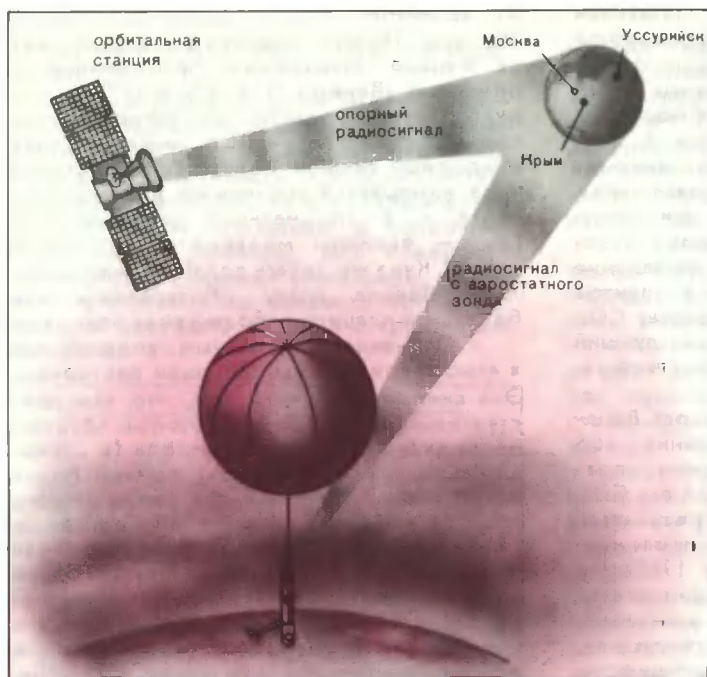
И тут мы подходим к загадке № 1. Если вообразить, что Землю можно нагреть до температуры Венеры, то ее океаны испарятся, превратятся в водяной пар, и образуется атмосфера, состоящая

из водяного пара с давлением около 300 атм. Ничего подобного, однако, нет на Венере. Измерения, проведенные с помощью «Венеры-11 и -12» в 1978 г. под руководством одного из авторов этой статьи¹, показали, что в нижних слоях атмосферы Венеры содержание водяного пара измеряется тысячными долями процента, т. е. парциальное давление H_2O там — единицы миллиметров ртутного столба. Куда же делась вода? По-видимому, либо Венера сразу образовалась как безводная планета, либо она воду потеряла.

По некоторым данным, водяной пар в атмосфере Венеры обогащен дейтерием. Это свидетельствует о том, что там действительно имел место некоторый процесс, приводящий к потере водорода (а следовательно, и водяного пара), причем более эффективный для основного, более легкого изотопа водорода, нежели для дейтерия. Таким примером могла быть термическая диссипация, в результате которой более легкие атомы покидают верхнюю атмосферу планеты, а более тяжелые остаются в ней. Однако существующие теоретические оценки показывают, что таким способом трудно удалить с Венеры столько водорода, сколько его содержится в земных океанах.

Загадка № 2, хотя и не столь глобального характера, тоже относится к воде. Измерения показывают, что объемное содержание H_2O по крайней мере в десять раз больше на высотах 40—50 км, чем вблизи поверхности (в качестве ориентировочных значений можно указать содержание водяного пара 0,02 и 0,002 % на высотах 45 и 0 км, соответственно). Должен быть «сток» (т. е. процесс, удаляющий H_2O из атмосферы в нижних слоях) и наоборот «источник» водяного пара где-то в районе облачного слоя. Чтобы решить эту проблему, надо лучше знать содержание H_2O на разных высотах и в разных местах планеты; между тем имеется ряд противоречий в данных различных экспериментов. Поэтому на каждом запуске аппарата «Венера» ведутся все новые и новые измерения профиля H_2O . Специальный электролитический датчик абсолютной влажности установлен и на аппаратах 1985 г. (эксперимент ведется под

¹ Мороз В. И., Мошкин Б. Е., Экономов А. П., Санько Н. Ф., Парфентьев Н. А., Головин Ю. М. — Письма в Астрон. ж., 1979, т. 5, № 5, с. 222.



Дрейф аэростатного зонда в атмосфере Венеры. Радиосигнал с него передается на Землю и улавливается антеннами, установленными в разных точках планеты. Одновременно принимается опорный сигнал с орбитального аппарата. Наземные антенны образуют сеть интерферометров со сверхдлинной базой.

руководством Ю. А. Суркова, Институт геохимии и аналитической химии АН СССР).

Точные данные о содержании H_2O необходимы для расчета парникового эффекта — того физического механизма, который поддерживает высокую температуру в атмосфере Венеры. Напомним его суть: солнечное излучение, пробиваясь сквозь атмосферу планеты, разогревает ее нижние слои, а их остывание затрудняется вследствие большой непрозрачности атмосферных газов (CO_2 , H_2O , SO_2) для теплового излучения в инфракрасном диапазоне, в результате температура поверхности и нижних слоев атмосферы оказывается на Венере такой высокой.

Загадка № 3 — одновременное присутствие таких комбинаций веществ, которые не могут вместе существовать при термохимическом равновесии: это CO и O_2 , с одной стороны, и H_2S , COS — с другой. Поэтому либо в нижней атмосфере Венеры нет термохимического равновесия, либо часть соединений идентифицирована ошибочно. Специалисты по расчетам равновесий, естественно, грешат на экспериментаторов, так как если они правы, нужно искать (так же, как в случае с водой) механизмы источников и стоков для этих компонентов. Вообще говоря, наличие процессов, нарушающих термхи-

мическое равновесие на Венере, нельзя исключить. Более того, многие ученые считают, что такие процессы есть. Это вулканические извержения. Но поиск вулканов на Венере — дело будущих экспедиций. Сегодня же мы вынуждены идти по пути проверки и уточнения полученных ранее данных.

Нельзя не сказать о сложности и специфике проведения космических экспериментов. В лаборатории экспериментатор всегда может повторить опыт и исключить возможные ошибки. Космический эксперимент — всегда «штучный», в лучшем случае его можно воспроизвести (да и то уже в других условиях) лишь во время следующего запуска. Предполетные и послеполетные калибровки приборов в принципе не могут учесть и точно воспроизвести всех условий натурного эксперимента.

Поэтому время от времени возникают разногласия между различными группами экспериментаторов. Так случилось, например, когда американские исследователи открыли значительное количество кислорода на Венере (аппарат «Пионер-Венера») и не смогли обнаружить угарного газа. Советские же исследователи обнаружили в нижней атмосфере довольно высокие концентрации угарного газа. Этот конфликт

был разрешен нескоро, почти через год. Тогда оказались правы мы, но следует помнить, что в космическом эксперименте от случайности не застрахован никто. В частности, поэтому на «Веге» использованы новые способы определения состава атмосферы. Один из таких методов контроля — определение ультрафиолетового спектра атмосферы Венеры. На спускаемом аппарате установлена лампа-вспышка, излучение от которой идет через кварцевое окно в атмосферу, отражается от зеркала (установленного вне гермоотсека аппарата) и через то же окно возвращается внутрь, где поступает в малогабаритный дифракционный спектрометр. Этот прибор разработали совместно советские и французские ученые. Научные руководители эксперимента — В. И. Мороз и Ж. Л. Берто.

Продолжены эксперименты по поиску различных серосодержащих соединений в атмосфере с использованием нового хроматографа (научный руководитель Л. М. Мухин). Эти приборы, кстати говоря, служат решению еще одной крайне интересной научной задачи — исследованию химического состава облаков.

ОБЛАКА И ПОВЕРХНОСТЬ

Венера, как мы уже говорили, окутана мощным облачным покровом. Долгое время вопрос о том, из чего состоят ее облака, оставался открытым. Наконец, во время запусков «Венеры-11, -12, -13, -14» группе советских ученых под руководством Ю. А. Суркова с помощью рентгенорадиометрического способа анализа удалось установить, что в облаках присутствуют сера и хлор. С другой стороны, используя данные об оптических свойствах частичек облачного слоя, американские исследователи разработали модель, согласно которой облака Венеры состоят из водного раствора серной кислоты концентрацией около 70 %.

Тонкость ситуации заключается в том, что, с одной стороны, такая модель согласуется с обнаружением серы в облаках (хотя непосредственно содержание серной кислоты до сих пор не измеряли), а с другой стороны, облака, по-видимому, кроме серы и хлора могут содержать еще какие-то составляющие. Непонятно также, в какой форме в облаках присутствует хлор. Решение этих вопросов исключительно важно для понимания глобальной геохимии Венеры. Построение геохимических циклов серы и хлора (а возмож-

но, и других элементов) станет доступным лишь после получения достоверной и полной информации о химическом составе облаков Венеры, о свойствах частиц, образующих облачный слой этой планеты. Специальные коллекторы собирают аэрозоль облачного слоя, затем при помощи нагрева он переводится в газовую фазу и анализируется хроматографом и масс-спектрометром. Анализ продуктов такого пиролиза позволяет точно оценить содержание серной кислоты и других соединений, присутствующих в облаках. Здесь же в облачном слое работают счетчики частиц аэрозоля, рентгенофлуоресцентный спектрометр для определения элементного состава облаков, изучаются оптико-физические свойства облачного слоя.

Но спустимся с облаков на поверхность Венеры. В 1982 г. впервые на «Венере-13 и -14» был определен химический состав грунта планеты. Необходимость повторения этих опытов очевидна: ведь места посадки всегда отстоят друг от друга на многие сотни километров и анализ грунта в различных точках поверхности дает возможность судить, с одной стороны, о разнообразии типов пород на Венере, а с другой — более точно строить модели химического взаимодействия поверхности и атмосферы. Поэтому на спускаемых аппаратах нынешних экспедиций вновь установлены рентгенофлуоресцентные спектрометры для проведения элементного анализа грунта. Разработкой и созданием этого сложнейшего комплекса аппаратуры руководил Ю. А. Сурков.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕДИЦИИ «ВЕГА»

11 и 15 июня 1985 г. спускаемые аппараты автоматических межпланетных станций «Вега-1» и «Вега-2» успешно совершили мягкую посадку на поверхность Венеры. В атмосферу планеты были запущены аэростатные зонды. Что же можно сказать о первых, предварительных результатах, полученных при экспресс-анализе телеметрической информации?

Несомненно, важнейшим научно-техническим достижением советской космонавтики является аэростатный эксперимент. Он открывает новую страницу в космических исследованиях планет Солнечной системы, новые возможности изучения не только Венеры, но и, например, Юпитера. Аэростатные зонды передавали информацию на Землю в течение 46 ч. Каждый

из них прошел расстояние более 10 000 км со средней скоростью около 250 км/ч. Были зарегистрированы чрезвычайно сильные (по земным меркам) вертикальные порывы ветра, достигающие более одного метра в секунду. Заметим, для сравнения, что на Земле вертикальные порывы не превышают сантиметров в секунду. Это свидетельствует о сильно развитой турбулентности в атмосфере Венеры на высотах около 54 км (зона плавания аэростатов).

Чрезвычайно интересно и следующее обстоятельство. Аэростаты, как известно, были запущены на ночной стороне Венеры. Так вот, на ночной стороне они зафиксировали вариации освещенности и световые вспышки. Что это? Извержения вулканов? Молнии? Пока на эти вопросы нельзя дать окончательный ответ.

Необходимо сказать, что вопрос о наличии активного вулканизма на Венере, безусловно, интересен. Мы хорошо знаем об исключительно сильных извержениях на спутнике Юпитера Ио. Огромные древние вулканы находятся на Марсе. Открытие вулканизма на Венере имело бы весьма важное значение как для понимания строения этой планеты, так и для выяснения химических процессов, проходящих в ее атмосфере. Ведь известно, что вариации содержания SO_2 в атмосфере Венеры пытались объяснить с помощью предположения об извержении вулкана. Но вернемся к «Вегам».

Научная аппаратура, установленная на спускаемых аппаратах, также принесла немало интересной информации. Так, например, впервые был проведен анализ грунта в материковом возвышенном районе. Уже первые данные показали, что состав грунта отличается от состава, исследованного в местах предыдущих посадок.

До настоящего времени предполагалось, что некоторая часть облачного слоя Венеры содержит аэрозоль серной кислоты. Оптические характеристики аэрозоля соответствуют примерно 70 %-ному водному раствору серной кислоты. В облаках была обнаружена также элементная сера. Тем не менее прямых определений серной кислоты в облачном слое до сих пор не было. Этот чрезвычайно сложный эксперимент был впервые осуществлен на спускаемых аппаратах станций «Вега-1» и «Вега-2» с помощью газового хроматографа «Сигма-3». Прибор уверенно зафиксировал присутствие в облаках Венеры серной кислоты как химического соединения.

Ультрафиолетовый спектрометр впервые измерил поглощение атмосферных газов на высотах от 60 км вплоть

до поверхности и на длинах волн от 2300 до 4000 Å. В этой области имеется полоса, которая становится все глубже и шире по мере снижения аппарата; частично она создается двуокисью серы, однако значительный вклад могут давать и другие газы (возможно, пары серной кислоты).

В облачном слое работали приборы, определяющие число и размеры частиц аэрозоля в зависимости от высоты. Удалось установить, что число частиц с размерами около 5 мкм составляет примерно 10^2 см^{-3} , а ниже 47 км концентрация частиц увеличивается до 10^3 см^{-3} . Одновременно уменьшается их размер. Ниже 47 км диаметр частиц менее микрона.

Прибор ИФП определял элементный состав облачного слоя и, кроме того, давал информацию о массовой плотности аэрозоля в зависимости от высоты. Этот прибор мог также фиксировать наличие соединений, испытывающих фазовые переходы при изменении температуры. Ясно, что массовая плотность несет информацию о структуре облачного слоя. Поэтому уже первые полученные данные показали, что облака на Венере имеют сложную слоистую структуру.

Так, на спускаемом аппарате «Веги-1» было обнаружено несколько ярусов облаков, причем структура облаков в месте посадки «Веги-1» отличается от структуры облачного слоя в месте посадки «Веги-2». Прибор зарегистрировал присутствие в облаках соединений, испытывающих фазовые переходы в диапазоне температур от -20°C до $+90^\circ\text{C}$. Более точная привязка по давлению и температурам точек перехода поможет идентифицировать эти соединения. Появились подозрения, что в облаках Венеры присутствуют соединения железа.

На обработку всей информации в целом, полученной от научной аппаратуры станций «Вега-1» и «Вега-2», понадобится не один год, и нет сомнений, что при этом ученые столкнутся с множеством сюрпризов.

Итак, мы рассказали о первом этапе космической миссии «Вега» — новом этапе в изучении нашей ближайшей соседки по планетам земной группы, Венеры. Общее руководство научной программой спускаемых аппаратов «Вега» осуществлял член-корреспондент АН СССР В. Л. Барсуков.

Парафиновые углеводороды реагируют с комплексами металлов

А. Е. Шилов, Г. Б. Шульпин



Александр Евгеньевич Шилов, член-корреспондент АН СССР, заведующий отделом кинетики и катализа, заведующий лабораторией комплексных катализаторов. Области научных интересов — катализ комплексами металлов, моделирование биохимических процессов (окисление алканов, фотосинтез, фиксации молекулярного азота). Автор монографии: *Activation of Saturated Hydrocarbons by Transition Metal Complexes*. Dordrecht, 1984. Неоднократно публиковался в «Природе».



Георгий Борисович Шульпин, кандидат химических наук, старший научный сотрудник того же института. Область научных интересов — химия металлоорганических соединений, металлокомплексный гомогенный катализ. Автор монографии: *Химия комплексов со связями металл — углерод* (совместно с С. П. Губиным). Новосибирск, 1984 — и научно-популярной книги: *Эта увлекательная химия*. М., 1984.

60-е годы нашего столетия ознаменовались многими замечательными открытиями в области химической науки. Именно в это время были найдены первые реакции, разрушившие представления о полной химической инертности ксенона и криптона. В это десятилетие бурно развивается область катализа, занимающаяся превращением молекул под действием комплексов металлов и называемая гомогенным металлокомплексным катализом¹. В результате

были открыты новые и широко изучены ранее известные реакции с участием таких соединений, как ненасыщенные и ароматические углеводороды, окись и двуокись углерода, молекулярный водород, кислород, азот. Молекулы всех этих веществ, как говорят, «активируются» комплексами металлов². И только насыщенные, или парафиновые, углеводороды в течение долго-

¹ См.: Шилов А. Е. Металлокомплексный катализ и его место в науке о катализе. — *Природа*, 1979, № 10, с. 44.

² Напомним, что комплексным (или координационным) соединением металла называется сложное химическое образование, в центре которого находится ион или атом металла, окруженный несколькими частицами (ионами или молекулами) — лигандами.

го времени выпадали из этого списка. В 1968 г. видный американский специалист в области катализа Дж. Хэлперн писал, что проблема вовлечения насыщенных углеводородов в каталитические реакции с участием комплексов металлов «составляет одну из наиболее важных и бросающих вызов ученых проблем».

Почему же столь интересна и важна эта задача?

«БЛАГОРОДНЫЕ ГАЗЫ» ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Сегодня химикам известно (это значит, что ученые их держали в руках в чистом виде) несколько миллионов органических соединений, т. е., в конечном счете, производных углеводородов. Эти соединения составлены, как показывает их название, из двух элементов — углерода и водорода. К простейшим насыщенным углеводородам относятся метан CH_4 , этан C_2H_6 , пропан C_3H_8 и др. Заменяя в этих углеводородах (называемых также алканами и имеющих общую формулу $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$) атомы водорода на атомы других элементов или на группировки из нескольких атомов (функциональные группы), можно перейти к самым разнообразным органическим соединениям — спиртам и кетонам, аминам и кислотам. К сожалению, такую замену легко осуществить на бумаге и гораздо сложнее в колбе и тем более в заводском реакторе. Химики прекрасно знают, что предельные, или насыщенные углеводороды, — это самые простые, но и самые инертные органические молекулы. Действительно, поскольку все связи между атомами в этих соединениях насыщены, они не стремятся присоединить к себе какие-либо частицы. И поэтому их можно назвать благородными газами органической химии. Не зря они имеют еще одно старинное название — парафины, происходящее от латинских слов «parum» (недостаточно) и «affinis» (сродство). Хорошо известно, что парафин устойчив к действию кислот, щелочей и многих других активных химических реагентов. И если экспериментатор решает провести какую-либо реакцию в среде, скажем гексана, он априори (и, как правило, справедливо) полагает, что ни один из реагентов не будет взаимодействовать с таким инертным растворителем. Действительно, в сравнении с химией любых других органических соединений химия алканов бедна и однообразна.

Обычно для того чтобы вызвать реакцию с насыщенными углеводородами, реак-

ционную смесь необходимо сильно «активировать». Для этого требуется либо значительное повышение температуры (до нескольких сотен градусов), либо подведение энергии в какой-то другой форме (например, облучение светом, γ -квантами или электронами). При этом часто идут так называемые радикальные и радикально-цепные процессы. Такие реакции, как правило, являются мало селективными, т. е. протекают с образованием многих продуктов, смесь которых трудно разделить. Хорошо известно, что, если смесь метана CH_4 и хлора Cl_2 освещать солнечным светом, образуется следующий спектр продуктов: CH_3Cl , CH_2Cl_2 , CHCl_3 и CCl_4 . Если в эту реакцию вводить этан CH_3CH_3 или пропан $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$, смесь продуктов будет еще сложнее. Алканы, входящие в состав природного парафина, можно окислить по тому же радикально-цепному механизму кислородом. И здесь также образуется сложная смесь органических продуктов.

Запасы парафиновых углеводородов на земном шаре пока еще очень велики. Природные газы на 80—98 % состоят из алканов. Например, газ Северо-Ставропольского месторождения содержит 98,8 % метана, 0,4 % этана и 0,2 % пропана. В газе Березовского месторождения (Тюменская обл.) 95,1 % метана, 1,1 % этана и около 3 % пентана и высших углеводородов. Много алканов и в нефти. Так, наиболее ими богатая мангышлакская нефть содержит почти 90 % парафинов. Попутные нефтяные газы состоят на 30—60 % из метана и включают по 10—20 % этана, пропана, бутана. Газы угольных шахт — это на 95—97 % метан. Алканы получают и другими путями: при взаимодействии бурых углей с водородом (гидрогенизация углей), каталитическим синтезом из окиси углерода и водорода (синтез Фишера—Тропша).

Увы, не секрет, что — несмотря на известный афоризм Д. И. Менделеева о нефти и ассигнациях — и сегодня, сто лет спустя, львиная доля парафиновых углеводородов используется как топливо и лишь весьма незначительная их часть перерабатывается химической промышленностью. Основная причина такого положения вещей — малая реакционная способность этих соединений. Стоит ли поэтому говорить, какое практическое значение имеют поиски новых превращений алканов сейчас, когда все серьезнее надо думать об экономном использовании природных ресурсов? Впрочем, и для фундаментальной, «чистой» науки проблема вовлечения парафинов в новые реакции представляет большой интерес.

В ЧЕМ ПРИЧИНА ИНЕРТНОСТИ АЛКАНОВ?

Мы говорили об инертности предельных углеводородов, а они, тем не менее, легко вступают в некоторые реакции. И реакции эти хорошо известны. Одну из них — фотохимическое хлорирование метана — мы упоминали. Вторая реакция еще более тривиальна: для того чтобы ее осуществить, достаточно поднести спичку к газовой конфорке. Первая реакция приводит к образованию хлорметана и других продуктов, вторая дает углекислый газ и воду. В результате обеих реакций выделяется тепло: 100 и 807 кДж/моль, соответственно. Таким образом, оба процесса термодинамически выгодны. Однако на пути от реагентов к продуктам реакция должна преодолеть некий энергетический барьер. Это значит, что системе сначала необходимо сообщить какую-то дополнительную энергию, чтобы она смогла оказаться на вершине энергетического холма, скатиться с которого в «долину продуктов» она сможет уже сама по себе. Наличие энергетического барьера проявляется в том, что при обычной температуре смесь метана с хлором (в темноте) или с кислородом (как в темноте, так и на свету) никаких продуктов не дает.

Будем теперь подводить энергию к нашей хлор-метановой системе. Самый простой способ — нагревать смесь реагентов. При температуре примерно 300 °С тепловой энергии будет достаточно для того, чтобы начала разрываться связь Cl—Cl в молекуле хлора (ее нужно 243 кДж/моль). Дальше активный атом хлора легко реагирует с молекулой метана (энергия активации этой стадии невелика), начиная цепь превращений. Реакцию можно вызвать и другим способом — облучить систему светом. Энергия его кванта может быть достаточной, чтобы расщепить молекулы хлора на атомы. Но ни тепло при 300 °С, ни свет не вызывают распада молекулы метана на радикалы и атомы. Дело в том, что энергия диссоциации связи CH₃—H гораздо выше (428 кДж/моль).

Сделаем некоторые выводы. Во-первых, в известных реакциях алканы реагируют с весьма реакционноспособными частицами, такими как атомы и радикалы. Эти активные частицы — реагенты очень «неразборчивы», поэтому в большинстве случаев образуются сложные смеси продуктов. Во-вторых, инертность алканов часто связана не с термодинамикой (запас энергии продуктов ниже, чем реагентов).

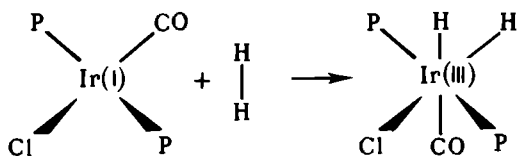
Причина химической инертности парафинов — в высокой энергии связей C—C и C—H, их малой полярности. Во многих радикально-цепных реакциях, таких как хлорирование, легче активируются (т. е. приводятся в реакционноспособное состояние) не сами алканы, а реагенты, которые с ними взаимодействуют.

Однако, можно ли активировать непосредственно алканы и получать из них продукты неглубокого окисления, например спирты?

ПЕРВЫЙ ПРИМЕР АКТИВАЦИИ АЛКАНОВ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСОМ

Парафиновые углеводороды отличаются от большинства соединений, легко активируемых комплексами металлов, тем, что в их молекулах нет ни кратных, так называемых π-связей, ни неподеленных электронных пар, локализованных обычно вокруг атомов кислорода, азота и др. Алканы построены из атомов только двух типов и только один тип связи используется для связывания этих атомов в молекулу. Это прочные σ-связи углерод—углерод или углерод—водород. Между тем именно за счет заполненных электронами и свободных π-орбиталей и неподеленных электронных пар происходит комплексообразование, связывающее реагирующую молекулу с производным металла и приводящее к ее активации.

Однако, с другой стороны, довольно давно было известно, что такая молекула, как водород, H₂, легко присоединяется к некоторым комплексам металлов. Заметим, что в молекуле H₂ присутствует только прочная σ-связь, энергия разрыва которой составляет 437 кДж/моль. После ее разрыва образуются так называемые гидридные комплексы, в которых атом металла непосредственно связан с водородом. Одну из наиболее хорошо изученных реакций такого рода открыл в 1962 г. американский химик Л. Васка:

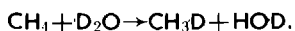


Здесь буквой P обозначена молекула трифенилфосфина P(C₆H₅)₃. В результате этой реакции атом иридия, присоединяя два атома водорода, изменяет валентность от I до III (т. е. формально окисляется), а комп-

лекс из квадратного превращается в октаэдрический. Реакции такого типа называются **окислительным присоединением**.

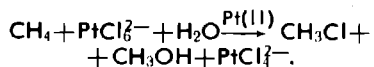
А нельзя ли провести аналогичную реакцию, только заменив в молекуле водорода один из атомов на алкильный остаток, например на метил CH_3 ? Увы, оказалось, что многие комплексы, которые легко реагировали с водородом, не подходят для реакций с метаном.

И все же в 1969 г. в Институте химической физики АН СССР была найдена первая металлокомплексная система, способная реагировать с метаном и другими алканами³. Система очень проста. Это — запаянный в ампулу раствор соли двухвалентной платины K_2PtCl_4 в дейтерированной воде или водной уксусной кислоте ($\text{CH}_3\text{COOD}-\text{D}_2\text{O}$). Если в этой ампуле находится и метан, то при нагревании в течение нескольких часов при 100°C атомы водорода в метане заменяются на дейтерий:



В отсутствие соли платины такая реакция может протекать только при температуре выше 600°C .

Несколько лет спустя в той же лаборатории была открыта реакция алканов с более сложной системой⁴, включающей помимо комплекса двухвалентной платины еще и соединение платины четырехвалентной, H_2PtCl_6 . Если платина(II) окислителем не является и способна лишь заменять в насыщенном углеводороде водород на дейтерий, то платина(IV) такой углеводород окисляет, сама превращаясь в платину(II). После нагревания метана с такой системой (растворителем по-прежнему служит вода или водная уксусная кислота) в ампуле были обнаружены хлорметан и метанол:



Кстати, метильная группа CH_3 уксусной кислоты ведет себя, подобно метилу метана, — из уксусной кислоты образуется монохлоруксусная ClCH_2COOH . Во всех случаях такое окисление углеводорода сопровож-

дается восстановлением платины(IV) до производного платины(II).

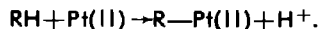
Самым удивительным свойством открытых реакций является их весьма необычная селективность, т. е. место молекулы, которое наиболее предпочтительно атакуется комплексом. Если сравнивать по их реакционной способности различные связи $\text{C}-\text{H}$ в одной и той же молекуле углеводорода или в разных углеводородах, то оказывается, что наиболее легко вступают в реакцию с платиной связи $\text{C}-\text{H}$ метильных групп, медленнее реагируют метиленовые группы CH_2 , а третичная связь $\text{C}-\text{H}$ при атоме углерода, связанном с тремя алкильными группами, например в $(\text{CH}_3)_3\text{CH}$, вообще практически неакционноспособна. Но ведь хорошо известно, что в метильной группе связь наиболее прочная, а связь при третичном углероде самая слабая. Объяснение необычной селективности, по видимому, надо искать в пространственных (стерических) затруднениях при атаке реагентом, что характерно для металлокомплексного катализа. Метильная группа наиболее открыта, третичная же связь $\text{C}-\text{H}$ в гораздо большей степени экранирована алкильными группами.

Необычная селективность в реакциях с алканами позволяет надеяться на создание каталитических металлокомплексных процессов, особенно интересных и важных для практики. Так, окисление метильной группы до спиртовой при сохранении остальной части молекулы нетронутой позволило бы получать из алканов первичные спирты, необходимые для целого ряда процессов химической промышленности.

Самой маленькой (и поэтому самой пространственно доступной для металлокомплекса) среди углеводородов является молекула метана. Однако в случае комплексов платины этот углеводород оказался несколько менее реакционноспособным, чем другие алканы. Видимо, все же сказывается влияние прочности связи $\text{C}-\text{H}$, которая в метане наиболее крепкая.

ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Как же протекают эти реакции? Была выдвинута следующая гипотеза о стадиях реакций. Обе реакции начинаются одинаково — с взаимодействия комплекса платины(II) с алканом RH , которое приводит к образованию довольно устойчивого соединения:

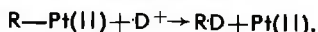


³ Гольдшлегер Н. Ф., Тябин М. Б., Шилов А. Е., Штейнман А. А. — Ж. физ. химии, 1969, т. 43, с. 2174.

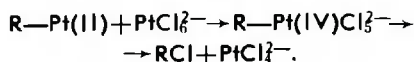
⁴ См. обзоры: Шилов А. Е., Штейнман А. А. — Кинетика и катализ, 1977, т. 18, с. 1129; Шилов А. Е. — Ж. Всес. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева, 1977, т. 22, с. 521.

Действительно, реакция H_2PtCl_6 с алканами катализируется комплексом платины(II). Поэтому вполне логично предположить, что в реакции окисления комплекс низковалентного металла выполняет самую активную роль. В результате образуется соединение, которое содержит σ -связь углеродного атома непосредственно с атомом металла и поэтому относится к металлоорганическим.

Дальше возможны два пути. Если в системе нет окислителя, σ -комплекс платины(II) взаимодействует с ионом D^+ , давая дейтерированный алкан. Платиновый комплекс высвобождается в первоначальном состоянии и способен снова проводить замену водорода на дейтерий в другой или в той же самой молекуле:



Второй путь реализуется, когда в системе присутствует производное платины(IV). В этом случае σ -алкильное производное платины(II) окисляется, образуя σ -алкильное производное платины(IV), а последнее распадается на хлористый алкил и комплекс платины(II):



Поскольку в реакционной смеси много воды, часть ионов Cl^- заменяется в процессе реакции на ионы OH^- и в результате образуется еще и спирт ROH (см. рис. 1).

Предстояло доказать, что реакция протекает именно по этой схеме.

Известно несколько приемов, применяемых для установления механизма реакции. В первую очередь исследуются особенности реакции, ее кинетика. Изучение зависимости скорости реакции от начальной концентрации платины и метана, от добавок в систему ионов Cl^- показало, что кинетика реакции вполне согласуется с предложенной схемой.

Зависимость скорости реакции дейтерообмена от концентрации ионов Cl^- свидетельствовала, что «работает» не исходный комплекс PtCl_6^{2-} , а частица, которая существует с ним в равновесии и образуется после отщепления от этого комплекса двух ионов хлора. Это — незаряженный комплекс $(\text{H}_2\text{O})_2\text{PtCl}_2$. В реакции окисления отношение скоростей стадий реакций меняется с температурой. Так, при температуре выше 100°C самая медленная стадия реакции — это окисление σ -комплекса платины(II) соединением платины(IV), а при

более низкой температуре скорость всей реакции определяется уже стадией взаимодействия платины(II) с алканом.

И все же кинетические сведения дают лишь косвенное подтверждение предложенной схеме. Лучший способ подтвердить гипотезу о механизме — выделить или по крайней мере наблюдать с помощью того или иного физического метода предполагаемые промежуточные соединения. Между тем химики, работающие с металлоорганическими соединениями, знают, что это довольно неустойчивые и реакционноспо-

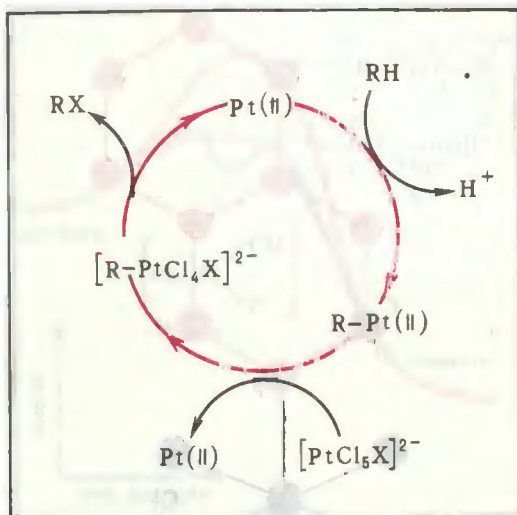


Рис. 1. Каталитический цикл окисления алканов комплексами платины. X — это ион Cl^- или OH^- . Стрелки показывают последовательность, в которой одни соединения превращаются в другие, а также вступление в цикл и выход из него различных частиц.

собные вещества. Поэтому казалось невероятным, чтобы такие соединения могли образоваться в сколько-нибудь заметных концентрациях в водных растворах при температурах около 100°C . В связи с этим и вся гипотеза представлялась многим весьма сомнительной.

...Было решено сначала попытаться вообще наблюдать подобные промежуточные металлоорганические соединения. Для этого были выбраны ароматические углеводороды, которые реагируют с комплексами платины легче и должны образовывать относительно прочные металлоорганические производные. Оказалось, что в реакции ароматических соединений с H_2PtCl_6 такие комплексы действительно образуются, причем их можно выделить из

реакционной смеси с довольно большим выходом⁵. Как и в алканах, платина реагирует в ароматических углеводородах с наиболее пространственно открытым водородом. В нафталине — это атом углерода в β -положении, что было подтверждено данными рентгеноструктурного анализа (рис. 2). Интересно, что при достаточно долгом нагревании σ -комплекс (который может образоваться с выходом до 95 %) начинает разлагаться, давая хлоридные производные ароматического углеводорода. Поэтому кинетическая кривая накопления

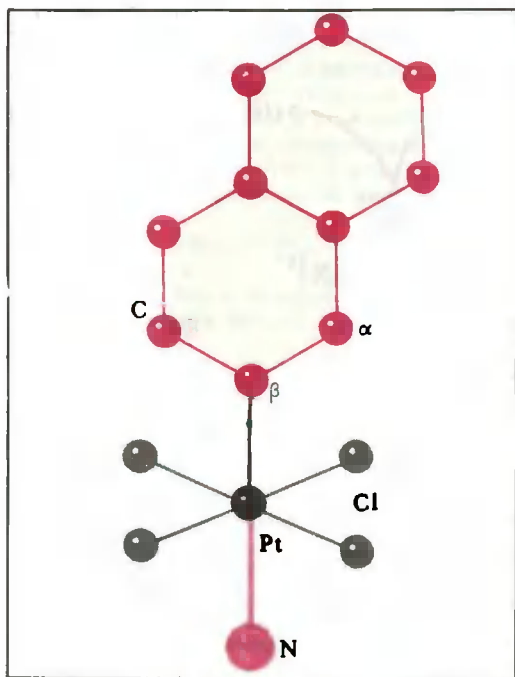


Рис. 2. Структура σ -комплекса нафталина (выделен цветом) и платины(IV) по данным рентгеноструктурного анализа. При выделении комплекса в него дополнительно вводится молекула аммиака (от нее атом N в одной из вершин), благодаря чему комплекс становится более стабильным.

и распада комплекса имеет вид колокола, причем чем выше температура, тем острее его вершущка (рис. 3).

Теперь у исследователей появилась надежда наблюдать аналогичные комплек-

сы для случая алканов, в частности метана. Правда, положение осложнялось тем, что свойства промежуточного комплекса были совершенно неизвестны. К счастью, несколько лет назад в Донецком институте физической органической химии и углехимии АН УССР было обнаружено⁶, что σ -метильный комплекс платины(IV) может быть получен встречным путем — окислительным присоединением иодистого метила CH_3I к комплексу платины(II):

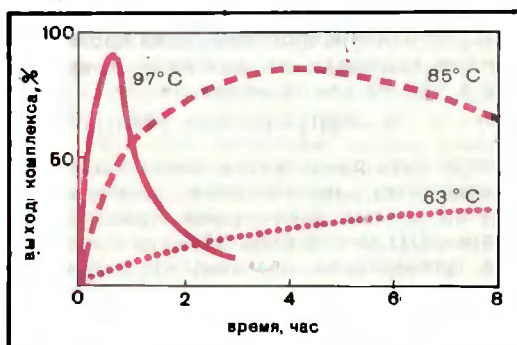
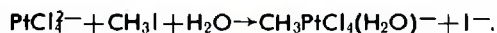


Рис. 3. Зависимость выхода σ -комплекса платины(IV) и толуола от времени реакции. Видно, что период накопления комплекса сменяется периодом его распада. Чем выше температура, тем быстрее протекают и тот и другой процессы.

Знание спектральных характеристик предполагаемого промежуточного комплекса облегчило его поиск в смеси продуктов реакции метана с платинохлористоводородной кислотой. Образование комплекса $\text{CH}_3\text{PtCl}_2^{2-}$ в системе $\text{CH}_4\text{—PtCl}_6^{2-}$ было доказано методом ядерного магнитного резонанса на ядрах ^1H . В спектре присутствовал сигнал, обусловленный метильной группой, связанной с атомом изотопа платины ^{196}Pt , а также два пика, соответствующие метилу, который «привязан» к магнитно активному изотопу ^{195}Pt . Количество промежуточно образующегося метильного комплекса было очень мало, что, впрочем, вполне согласовывалось с теоре-

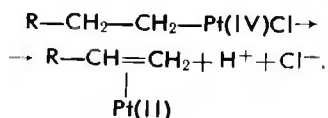
⁵ Шульпин Г. Б., Розенберг Л. П., Шибазова Р. П., Шилов А. Е. — Кинетика и катализ, 1979, т. 20, с. 1570; Шульпин Г. Б. — Ж. общ. химии, 1981, т. 51, с. 2100.

⁶ Замашников В. В., Рудаков Е. С., Митченко С. А., Литвиненко С. Л. — Теор. и эксперим. химия, 1982, т. 18, с. 510.

⁷ Kushch L. A., Lavrushko V. V., Misharin Yu. S., Moravsky A. P., Shilov A. E. — Nouv. J. Chim, 1983, v. 7, p. 729.

тическими прикидками. Кинетические исследования количественно подтвердили, что весь процесс взаимодействия метана с комплексами платины происходит через метильное производное четырехвалентной платины. Итак, как бы это ни казалось невероятным химикам, метан реагирует с комплексами платины в водном растворе при 120 °С, образуя, хотя и малые, но заметные количества металлоорганического соединения платины.

Надо отметить, что метильный комплекс четырехвалентной платины не единственное металлоорганическое соединение, возникающее в реакциях алканов с производными платины. При взаимодействии гексана с платинохлористоводородной кислотой под действием тепла, света или γ -лучей получается⁸ с выходом до 17 % π -комплекс двухвалентной платины с гексом $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}_2$. Один из путей образования такого соединения — это, видимо, внутримолекулярная окислительно-восстановительная реакция σ -комплекса гексила $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_2$ — с платиной (IV):



Естественно, такой процесс возможен только в случае σ -комплексов, образуемых углеводородами, более длинными, чем метан.

ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ПРИСОЕДИНЕНИЕ ИЛИ ЭЛЕКТРОФИЛЬНОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ?

Итак, сегодня не вызывает никаких сомнений, что алканы реагируют с комплексами платины в растворах, давая металлоорганические производные. Менее понятен детальный механизм взаимодействия комплекса платины(II) с алканом. Можно представить себе два пути, по которым образуется σ -алкильный комплекс платины(II). Первый путь: оба компонента алкана CH_3-H присоединяются к Pt(II) , окисляя ее подобно тому, как водород окисляет комплекс Васки. В результате образуется алкилгидридный комплекс платины(IV) $\text{CH}_3-\text{Pt(IV)}-\text{H}$. Такой комплекс

отщепляет затем ион водорода H^+ и один из хлоридных лигандов Cl^- , давая $\text{CH}_3-\text{Pt(II)}$. Вторая возможность: хлоридный комплекс платины(II), образуя связь $\text{Pt}-\text{C}$, вытесняет одновременно водород H^+ в едином процессе. Такая реакция относится к типу **электрофильного замещения**. Оба пути приводят к одному результату — образованию продуктов $\text{CH}_3\text{Pt(II)}$, H^+ и Cl^- . Разница заключается в том, что в первом случае платина выступает как частица, богатая электронами (говорят, что она является нуклеофилом),

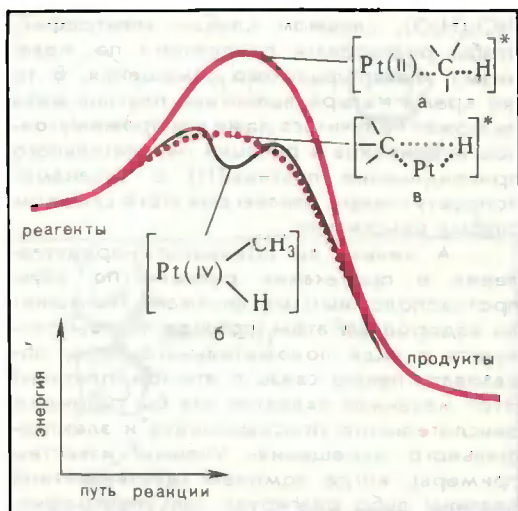


Рис. 4. Энергетическая диаграмма и возможные структуры так называемых переходных состояний реакции метана с комплексом платины(II). Переходные состояния а и в, соответствующие максимуму на кривой, обозначены звездочкой. Промежуточному комплексу б соответствует впадина.

во втором, наоборот, она ведет себя как электрофил.

Процесс вытеснения положительного иона водорода электрофильной платиной должен на энергетической диаграмме отображаться кривой с одним максимумом. Окислительное присоединение с последующим отщеплением водорода проходит через стадию образования относительно устойчивого алкилгидридного комплекса, которому на энергетической диаграмме соответствует небольшая впадина (рис. 4).

Заметим, что реакция ароматических соединений с комплексом платины(IV) протекает, по-видимому, как электрофильное замещение, а в качестве промежуточного продукта образуется так называемый комплекс Уэланда. Такая частица, возникаю-

⁸ Shul'pin G. B., Nizova G. V., Shilov A. E. — J. Chem. Soc., Chem. Commun., 1983, № 12, p. 671.

щая после присоединения платины(IV) к кольцу, энергетически выгодна, потому что положительный заряд может «размазываться» по нескольким атомам кольца:



Поскольку в молекулах алканов нет двойных связей, эти углеводороды, естественно, не способны образовывать подобные промежуточные соединения.

Незаряженный комплекс платины $\text{PtCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$ слишком слабый электрофил, чтобы реагировать с алканами по механизму электрофильного замещения. В то же время четырехвалентная платина едва ли может получиться даже как промежуточное соединение в реакции окислительного присоединения платины(II) с алканами: попросту говоря, алканы для этого слишком слабые окислители.

А нельзя ли объединить представления о протекании реакции по двум противоположным механизмам? Не может ли водородный атом, прежде чем вытолкнуться в виде положительного иона, образовать некую связь с атомом платины? Этот механизм является как бы гибридом окислительного присоединения и электрофильного замещения. Ученым известны примеры, когда комплекс двухвалентной платины либо реагирует как электрофил, либо окислительно присоединяет некоторые молекулы (например, иодистый метил, о чем мы уже говорили).

В качестве очередной модели алкана для исследования его процесса взаимодействия с комплексами платины было использовано тетраметилолово. В этом соединении связь одной из метильных групп с атомом олова в некоторых отношениях похожа на связь $\text{CH}_3\text{—H}$ в молекуле метана. Оказалось, что это метильное производное олова $(\text{CH}_3)_4\text{Sn}$ реагирует с ионом PtCl_6^{2-} , причем реакция катализируется комплексом PtCl_4^{2-} . В качестве продуктов при этом образуются метильный комплекс платины(IV) и $(\text{CH}_3)_3\text{SnCl}$. Последний продукт — это как бы аналог HCl , ведь водород H^+ здесь моделируется группой $(\text{CH}_3)_3\text{Sn}^+$. Как видим, аналогия с реакцией алкана полная. Интересно, что тетраметилолово легко реагирует и с двухвалентной платиной, давая метильный комплекс платины четырехвалентной, а также все тот же триметилоловохлорид. Но поскольку платина повысила свою валентность, должен быть окислитель. Им оказывается двухва-

лентная платина — окисляя другую молекулу до платины(IV), она восстанавливается до металла (нульвалентная платина). Этот металл выпадает в ходе реакции в виде черного осадка.

Так, может быть, реакция алкана начинается с окислительного присоединения его к платине(II), но в результате образуется не алкилгидридный, а просто алкильный комплекс платины(IV), поскольку гидрид-ион (атом водорода с двумя электронами) полностью окисляется четырехвалентной платиной до положительного иона водорода?

ВСПЛЕСК НОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В течение нескольких лет система, о которой мы рассказали, была практически единственной эффективно активирующей алканы системой. До конца 70-х годов появились новые работы в области активации алканов металлокомплексами, но исследования велись в основном в СССР. Помимо упоминавшихся Институтов химической физики и физической органической химии и углехимии в Донецке (Е. С. Рудаков, В. В. Замашиков и др.) в этих работах участвовали Институт катализа СО АН СССР (Ю. И. Ермаков, В. П. Третьяков и др.) и Институт органического катализа и электрохимии АН Казахской ССР (Д. В. Сокольский, Н. Ф. Носкова).

Были открыты реакции окисления алканов производными рутения(IV), отщепления водорода от алканов сульфатными комплексами палладия(II). В это же время австралийский химик Дж. Гарнетт с сотрудниками обнаружили, что дейтерообмен в алканах могут проводить соединения трехвалентных иридия и родия.

С конца 70-х годов проблема активации парафинов металлокомплексами начинает привлекать внимание все большего числа исследователей в разных странах. Перечислим некоторые достижения последних лет.

Н. С. Ениколопов и Э. А. Григорян в Институте химической физики, Д. В. Сокольский и Н. Ф. Носкова в Алма-Ате нашли и подробно исследовали интересные реакции между метаном и ненасыщенными углеводородами, например ацетиленом, катализируемые системами, которые обычно используются в полимеризации этилена. В 50-х годах системы, состоящие из смеси алюминийорганических соединений и хлорида титана, открыли К. Циглер и Дж. Натта (в 1963 г. их работы были отмечены Нобелевской премией). Оказалось,

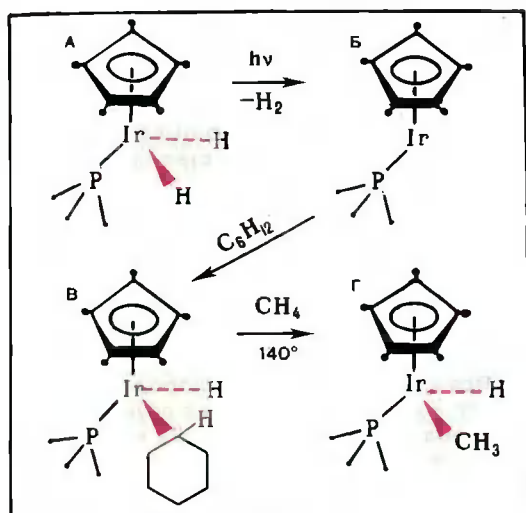


рис. 5. Реакции алканов с комплексами иридия (точками обозначены метильные группы CH_3).

ленности — пропилен⁹. В этих исследованиях неожиданно обнаружилось, что метан — самая химически активная молекула среди парафинов. Можно предположить, что стерические препятствия здесь так серьезны, что самая маленькая молекула метана получает преимущества.

Гидридные комплексы рения или иридия в мягких условиях отщепляют водород от циклопентана (Х. Фелкин с сотрудниками во Франции и группа Р. Крабтри в США). Образуется цикlopentadiенильное кольцо, которое координируется с металлом. Такие cyclopentadiенильные комплексы хорошо известны химикам-металлоорганикам.

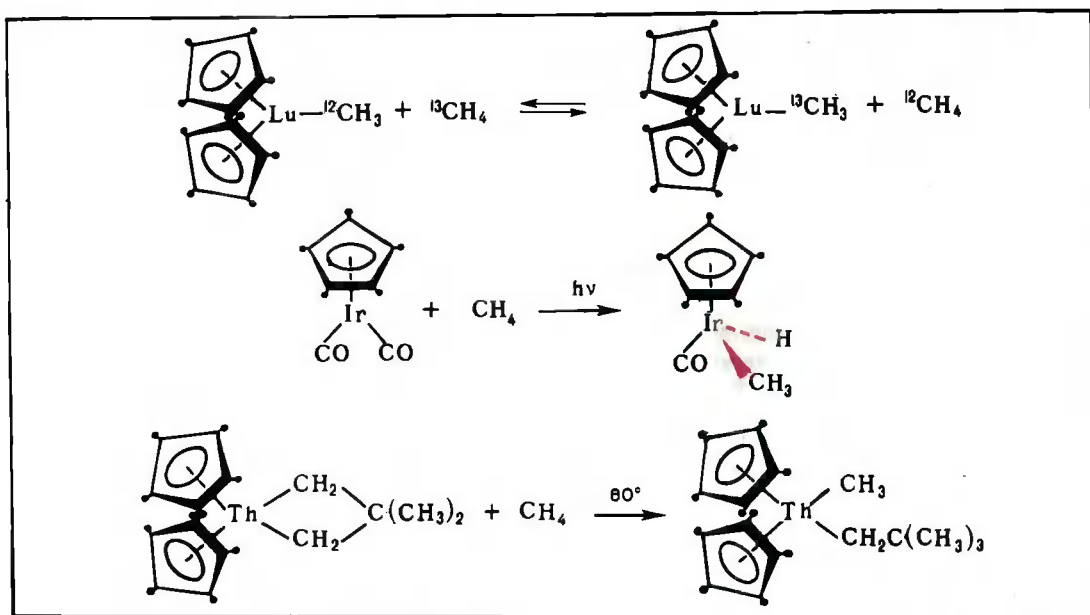
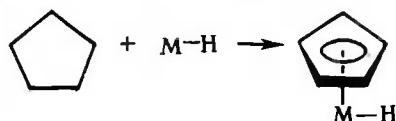


Рис. 6. Некоторые реакции метана с металлокомплексами. В первую реакцию вводится метан, меченный изотопом ^{13}C , благодаря чему за протеканием процесса легко следить, используя метод ядерного магнитного резонанса.

Подобные комплексы иридия были использованы американским ученым Р. Бергманом с сотрудниками для целого ряда интереснейших фотохимических и термических превращений¹⁰ (рис. 5).

что под действием некоторых катализаторов подобного типа метан может присоединяться по тройной связи ацетилена, давая ценный продукт для химической промышлен-

⁹ См. обзор: Григорян Э. А. — Усп. химии, 1984, т. 53, с. 347.

¹⁰ Janowicz A. H. et al. — Pure Appl. Chem., 1984, v. 56, p. 13.

Например, если гидридный комплекс А (рис. 5) облучать в растворе циклогексана C_6H_{12} , отщепляется молекула водорода и образуется координационно-ненасыщенная частица Б (в ней металл несет меньше заместителей, чем максимально возможно). Последняя вступает в реакцию окислительного присоединения с циклогексаном, давая алкилгидридный комплекс В. (Таким образом, окислительное присоединение алканов было подтверждено непосредственно.) В свою очередь, комплекс В при нагревании в циклооктане в атмосфере метана заменяет циклогексильный фрагмент на метильную группу (Г). По-видимому, эта реакция также протекает с промежуточным образованием частицы Б.

Комплексы различных металлов, содержащие замещенные метилами циклопентадиенильные кольца, оказались весьма активными в реакциях с алканами, в частности с метаном¹¹ (рис. 6).

Все реакции комплексов с алканами, о которых говорилось до сих пор, приводят к расщеплению связи водород — водород. Связи между углеродными атомами остаются нетронутыми. В течение долгого времени казалось, что такие процессы не характерны для металлокомплексов. Но вот недавно появилось сообщение, описывающее первый пример расщепления углерод-углеродной связи в алкане¹². Было найдено, что если нагревать октан C_8H_{18} с триэтилалюминием $Al(C_2H_5)_3$ в присутствии карбонильного комплекса рения $Re_2(CO)_{10}$ в атмосфере водорода, то комплекс катализирует отщепление от октана молекул CH_4 . В качестве продуктов образуются более низкие углеводороды — гептан C_7H_{16} , гексан C_6H_{14} , пентан C_5H_{12} .

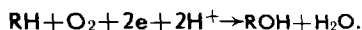
Как видим, область металлокомплексной активации алканов начинает бурно развиваться.

ФЕРМЕНТЫ БАКТЕРИЙ ОКИСЛЯЮТ АЛКАНЫ

В отличие от химической активации предельных углеводородов комплексами металлов, окисление алканов микроорганизмами известно уже много десятилетий. И окисление это протекает в чрезвычай-

но мягких условиях — при комнатной температуре. В качестве продуктов образуются самые разнообразные соединения — спирты, карбоновые кислоты, альдегиды, кетоны. Впрочем, клетки и высших животных также способны перерабатывать алканы. Механизм таких реакций стал проявляться лишь в последние годы¹³.

Как же протекает окисление алкана в живой клетке? Установлено, что насыщенный углеводород реагирует с кислородом, а катализатором окисления выступают ферменты монооксигеназы. Эти ферменты используют кислород атмосферный, причем один атом кислорода молекулы O_2 встраивается в связь $C-H$ углеводорода, образуя спирт, а другой, соединяясь с двумя ионами водорода, дает воду. Реакция происходит как сопряженное окисление: наряду с алканом окисляется присутствующий в клетке биологический восстановитель, например NADH (восстановленный никотинамиддинуклеотид), который поставляет в систему два электрона. Весь процесс может быть записан такой схемой:



Самое замечательное в биологическом окислении алканов — необычная селективность. Существуют бактерии, содержащие фермент метаномоноксигеназу, которые окисляют легче всего метан, т. е. самый инертный углеводород. Другие монооксигеназы катализируют окисление только концевых метильных групп алканов, т. е. опять-таки самую прочную $C-H$ связь. Однако есть среди множества различных монооксигеназ и такие, которые проявляют «обычную» селективность: третичная $C-H$ связь окисляется легче всего, а первичная — самая трудноокисляемая. Конечно, биологические системы все еще несут на себе печать таинственности. Но мы уже видели, что необычная селективность проявляется и в реакциях с металлокомплексами. Может быть и здесь дело в создании определенных пространственных препятствий?

Механизм действия монооксигеназ лучше всего изучен на примере так называемого цитохрома Р-450. Это белок, со-

¹¹ Watson P. L. — J. Amer. Chem. Soc., 1983, v. 105, p. 6491; Hoyano J. K. et al. — Ibid., p. 7190; Fendrick C. M., Marks T. J. — Ibid., 1984, v. 106, p. 2214.

¹² Ахрем И. С., Резниченко С. В., Вольпин М. Е. — Известия АН СССР, сер. хим., 1984, № 9, с. 2154.

¹³ Лихтенштейн Г. И. Многоядерные окислительно-восстановительные металлоферменты. М., 1979; Арчаков А. И. Оксигеназы биологических мембран. М., 1983; Метелица Д. И. Моделирование окислительно-восстановительных ферментов. Минск, 1984.

державший в своем составе порфириновый комплекс железа — гем, сложную циклическую молекулу, в центре которой располагается координированный через атомы азота ион железа (рис. 7). Для выполнения роли окислителя гем прикрепляется к белковой молекуле и координирует по атому железа группу $R'S$ (остаток аминокислоты цистеина).

Реакция алкана с кислородом, катализируемая ферментом, протекает по следующей схеме (см. рис. 8).

В первую очередь молекула алкана располагается на поверхности фермента рядом с активным центром, содержащим

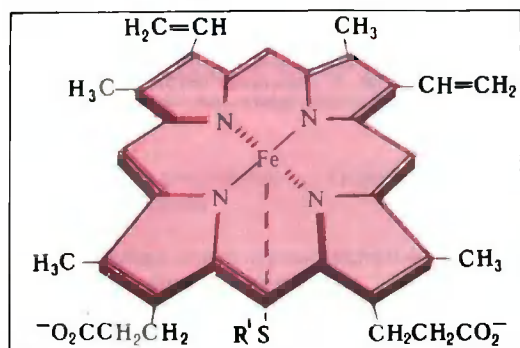


Рис. 7. Гем — сложная циклическая молекула, в центре которой расположен ион железа. Связываясь с белковой молекулой, он образует цитохром P-450.

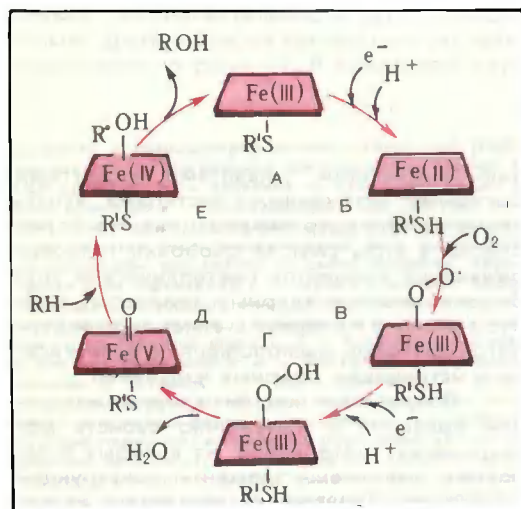


Рис. 8. Механизм окисления алкана RH кислородом, катализируемого цитохромом P-450.

трехвалентное железо (структура А). Эта стадия вызывает перенос от восстановителя первого электрона, причем образуется железо(II), способное координировать молекулу кислорода (подобно тому, как это делает гемоглобин крови). После этого от восстановителя переносится второй электрон, что обеспечивает возможность образования высоковалентной формы железа и молекулы воды (структура Д). Восстановитель нужен, таким образом, для подкачки дополнительной энергии, чтобы создать высоковалентный комплекс железа, формально железа(V). Этот комплекс способен реагировать с алканами, отрывая при помощи своего атома кислорода атом H от RH с последующим (или одновременным) образованием молекулы спирта ROH и исходного комплекса железа(III).

Вообще говоря, и раньше было известно, что высоковалентные формы металлов (например, $Mn(VII)$ в виде перманганата, $Cr(VI)$ в виде бихромата и т. д.) в некоторых, обычно довольно жестких условиях, способны реагировать с алканами, по-видимому, образуя первично радикалы. Однако при этом чаще всего наблюдается «нормальная» селективность (т. е. наибольшая активность третичной $C-H$ связи). Теперь, впрочем, у нас есть ключ к пониманию необычной селективности: дело, по-видимому, в создании соответствующей пространственной организации комплекса, затрудняющей приближение третичной и даже вторичной $C-H$ связей, но оставляющей возможность реакции с метаном или концевой метильной группой.

В последние годы химиками выполнены многочисленные работы, которые приближают нас к созданию химических моделей монооксигеназ. Так, в работах Дж. Гровса (США) и Д. Бартонна (Франция), А. А. Штейнмана, А. М. Хенкина (СССР) и других получены системы, включающие высоковалентные комплексы металлов и проявляющие необычную селективность, хотя полного обращения нормальной селективности еще не было достигнуто. Впрочем, совсем недавно в работе А. М. Хенкина и других удалось создать полную модель цитохрома P-450, включающую электрохимическую подачу электронов и каталитическое образование спирта. В ближайшее время в этой области, по-видимому, следует ожидать новых интересных открытий.

Энергетика — излучения — кристаллы

Н. П. Калашников, Ю. В. Трушин



Николай Павлович Калашников, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физики Завода-вуза при ЗИЛе. Член редколлегии журнала «Природа». Основные работы в области взаимодействия излучения с веществом. Автор книг: Столкновения быстрых частиц в твердых телах (совместно с В. С. Ремизовичем и М. И. Рязановым). М., 1980; Когерентные взаимодействия заряженных частиц в монокристаллах. М., 1981. В «Природе» опубликовал статью: Канализование и электромагнитное излучение канализованных частиц (1981, № 3).



Юрий Владимирович Трушин, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе АН СССР. Область научных интересов — теория радиационных дефектов и процессов в кристаллах. Автор книг: Проблемы современной энергетики. Л., 1982; Энергии точечных дефектов в металлах (совместно с А. Н. Орловым). М., 1983; Процессы радиационного дефектообразования в металлах (совместно с В. В. Кирсановым и А. Л. Суворовым). М., 1985. В «Природе» опубликовал статью: Моделирование на ЭВМ радиационных дефектов и процессов в кристаллах (1983, № 10).

Энергетика сегодня — это не только традиционные способы получения энергии с помощью угля, нефти и природного газа. Потребности в энергии возрастают, поэтому человечество все интенсивнее развивает атомную энергетику и работает над проблемой освоения неисчерпаемых источников термоядерной энергии.

Ядерные и проектируемые термоядерные реакторы будущего представляют собой сложные комплексы, включающие как элементы конструкций самих активных зон реакторов, так и системы их управления. Экономичность, безопасность и темпы развития современных энергетических установок определяются в первую очередь надежностью работы материалов конструкций, подверженных интенсивному облуче-

нию нейтронами, γ -квантами и другими быстрыми заряженными частицами, испускаемыми при ядерных реакциях. Наиболее опасны в этом смысле оболочки тепловыделяющих элементов (металлические трубы, заполненные ядерным топливом), корпус атомного и «первая стенка» термоядерного реакторов, расположенные ближе всего к источникам ядерных излучений.

Воздействие жестких ядерных излучений приводит к изменению свойств металлических материалов, из которых в основном выполнены элементы конструкций реакторов. Происходит, например, их радиационное распухание, т. е. увеличение объема под действием радиации. Чтобы избежать аварии, тепловыделяющие элементы приходится размещать на доста-

точно больших расстояниях друг от друга. В результате плотность топлива в активной зоне реактора снижается, а сам реактор работает не в оптимальном режиме. Кроме того, при облучении уменьшается пластичность металлов — идет процесс радиационного охрупчивания материала, который приводит к его постепенному разрушению.

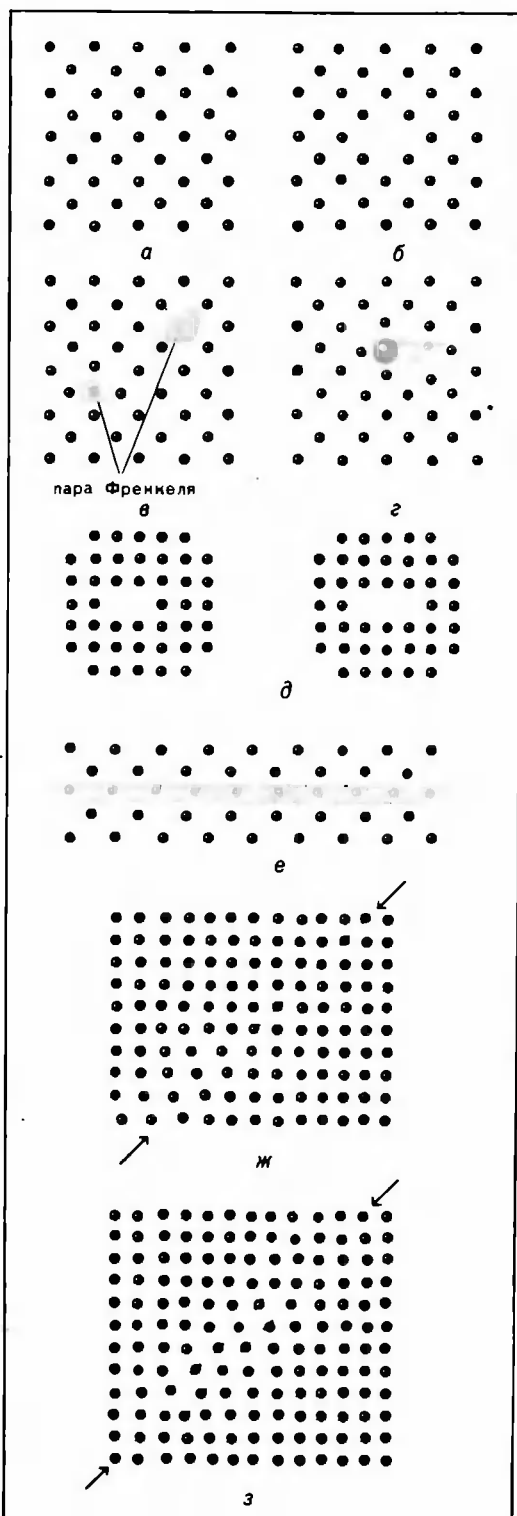
Чтобы целенаправленно противодействовать вредным изменениям, происходящим в конструкционных материалах под действием излучений, необходимо четко представлять, какие физические процессы протекают в них в этих условиях. Подобные исследования и составляют предмет радиационной физики твердого тела — науки, которая родилась более 20 лет назад прежде всего из нужд атомной энергетики.

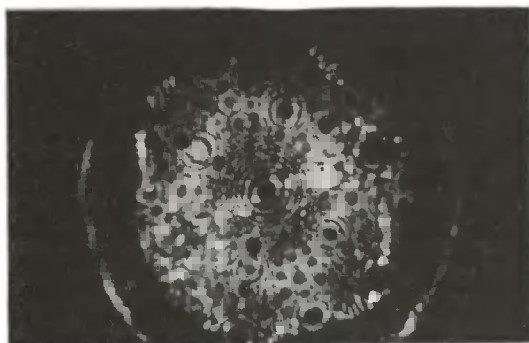
РАДИАЦИОННЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

Прежде всего нужно вспомнить, чем являются конструкционные материалы ядерных реакторов с физической точки зрения. Мы уже говорили, что это в основном металлы и сплавы.

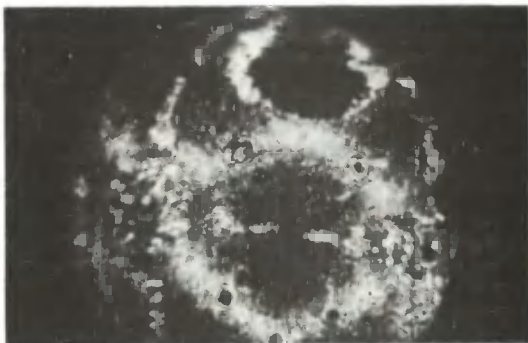
За исключением аморфных металлов, получаемых искусственно в весьма специфических условиях, все металлы имеют кристаллическую структуру. Это означает, что атомы в них расположены в определенной последовательности друг относительно друга, образуя симметричную пространственную решетку. В идеальном слу-

Дефекты в гранецентрированной кубической (ГЦК) решетке: а — регулярное расположение атомов в ГЦК-решетке; б — вакансии — отсутствие атома в узле решетки; в — межузельный атом (цветной шарик) — результат смещения регулярного атома из узла решетки (если межузельный атом смещается на небольшое расстояние от своей вакансии, образуется пара Френкеля); г — пария «гантель», образованная примесным атомом (большим серым шариком) и собственным атомом, смещенным из центра средней грани (цветной шарик); д — бивакансия (слева) и плоская тривакансия; е — краудин — сгущение атомов, в котором $N+1$ атом занимают N узлов (в данном случае $N=9$). Если такой комплекс движется, мы имеем дело с динамическим краудинном, который переносит на большие расстояния не только энергию, но и массу; ж — краевая дислокация — край лишней атомной плоскости, вставленной в кристалл. Сечение лишней атомной плоскости показано цветным пунктиром; з — дислокационная петля — замкнутая линия, ограничивающая плоское скопление точечных дефектов. В случае скопления межузельных атомов это межузельная дислокационная петля, в случае скопления вакансий — вакансионная петля. На рисунке изображено сечение вакансионной петли. «Берега» петли в сечении показаны пунктиром.





Автоионное изображение поверхности вольфрамового образца до облучения (слева) и после облучения ионами гелия [энергия ионов 8 кэВ, плотность потока $5 \cdot 10^{18}$ ионов/см²]. Точки повышенной яркости — стабилизированные комплексы «подповерхностный межузельный атом — атом примеси»; темная область вверху — след газовой поры.



вакансию, а растратив всю энергию в многократных столкновениях, застревает в кристаллической решетке, превратившись в межузельный атом.

Как показывают опыт и теоретические расчеты, энергия E_d равна нескольким десяткам электронвольт. Поэтому если первично выбитый атом получил кинетическую энергию, равную, например, 10^4 — 10^5 эВ, то он может образовать несколько тысяч вторичных атомов — каскад движущихся «бездомных» атомов. Каскад характеризуется энергией, переданной первично выбитому атому, и количеством смещенных в межузельные положения атомов — так называемой каскадной функцией. В результате прохождения каскада около точки выбивания первичного атома появляется много вакансий, а вдали от этой точки — много межузлий. Иными словами, вокруг мест соударений облучающей частицы с атомами вещества возникает сложная по составу область: в центре ее большое количество вакансий, а на периферии — обилие межузельных атомов. Иными словами, в материале возникают зоны, обедненные и обогащенные веществом. Вместе они образуют так называемое эмбриональное повреждение материала.

Современная экспериментальная техника изучения дефектов в кристаллах, и в первую очередь автоионная микроскопия, позволяет наблюдать не только скопления структурных дефектов, но и отдельные межузельные атомы и вакансии.

В формирование обедненных и обогащенных зон определенный вклад вносят ориентационные явления. В кристаллах

чае это бесконечное повторение элементарных ячеек без каких-либо отклонений от периодичности. Поэтому любые изменения или отклонения кристаллической структуры от идеальной принято называть дефектами.

Для физических исследований радиационных воздействий выбирают обычно простые (модельные) кристаллы, такие как медь, железо, никель и др. Конечно, модельные системы могут существенно отличаться от тех сложных сплавов, которые используются при создании элементов конструкций современных энергетических установок. Однако идти от простого к сложному — испытанный метод в науке, приносящий реальные плоды.

Итак, какие же события происходят в идеальных кристаллах, когда на них обрушивается поток быстрых частиц?

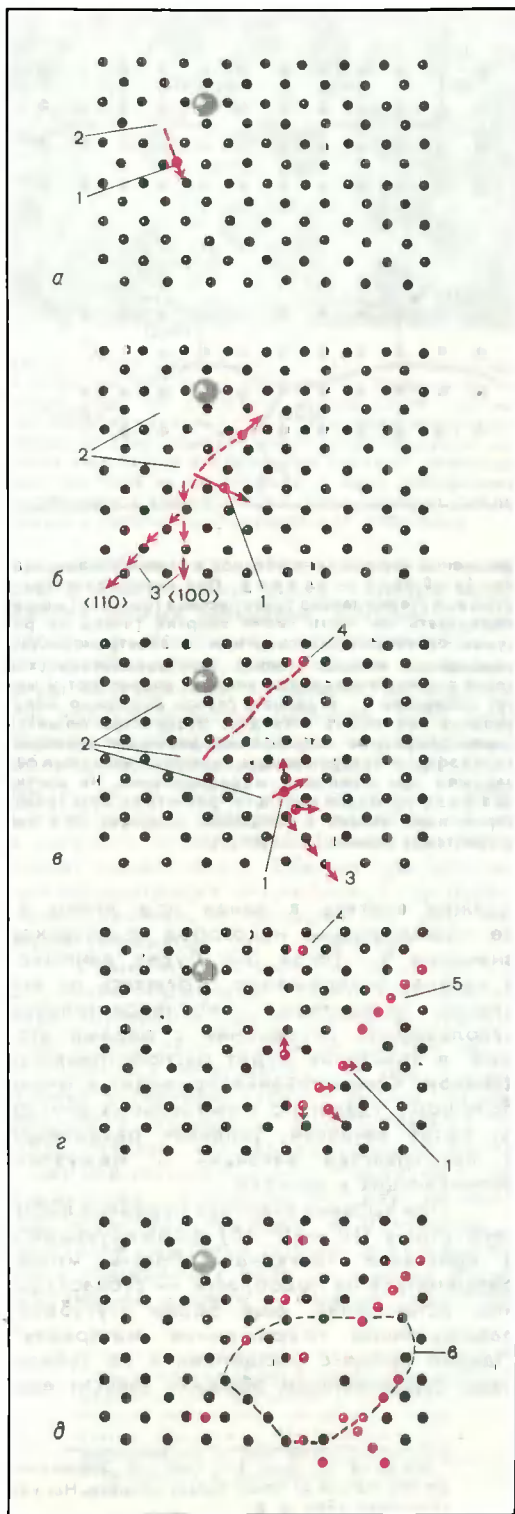
Вторгаясь в металл, бомбардирующая частица смещает атомы из узлов кристаллической решетки, передавая им часть своей энергии. Если эта энергия превышает пороговую энергию смещения E_d , характерную для данного вещества, то атом оказывается выбитым из узла решетки. На своем пути быстрая ядерная частица многократно взаимодействует с атомами кристалла, «разменивая» свою первоначальную кинетическую энергию на порции. В результате образуются первично выбитые атомы различной энергии. Они, в свою очередь, словно бильiardные шары, начинают вовлекать в движение своих соседей, вытаскивая их с насыщенных мест. Выбитый атом, отправившись в путешествие по решетке, оставляет после себя микродырку —

¹ Подробнее см.: Суворов А. Л. Видимый мир атомов. — Природа, 1975, № 2, с. 5; Он же. Автоионная микроскопия радиационных дефектов в металлах. М., 1982.

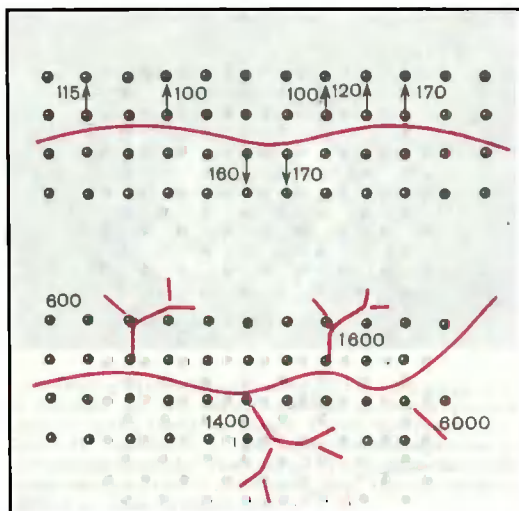
Последовательные этапы развития каскада движущихся атомов в кристалле: а — быстрая частица (большой серый шарик), влетая в кристалл, образует первично выбитый атом [1], на месте которого образуется дырка — вакансия [2], а влетевшая частица застревает в межузлии; б — продолжая свое путешествие по кристаллу, первично выбитый атом [1] образует новую вакансию [2] и соответственно новый межузельный атом. Кроме того, в направлениях $\langle 110 \rangle$ и $\langle 100 \rangle$, где в плотном ряду атомов образовалась дырка, могут начаться последовательные соударения атомов: в этих направлениях будет передаваться энергия — распространяться фокусон [3]; в — следующий атом [4], смещенный первично выбитым атомом, оказывается захваченным в режим каналирования и сильно удаляется от своей вакансии; г — далее первично выбитый атом образует еще одну вакансию, а смещенный атом может вызвать последовательную цепочку соударений вдоль плотноупакованного направления и образовать динамический краудин [5]; д — в результате всех этих процессов в кристалле возникает зона, обведенная атомами вещества [6].

можно выделить кристаллографические направления, вдоль которых атомы располагаются плотнее всего. Оказывается, если атом выбивается из узла в плотном атомном ряду, то последовательные соударения атомов могут «сфокусироваться» в этом направлении. Иными словами, вдоль плотноупакованных направлений в кристаллах может передаваться энергия — в таких случаях говорят, что распространяется фокусон. Если при этом каждый атом замещает собой соседний в узле решетки, т. е. осуществляется цепочка последовательных замещений, то в начале цепочки соударений образуется вакансия, а в конце — на расстоянии в несколько постоянных решеток от нее — межузельный атом. Такие цепочки замещений, или динамические краудины, принимают активное участие в формировании эмбрионального повреждения, вынося атомы из области каскада.

К ориентационным явлениям, происходящим в кристаллах, относится также процесс каналирования². Суть его в том, что бомбардирующая заряженная частица или смещенный атом движутся в решетке с очень малыми потерями энергии вдоль «каналов» — пустот между рядами атомов в кристалле. Чтобы быть захваченной в процесс каналирования, частица



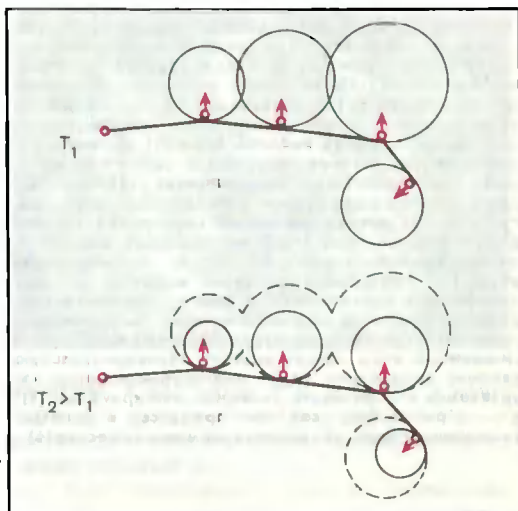
² Подробнее об особенностях эффекта каналирования см.: Тулинов А. Ф., Чеченин Н. Г. Каналирование заряженных частиц. — Природа, 1979, № 2, с. 2; Калашников Н. Л. Каналирование и электромагнитное излучение каналированных частиц. — Природа, 1981, № 3, с. 91.



Движение частицы, захваченной в режим каналирования ($\psi = 0,65\psi_0$) — вверху. При взаимодействии с атомами стенки канала такая частица (каналон) может передавать им часть своей энергии (числа на рисунке соответствуют энергиям в электронвольтах, переданным атомам стенки). При увеличении угла влета в канал переданные энергии возрастают и могут превысить E_d . В данном случае возможно образование небольших каскадов, распространяющихся перпендикулярно направлению движения каналона. Такой эффект (разрушающее каналирование) был обнаружен при машинном моделировании. На рисунке внизу приведен результат расчета на ЭВМ траектории иона никеля с начальной энергией 10,8 кэВ в кристалле никеля ($\psi = 0,87\psi_0$).

должна влететь в канал под углом ψ , не превышающим некоторое критическое значение ψ_0 . Тогда она будет двигаться в канале, попеременно отражаясь от его стенок вследствие последовательных «скользящих» соударений с рядами атомов: в кристалле будет распространяться каналон. Каналирование приводит к очень большому удалению междуузельных атомов от своих вакансий, усиливая разделение в пространстве вакансий и межузлий, возникающих в каскаде.

При высоких энергиях первично выбитого атома (10^4 — 10^5 эВ) формирующаяся в кристалле каскадная область может расщепиться на подобласти — субкаскады, что, естественно, еще более усугубляет радиационное повреждение материала³. Однако процесс расщепления на субкаскады существенным образом зависит еще



Расщепление перекрывающихся субкаскадов за счет повышения температуры облучаемого образца. Круги — области, занятые субкаскадами.

Вверху: при низкой температуре облучения субкаскады перекрываются.

Внизу: с увеличением температуры субкаскады сжимаются, в результате чего происходит их локализация.

и от торможения первично выбитых атомов электронами кристалла и от его температуры⁴. Действительно, если при возрастании энергии первично выбитого атома увеличиваются расстояния между атомами, которые он сместил из узлов решетки (за счет уменьшения вероятности упругих столкновений с ними), то торможение со стороны электронов кристалла оказывает противоположный эффект. Из-за потери энергии первично выбитым атомом на ионизацию и возбуждение регулярных атомов решетки затрудняется разделение на субкаскады. Что касается температуры, она слабо влияет на высокоэнергетическую начальную траекторию первично выбитого атома, но сокращает низкоэнергетические ветви каскада, затрудняя отток массы и энергии из центров субкаскадов. Они сжимаются, происходит разделение субкаскадов в пространстве.

Таким образом, область эмбрионального повреждения, оставшаяся в кристалле

³ Merkle K. L.— In: Proc. of Symposium on the Nature of Small Defect Clusters. Harwell (England), 1966, p. 8.

⁴ К этому выводу пришли в результате моделирования на ЭВМ процесса перестроек атомов в высокоэнергетическом каскаде. См.: Кирсанов В. В. Каскады соударений в облучаемых кристаллах.— В сб.: Дефекты в кристаллах и их моделирование на ЭВМ. Л., 1980, с. 134.

после прохождения каскада движущихся атомов, представляет собой сложное структурное образование, последующая эволюция которого приводит к формированию более стабильных дефектных структур в облученных кристаллах.

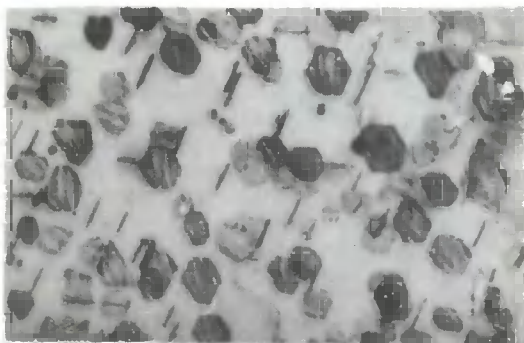
ЭВОЛЮЦИЯ ЭМБРИОНАЛЬНОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ

Одновременно с генерацией точечных дефектов энергия излучения расходуется на ионизацию и возбуждение электронов регулярных атомов решетки, а также на увеличение тепловой энергии электронов проводимости. Происходит сложная перестройка электронной подсистемы кристалла, в результате которой в действие вступают дополнительные механизмы образования точечных дефектов решетки.

Кроме того, сильное возбуждение электронной подсистемы может привести к возникновению резких локальных повышений температуры и, соответственно, к эффектам, аналогичным местному нагреву. Судьба точечных дефектов существенным образом зависит и от внешних факторов, в первую очередь — от температуры среды. В результате вакансия и межузельные атомы, возникшие в кристалле тем или иным способом, начинают мигрировать по нему. Встречаясь, они рекомбинируют друг с другом, попадают на стоки (дислокации, границы зерен, фаз и другие неоднородности) либо, объединяясь с одноименными дефектами, образуют новые, более устойчивые и более крупные дефектные структуры, такие как **межузельные и вакансионные петли и поры**.

В зависимости от того, какие процессы преобладают, происходит либо полное восстановление прежней структуры кристалла, либо образуется стабильная структура, содержащая скопления точечных дефектов (кластеры). Электронная микроскопия позволяет наблюдать отдельные дислокационные петли, поры и другие структурные дефекты, определять их концентрацию и тип⁵.

Рекомбинация разноименных дефектов — вакансий и межузельных атомов — происходит в тех случаях, когда они находятся на достаточном малых расстояниях друг от друга, в так называемой зоне неустойчивости (или спонтанной рекомбинации).



Межузельные дислокационные петли, образованные в меди при облучении электронами (энергия электронов 2000 кэВ, плотность потока $1,3 \cdot 10^{19}$ эл/см², температура образца 180° С). Гексагональные фигуры содержат одну изолированную экстра-плоскость, которая образована внедренными атомами. (Фотография получена на крупнейшем в мире электронном микроскопе в университете г. Осака, Японии. Публикуется с любезного разрешения М. Киритани.)

Стабильность комплексов «вакансия — межузельный атом», которые называются **парами Френкеля**, пристально изучалась с помощью моделирования на ЭВМ⁶. Оказалось, что объем и форма зоны неустойчивости зависят от структуры кристаллической решетки. Если пара Френкеля, образовавшаяся под действием облучения, оказалась в зоне неустойчивости, то за время 10^{-11} — 10^{-12} с межузельный атом вернется на свое место, а вакансия, успев только «мигнуть», перестанет существовать. Обычно при облучении концентрация неустойчивых пар Френкеля значительно больше (на два или более порядков), чем устойчивых.

Существуют кристаллы, в которых в основном образуются только «мигающие» пары Френкеля. Такие кристаллы (например, In_2Te_3) практически не меняют своих свойств под облучением — они радиационно устойчивы. Однако анализ, проведенный с помощью моделирования на ЭВМ, показал, что радиационные эффекты в них все-таки возникают. Рождение и последующее «схлопывание» неустойчивых пар Френкеля приводит к появлению в кристалле медленно затухающих с расстоянием продольных волн — сначала волны растяжения, а затем — сжатия, способных

⁵ Суворов А. Л. Микроскопия в науке и технике. М., 1981.

⁶ Часть многочисленных результатов изучения радиационных процессов в кристаллах с помощью моделирования на ЭВМ приведена в статье: Орлов А. Н., Трушин Ю. В. Моделирование на ЭВМ радиационных дефектов и процессов в кристаллах. — Природа, 1983, № 10, с. 31.

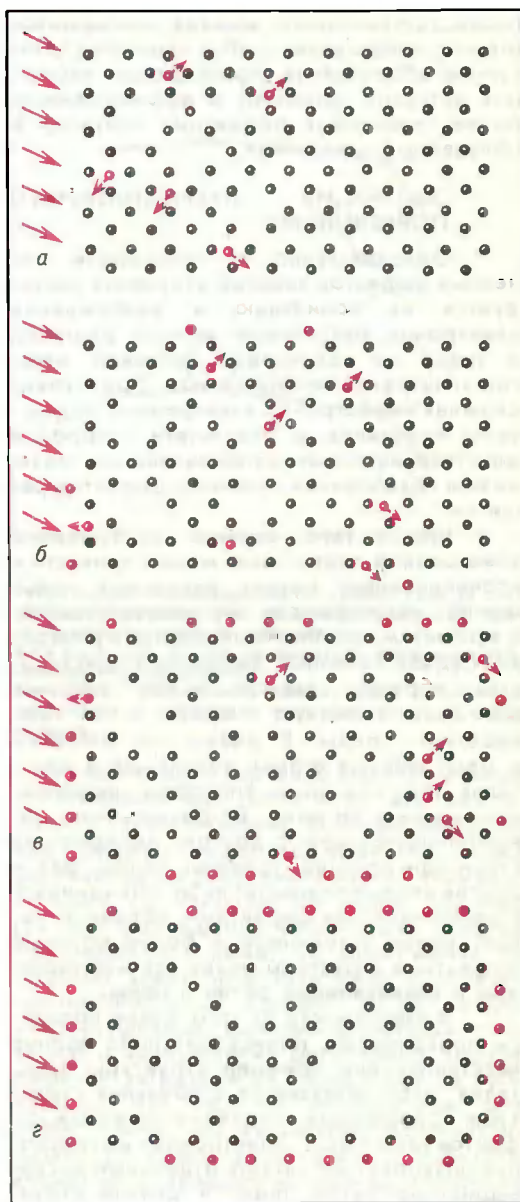
вызвать дополнительное перемещение имеющихся точечных дефектов. Возникает так называемая «радиационная тряска» кристалла⁷. Радиационной тряской можно объяснить подпороговые явления, когда энергия облучающих частиц недостаточна для образования устойчивых дефектов, а радиационные эффекты все же происходят. В то же время после мгновенной рекомбинации остается стабильным меньшее число дефектов, нежели генерируется под облучением.

В силу конкуренции процессов генерации и гибели точечных дефектов в материале при интенсивном облучении частицами высоких энергий устанавливаются концентрации вакансий и межузлий, превышающие равновесные при той же температуре. Такое пересыщение по точечным дефектам существенно сказывается на микроскопических свойствах облучаемых материалов.

РАДИАЦИОННОЕ РАСПУХАНИЕ МЕТАЛЛОВ

Одним из основных явлений, ограничивающих работоспособность материалов, находящихся под воздействием интенсивных потоков быстрых нейтронов, является радиационное распухание, открытое английскими учеными в 1967 г. За время кампании реактора (30—40 лет) радиационное распухание нержавеющей стали, из которых изготавливаются оболочки тепловыделяющих элементов, может составить 20 % и более.

Если бы образующиеся в одинаковых количествах при облучении вакансии и межузлия полностью рекомбинировали, то кроме радиационной тряски и ее последствий в материалах не происходило бы больше никаких структурных изменений. Однако, как мы уже говорили, точечные радиационные дефекты образуют устойчивые комплексы (кластеры): вакансии, как правило, — поры, а межузлия — дислокационные межузельные петли. Из-за различной подвижности межузлия быстрее вакансий собираются в комплексы, а также уходят на стоки. Кроме того, структурные несовершенства решетки, например дислокации, по-разному взаимодействуют с межузлиями и вакансиями, в частности межузлия лучше адсорбируются на дисло-



Последовательные этапы (а, б, в, г) распухания материала при миграции межузлий (цветные шарики) и вакансий, возникающих при облучении образца потоком частиц (цветные стрелки). Межузлия более подвижны, чем вакансии, поэтому они быстрее собираются в комплексы или уходят на стоки (в нашем случае на внешнюю поверхность образца). Часть их при своем движении рекомбинирует с вакансиями; те же межузлия, которым удалось остаться на структурных несовершенствах решетки, увеличивают их объем на один атомный объем. Одновременно в материале образуются поры — устойчивые комплексы, состоящие из вакансий. Материал распухает.

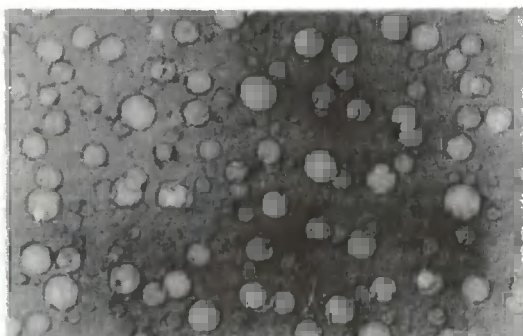
⁷ Впервые оценка эффекта «радиационной тряски» была дана в работе: Инден-Бом В. Л.— Письма ЖТФ, 1979, т. 5, с. 489.

кационных стоках, нежели вакансии. Поскольку каждый межузельный атом, присоединяясь к любому структурному дефекту (кроме вакансионных дислокационных петель и пор), увеличивает объем стока на один атомный объем, то осаждение межузельных атомов на структурных стоках и формирование в объеме кристалла межузельных кластеров приводит к увеличению объема всего материала, его набуханию. Количественно радиационное набухание характеризуется относительным увеличением объема материала.

Нескомпенсированные вакансии в меру своей подвижности образуют систему вакансионных пор. По числу и размерам видимых пор можно подсчитать число вакансий в них, а следовательно, оценить радиационное набухание. Экспериментальные данные, полученные на различных облучательных аппаратах, свидетельствуют о том, что с увеличением дозы облучения концентрация пор сначала монотонно возрастает, а затем, начиная с некоторой дозы, падает. Как показали исследования на высоковольтных электронных микроскопах, такое падение концентрации связано с коалесценцией — слиянием пор. В последние годы обнаружено, что при больших дозах нейтронного облучения в материалах возникает упорядоченность в распределении пор по объему, так называемая сверхрешетка пор. При этом концентрация пор, а иногда и их диаметр достигают насыщения. Сам процесс образования пор в облученных материалах зависит от температуры, химического состава материала, скорости набора дозы, режима облучения.

Поскольку радиационное набухание материалов обусловлено подвижностью межузельных атомов, их способностью оседать на стоках, а также возможностью их рекомбинации с вакансиями, то возникает вопрос, как построить тот «забор» для межузлий, который бы не пускал их на дислокации, внешние и внутренние поверхности в кристалле? Как создать нужные препятствия, чтобы точечные дефекты двигались лишь в определенные области кристалла, где затем бы рекомбинировали?

Оказывается, регулируя состав материала, его рабочую температуру, задавая различный температурный режим по объему, можно заставить дефекты двигаться в нужных нам направлениях, влияя тем самым на процессы их коагуляции, осаждения на стоках и т. д. Например, при изучении распадающихся твердых растворов,



Поры, образованные в никеле при его высоко-температурном облучении ионами аргона (энергия ионов 0,45 МэВ, поток $9 \cdot 10^{15}$ ионов/см², температура образца 600° С). Фотография публикуется с любезного разрешения М. Киритани.

а таковыми являются практически все конструкционные материалы, было обнаружено явление аномальной рекомбинации разноименных дефектов (межузлий и вакансий) под облучением*. В сплаве, находящемся в состоянии распада, формируются области с иным составом и структурой (или, как принято говорить, система выделений второй фазы). В процессе роста таких выделений в кристалле создаются поля упругих напряжений. Образующиеся в материале радиационные дефекты, попадая в области действия этих внутренних напряжений, будут двигаться только в определенных направлениях: либо уходить из данной области кристалла, либо оставаться в ней. В результате в областях, расположенных между формирующимися выделениями, будет происходить принудительная рекомбинация радиационных дефектов, как в самих направленных потоках подвижных дефектов, так и на кластерах дефектов противоположного знака. Чем однороднее по объему материала будут формироваться выделения второй фазы, тем эффективнее проявит себя аномальная рекомбинация дефектов под облучением. Следовательно, приготавливая путем специального легирования сплавы, в которых под облучением (или без него) осуществляется развитый однородный непрерывный распад твердого раствора, можно ослабить или подавить радиационное набухание материала.

* См.: Паршин А. М., Трушин Ю. В. — Письма в ЖТФ, 1983, т. 9, с. 561; Орлов А. Н., Паршин А. М., Трушин Ю. В. — ЖТФ, 1983, т. 53, с. 3367.

РАДИАЦИОННАЯ ПОЛЗУЧЕСТЬ

Рассматривая радиационное распухание материалов, мы остановились лишь на одной серии фактов: увеличении объема под облучением за счет оседания межузельных атомов на стоках. Однако при поглощении радиационных дефектов такие стоки, как дислокации, будут перемещаться и, в частности, «переползать», дстраивая (или уменьшая), например, края полуплоскостей (как это имеет место в случае краевой дислокации). При этом осаждение точечных дефектов на порах и дислокационных петлях обоих типов также приводит к их изменению. Если же на кристалл, помимо облучения, действует еще и внешнее напряжение σ (а это имеет место всегда при эксплуатации металлических конструкций), то будет происходить направленное движение дислокаций, приводящее к радиационной ползучести материала, т. е. его деформации $\epsilon_{\text{рп}}$ в условиях облучения.

Действительно, поскольку энергия взаимодействия точечных дефектов с дислокациями зависит от их расстояния друг от друга, то это эквивалентно дополнительной силе, действующей на точечные дефекты. Такая сила вызывает направленный поток точечных дефектов, что проявляется макроскопически в виде радиационной ползучести.

Количество поглощаемых дефектов зависит от ориентации дислокаций и дислокационных петель относительно оси нагрузки кристалла. При этом дислокации переползают, обуславливая появление направленной компоненты деформации образца вдоль приложенного напряжения. Дислокационные вакансионные петли, лежащие в плоскостях, перпендикулярных оси приложенного напряжения, сокращаются в размерах быстрее, чем лежащие в иных плоскостях. Это также приводит к направленной деформации кристалла. Что касается межузельных петель, то, хотя все они интенсивно растут под облучением, все же в плоскостях, перпендикулярных оси внешней нагрузки, их зарождение идет легче. Это тоже дает вклад в радиационную ползучесть.

Имеющиеся к настоящему времени экспериментальные данные и теоретические модели указывают на тесную связь радиационного распухания и радиационной ползучести материалов, обладающих кристаллической структурой. Оба явления обусловлены диффузионными процессами, в которых участвуют точечные радиационные

дефекты, причем, как показывают опытные данные, с ростом распухания увеличивается и деформация радиационной ползучести⁹.

РАДИАЦИОННОЕ УПРОЧНЕНИЕ И ОХРУПЧИВАНИЕ

Радиационным распуханием и ползучестью не ограничивается круг макроскопических процессов, вызванных появлением и миграцией точечных дефектов в кристалле при его облучении. Картина не будет полной, если здесь не представить упрочнение и охрупчивание материалов под действием излучений.

Мы уже видели, что точечные радиационные дефекты интенсивно образуют кластеры, которые распределяются по всему объему облучаемого кристалла. Эти кластеры служат препятствием для пластической деформации кристалла, которая, как известно, обусловлена движением дислокаций под действием внешних напряжений. Чем больше препятствий, тем труднее двигаться дислокациям. Для того чтобы они могли пробраться сквозь препятствия, нужны дополнительные условия; иными словами, чтобы деформировать кристалл, в этом случае понадобится большее напряжение σ . Это означает, что под облучением материал упрочняется. Однако такое полезное, на первый взгляд, изменение свойств материала приводит к повышению его хрупкости. Дело в том, что если у кристалла снижается пластичность, то при достаточно большой дозе облучения может наступить разрушение образца без какой-либо пластической деформации — у материала наступит катастрофическое охрупчивание.

Эксперименты показывают, что радиационное упрочнение зависит от типа дефектов, которые тормозят дислокации, их плотности N и средних размеров D , а необходимое дополнительное напряжение $\Delta\sigma$ пропорционально $\sqrt{ND}$. Что касается зависимости $\Delta\sigma$ от дозы облучения Φ , то она не всегда определяется однозначно. В большинстве случаев наблюдается степенная зависимость $\Delta\sigma \sim \Phi^p$, где p изменяется от $1/3$ до $1/2$.

Когда температура материалов, находящихся под облучением, превышает

Данные по радиационной ползучести приведены в кн.: Конобеев Ю. В., Корovin Ю. В. Влияние облучения на материалы ядерной техники. Обнинск, 1981.

500 °С, у них наблюдается прогрессирующее радиационное охрупчивание. Оно связано с тем, что в металле под облучением могут происходить ядерные превращения, в ходе которых образуется гелий. С увеличением температуры подвижность гелия растет, он мигрирует по металлу, скапливаясь на границах зерен, образуя иногда даже гелиевые пузыри. Это приводит к созданию на границах зерен трещин, заполненных гелием под высоким давлением. В результате у металла появляется склонность к разрушению. Чтобы избежать такого высокотемпературного охрупчивания, нужны сплавы, в которых ядерные реакции с образованием гелия будут подавлены. Работы в этом направлении в настоящее время ведутся.

ОСОБЕННОСТИ РАДИАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ТЕРМОЯДЕРНЫХ РЕАКТОРАХ

Возможно, после проблемы удержания плазмы защита элементов термоядерного реактора будущего от радиационных повреждений является наиболее острой, требующей к себе пристального внимания проблемой.

Около 80 % энергии, выделяемой в реакции синтеза, уносится быстрыми, с энергией 14 МэВ, нейтронами. Интенсивный поток таких частиц должен пронизывать первую стенку реактора и даже элементы конструкций, расположенные за ней. С учетом этого обстоятельства следует ожидать, что объемные повреждения материалов термоядерного реактора будут более значительными, чем в случае уже действующих сейчас реакторов деления на быстрых нейтронах. Во-первых, под действием нейтронов с энергией 14 МэВ в металлах возникают более энергичные первично выбитые атомы; а следовательно, и большое количество смещенных из узлов решетки регулярных атомов, чем это имеет место под действием нейтронов, образуемых в реакторах деления. Во-вторых, вероятность ядерных превращений с образованием α -частиц и протонов в металлах под действием нейтронов с энергией 14 МэВ гораздо выше, чем для нейтронов реакторного спектра. Эти α -частицы и протоны, «подхватив» свободные электроны металла, превращаются в атомы гелия и водорода, которые заполняют вакансии, образовавшиеся после смещения атомов решетки, стабилизируя их.



Крупнейший в мире электронный микроскоп в университете г. Осака, Япония. Электроны, ускоренные до энергии 2000 кэВ, могут производить дефекты практически в любых материалах. Прямое наблюдение образования дефектов под действием потока электронов — мощный экспериментальный метод, применяемый для исследований в радиационной физике. Фотография публикуется с любезного разрешения М. Киритани.

Поток нейтронов через первую стенку реактора принято выражать в мегаваттах на квадратный метр. Считается, что нагрузка будет составлять 3—5 МВт/м². Чтобы представить, к каким последствиям это может привести, скажем, что в стенке из нержавеющей стали при нагрузке в 1 МВт/м² каждый атом будет смещаться от 10 до 20 раз в год, а тот же поток нейтронов при этом еще и произведет около 150 атомов гелия и 500 атомов водорода на каждый миллион атомов металла.

Наряду с этим на металл будут обрушиваться различные компоненты плазмы — водород, гелий и др., помогая друг другу аномально далеко проникать в глубь металла. Почему это происходит? Ведь гелий и другие инертные газы практически нерастворимы в металлах и, казалось бы, не должны проходить через

них. Что касается водорода, то он проникает в металлы, если не во все, то, во всяком случае, во многие. Попадая в металл, водород занимает имеющиеся в нем радиационные вакансии, закрепляя их. Время жизни вакансий увеличивается, и они уже не могут уйти на стоки даже при высоких температурах. Когда к такой вакансии, содержащей водород, подходит менее подвижный атом гелия, водород вытесняется из вакансии, поскольку его энергия связи с вакансией меньше, чем у инертного газа. Таким образом, водород как бы играет роль посредника, удерживая вакансии до прихода гелия. Существование комплексов «вакансия—водород» дает возможность реализовать «стыковку» почти всех вакансий с соответствующими атомами инертного газа. Возникает устойчивый псевдоразвор инертного газа в металле, он насыщается атомами инертного газа, что в дальнейшем может привести к охрупчиванию и распуханию материала¹⁰.

Следует отметить, что пересыщенность дефектами конструкционных материалов основных узлов реактора должна способствовать интенсификации всех явлений, в основе которых лежит перенос вещества. Это может вызвать серьезные изменения в коррозионной стойкости материалов, их совместимости. Экспериментально установлено, что изменение свойств сплавов в этих условиях может быть обусловлено изменением устойчивости отдельных фаз.

*

Итак, мы уже довольно хорошо представляем себе процессы, происходящие в материалах при радиационном повреждении, знаем, к каким макроскопическим явлениям они приводят. Эти знания получены различными способами: с помощью теоретических расчетов, в прямых экспериментах и при моделировании процессов радиационной повреждаемости на ЭВМ. Надо сказать, что машинному моделированию отводится в современных исследованиях по радиационной физике очень важная роль, поскольку реальные эксперименты с облученными образцами чрезвычайно трудоемки и связаны с радиационной опасностью. Кроме того, чтобы набрать необходимые дозы облучения в обычных экспериментах, порой нужны годы. В машинном эксперименте эту труд-

ность можно преодолеть, сведя время набора дозы к суткам и даже часам. Однако машинный эксперимент зависит от положенной в его основу теоретической информации и данных, которые могут быть получены только в прямых экспериментах. Таким образом, исследования, проводимые в разных направлениях, взаимно дополняют и обогащают друг друга.

Большие экспериментальные сложности таят исследования по изучению радиационной стойкости материалов в условиях работы термоядерного реактора будущего. Ведь для таких экспериментов нужны интенсивные потоки нейтронов с энергией около 14 МэВ. Пока такие исследования проводятся на реакторах деления, однако сейчас рассматриваются возможности создания специальных высокоэнергетических нейтронных источников с энергией частиц 14 МэВ. Они дадут возможность проводить испытания радиационной стойкости материалов, предназначенных для термоядерных реакторов.

Одновременно расширяется круг задач, которые диктуются развитием атомной энергетики и увеличением масштабов промышленного использования реакторов деления. Основные элементы реакторов работают во все более высоких потоках излучения, в сложнапряженных состояниях при высоких температурах. В связи с этим значение вопросов, решаемых радиационной физикой твердого тела, неизменно возрастает, а сама проблема выбора и создания радиационно стойких материалов становится одной из важнейших для развития современной техники.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Орлов А. Н. ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ДЕФЕКТОВ В КРИСТАЛЛАХ. М.: Высшая школа, 1983.

Орлов А. Н., Трушин Ю. В. ЭНЕРГИИ ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ В МЕТАЛЛАХ. М.: Энергоатомиздат, 1983.

Кирсанов В. В., Суворов А. Л., Трушин Ю. В. ПРОЦЕССЫ РАДИАЦИОННОГО ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ В МЕТАЛЛАХ. М.: Энергоатомиздат, 1985.

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

Суворов А. Л. ДЕФЕКТЫ В МЕТАЛЛАХ. М.: Наука, 1984.

¹⁰ Лариков Л. Н. Залечивание дефектов в металлах. Киев, 1980.

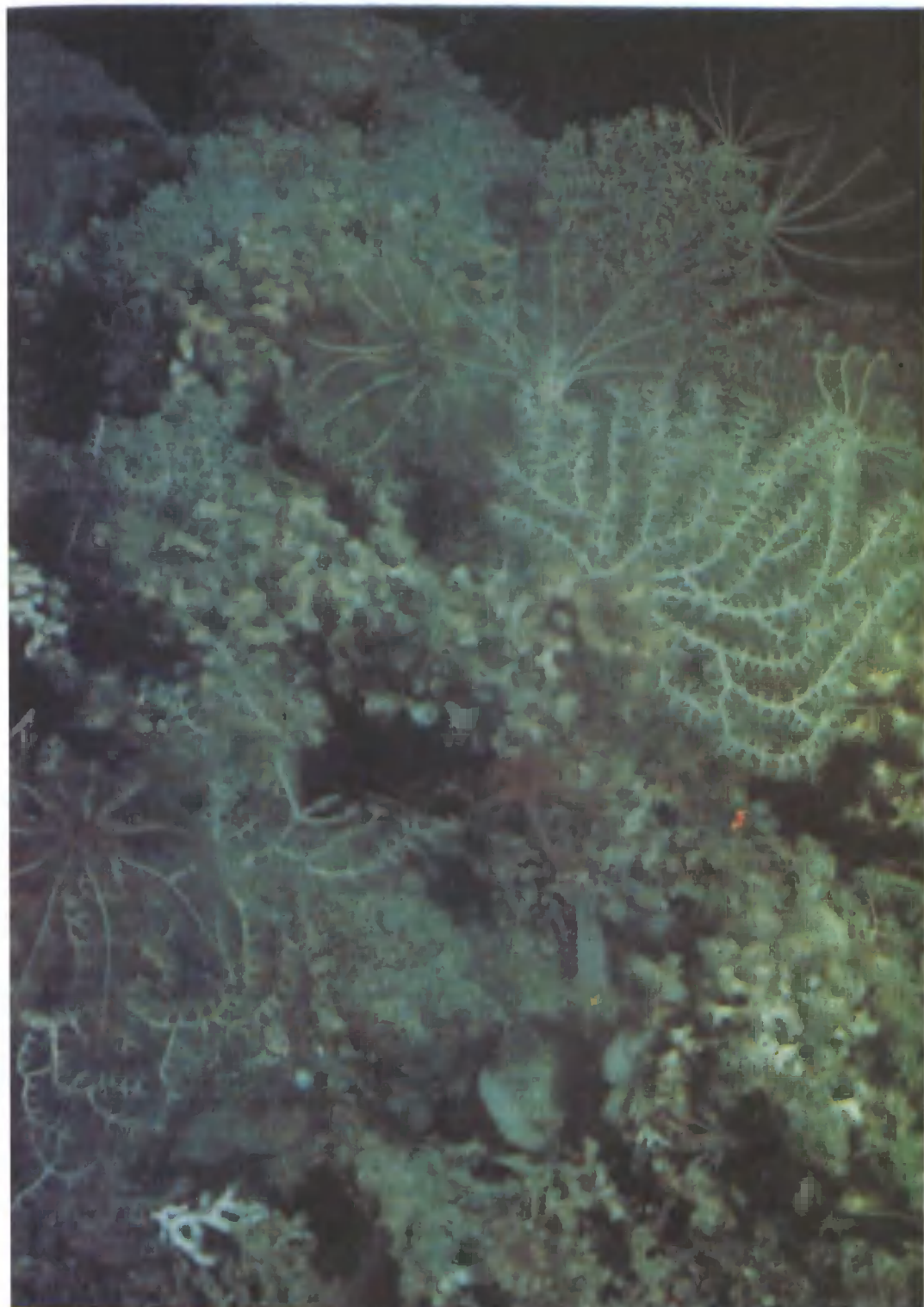


Крупные кувшинообразные губки
на склоне вулканической гряды.

Морская звезда брезенгида. Глу-
бина 1630 м.



Горгониевые кораллы, губки, мор-
ские лилии и другие обитатели
верхней части склона вулканиче-
ской гряды. Глубина 1500 м.



Сравнительно небольшой участок рифтовой зоны (15×30 миль в координатах 58°27'1 с. ш., 32°18'0 з. д.; 58°43'6 с. ш., 31°51'2 з. д.; 58°08'0 с. ш., 31°32'2 з. д.; 58°27'3 с. ш., 31°01'2 з. д.) мы обследовали очень тщательно. Взяли 60 проб дночерпателями, 19 зоологических проб с помощью тралов и 22 раза погружались в подводных обитаемых аппаратах на глубины от 1200 до 2140 м.

По детальности съемок глубоководного донного населения мы, пожалуй, превосходили других морских биологов. Съемки донной фауны были столь же подробны, как геоботаническая съемка наземных ландшафтов. Сопровождая съемку геолого-геофизическим изучением рифтовой зоны, мы, несмотря на крайне сложный рельеф дна, имели возможность выбирать места сбора образцов, а не вылавливать их тралами беспорядочно, и прицельно погружаться в обитаемых аппаратах.

Изучение глубоководного населения при сложном рельефе дна в рифтах срединно-океанических хребтов и их контрастных биотопах просто невозможно без погружений. Мало того, что через иллюминатор подводного аппарата глазам гидронавтов предстают обитатели океанического дна в их естественной обстановке, с помощью манипуляторов, установленных на таких аппаратах, можно собрать необходимые формы донных животных, регистрировать характеристики среды обитания, даже проводить на дне эксперименты *in situ*.

Из подводных обитаемых аппаратов американские и французские исследователи впервые увидели удивительный мир донных животных в рифтах Восточно-Тихоокеанского поднятия и открыли страницу в «новой истории» глубоководного населения океана.

В долине хребта Рейкьянес множество красивейших подводных ландшафтов и населяющий их мир мы тоже увидели из подводных аппаратов. Население долины оказалось разнообразным и обильным, но распределено оно было чрезвычайно неравномерно. Выходы коренных базальтовых пород — вершины и склоны краевых уступов, экструзивные валообразные и изолированные возвышенности осевой долины — усыпаны различными губками, мадрепоровыми и гергониевыми кораллами, брахиоподами, морскими лилиями и другими организмами, пищу которых составляют взвешенный детрит и планктон.

Возникновение таких оазисов жизни легко объяснилось: зона, в которой мы проводили исследования, расположена в продуктивной области Северной Атлантики, где первичная продукция достигает 150—250 мг углерода в день под каждым квадратным метром водной поверхности. При погружениях от поверхности океана до самого дна рифтовой зоны хребта во множестве попадались крупные свободно передвигающиеся организмы, планктон, хлопьевидная взвесь органического вещества. Здесь, по данным нашей экспедиции, скорость накопления осадков достигает 30 см за 1000 лет.

Но сколь бы естественным ни казалось обилие жизни, ему нельзя было не удивляться. В юго-западной части почти отвесная стена краевого уступа (высотой более 600 м) от самого подножия была покрыта, словно ярким ковром, губками, так густо они заселили ее.

Нас очень радовало это обилие жизни и ее красота, но геологам оно явно мешало исследовать структуры уступа: свободными от живого ковра оставались лишь около 20 % его площади. В Северной Атлантике, кроме хребта Рейкьянес, только в Датском проливе близ Гренландии одному из авторов статьи, А. П. Кузнецову, однажды удалось встретиться с таким же изобилием донных животных на сходных глубинах.

Краевые уступы и вулканические сооружения осевой долины рифта Рейкьянес являли собой почти чисто губочные ландшафты. Многие губки поражали гигантизмом. Кувшинообразные стеклянные губки (вероятно, какой-то новый вид) достигали в высоту от 0,5 до 1 м, на каждом квадратном метре дна мы насчитывали до 5—6 колоний этих беспозвоночных гигантов.

На пологих склонах вулканических построек, присыпанных тонким слоем осадков, встречались обычно крупные и круглые, как шары, губки. Их тяжелое и массивное тело достигало 0,5 м в диаметре. В некоторых местах мы наблюдали удивительные поселения губок, тело которых, напоминающее ажурные светильники, возвышалось над грунтом на тонких, свитых из длинных жгутов ножках. Между ними дно не оставалось свободным от живых существ: небольшие круглые, похожие на ежик губки, наполовину погруженные в осадок, образовывали до 20—30 колоний на квадратном метре дна.

На свежих осыпях базальтовых обрушений у подножия вулканических гряд,

одиночных поднятий и краевых уступов, где слой осадков был невелик, поясом тянулись колонии мелких (преимущественно пленчатых) губок. В таких местах попадались участки, на которых губки были окрашены очень ярко — в интенсивно желтые, фиолетовые и голубые цвета. Для чего глубоководным животным окраска, почему соседствующие виды окрашены различно — пока для биологов загадка, ведь на такие глубины (мы находились на глубине 2100 м) не проникает ни один луч света. Крупные животные среди пленчатых губок были редкими.

Формы рельефа в осевой долине резко меняются: молодые гряды в экстензивной зоне и отдельные вулканические поднятия переходят во внутренние впадины, краевые понижения, выстланные мягкими осадками. Иногда такие осадки непосредственно примыкают к стенкам уступов без перехода через полосу обломочных базальтовых обрушений.

Вместе с рельефом резко меняется и донное население. На внутренних впадинах и краевых понижениях развиваются собирающие (сортирующие) грунт, а также заглатывающие его без выбора животные-детритофаги. Это полихеты из семейств Ampharetidae, Owenidae, Ariciidae, Maldanidae, Capitellidae, офиуры, мягкие ежи семейства Pourtalesidae, сипункулиды и некоторые другие формы.

Здесь, так же как и в сообществах пленочных губок, почти не было крупных животных: преобладали лишь мелкие организмы — полихеты — и молодые особи звезд, голотурий, ежей. Количество донных животных тоже было невелико: общая биомасса их не превышала $1-2 \text{ г/м}^2$, в то время как на стенах краевых уступов биомасса губок-гигантов доходила до нескольких килограммов на квадратном метре дна, а на склонах — $1-1,5 \text{ кг/м}^2$. Малая плотность донных обитателей внутренних впадин и краевых понижений казалась необычной для такой продуктивной области Атлантического океана, как хребет Рейкьянес. Парадоксальным было и отсутствие крупных грунтоедов: ведь за пределами рифтовой зоны (на внешних склонах хребта и на ложе исландской котловины), где скорость накопления осадков ниже и на дне отлагается меньше органического вещества, пригодного в пищу грунтоедом, крупные звезды, ежи, голотурии были обычными.

Мы поняли причину столь несвойственной бедности жизни, когда был завер-

шен литологический анализ донных осадков. Оказалось, что в осадках впадин и краевых понижений содержится много неразлагающихся и острых, как иглы или осколки стекла, измельченных спикул — минеральных элементов скелета губок в виде мельчайших кремневых телец. У обнаруженных нами губок, похожих на светильники, спикулы срастаются в жгуты и образуют ножки, на которых держится «светильник». Остатки отмерших губок, содержащие такие спикулы, способны вызвать серьезные повреждения пищеварительного канала животных, без всякого выбора заглатывающих грунт.

Особенно много спикул (до 5—6 % от веса осадка) содержалось в понижениях дна, которые окаймляют подножия вулканических сооружений долины и ее краевые уступы. И это вполне естественно, поскольку губки со спикулами преобладали как раз в таких структурах рифтовой долины. Во время одного из погружений мы встретили огромное кладбище губок у подножия сбросового уступа вулканической гряды в осевой долине рифта. Это был абсолютно мертвый, безжизненный участок.

На удаленных от вулканических структур участках долин и понижений количество спикул заметно снижалось и появлялись животные-грунтоеды. Кстати, на самих участках, где живут губки (окаймления гряд, отдельные возвышенности и краевые уступы) есть и детритофаги, но они, в отличие от грунтоедов, способны отсортировать пищевые частицы от спикул.

Поразившая нас обедненность губочных сообществ грунтоедов имеет аналогию в Баренцевом море. Здесь, так же как и в рифтовой зоне хребта Рейкьянес, на мягком илистом грунте тоже мало животных, заглатывающих грунт без всякого выбора, нет среди них и крупных животных. Зато за пределами рифтовой зоны в донных осадках, где не встречаются содержащие спикулы губки, крупные грунтоеды были самыми обычными животными.

Впадины и понижения рифтовой зоны поражали нас однообразными, словно лунными ландшафтами. Поверхность дна казалась безжизненной. Лишь изредка в поле зрения попадались веточки кораллов, одиночные губки и стоящие на длинных тонких стебельках морские лилии. Местами унылый пейзаж оживляли губки, кораллы, альционарии на небольших группах вулканических излияний, поднимавшихся над осадочным ложем.



Буксировка подводного аппарата к месту погружения.

Итак, в аппаратах «Пайсис» мы прошли над дном рифтовой долины хребта Рейкьянес в общей сложности более 62 км, сделали более 300 цветных фотографий различных донных животных и их сообществ, выполнили 11-часовую видеозапись, взяли 42 биологических образца. Некоторых животных доставили на борт экспедиционного судна в специальных контейнерах, сохраняющих неизменными давление, температуру и другие характеристики водной среды, для последующего содержания животных и опытов с ними в лабораторных условиях.

Хотя мы и обнаружили в рифтовой зоне хребта Рейкьянес много интересного, нам не удалось найти ни действующ-

щих горячих источников на дне, ни обитающих вокруг них донных сообществ. Мы обнаружили лишь остатки некогда существовавших (по-видимому, совсем недавно по геологическим масштабам) таких сообществ. К ним относятся поднятые тралами скелеты необычайно крупных одиночных кораллов *Desmophyllum crista-galli*. В этих пробах присутствовали и остатки других животных, видимо, также входивших в состав сообществ, обитавших вокруг горячих источников. Все скелеты были подняты из мест, где породы и осадки были изменены гидротермами. Кладбища донных животных, когда-то существовавших вокруг горячих источников, были обнаружены американско-франко-мексиканской экспедицией в рифтовой зоне Восточно-Тихоокеанского поднятия.



По всей видимости, приспособившиеся жить в теплой зоне подводных источников сообщества животных существуют столько, сколько действует источник: прекращается его деятельность, погибают и животные. Новый источник дает жизнь новому сообществу. В связи с привязанностью определенных форм животных к жизни вокруг горячих подводных источников возникает немало вопросов: как формировались эти оазисы жизни на дне океана, как шло их приспособление к специфическому образу жизни, каковы механизмы и пути расселения таких глубоководных животных?

Чтобы найти ответы на эти вопросы, нужно активно продолжать всесторонние исследования срединно-океанических хребтов, хорошо знать их геологию и изу-

чить населяющие их живые организмы. Сейчас изучение жизни на срединно-океанических хребтах, по сути, только начинается. То, что известно о составе, связях, происхождении, количественном обилии и зоогеографии глубоководного донного населения, его месте в биологической структуре океана, лишь в малой степени касается срединно-океанических хребтов. А ведь они тянутся по дну Мирового океана на 60 тыс. км и занимают около 15 % площади океанического дна.

Пока срединно-океанические хребты — подлинная *terra incognita*. Вероятно, немало сенсационных открытий выпадет на долю тех, кому предстоит продолжить исследование этой пока еще мало изученной области океанического дна.

Эльбрус — действующий вулкан!

Н. В. Короновский



Николай Владимирович Короновский, доктор геолого-минералогических наук, доцент геологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Специалист в области палеовулканологии и региональной геологии. В «Природе» опубликовал статьи: Крым — природный геологический музей (1981, № 6); Двойственная природа игнимбритов (1983, № 3).

Почти в центре Большого Кавказа возвышается величественная шапка льда и снега на вулканическом конусе двуглавого Эльбруса, достигающего высоты 5642,7 м. Эльбрус в наши дни — это место, которое ежегодно посещают тысячи и тысячи туристов, горнолыжников и альпинистов всех рангов, начиная от юных, неопытных, делающих свои первые шаги, и кончая «ассаами», которые вновь и вновь возвращаются к этой прекрасной «матери снегов», как называют Эльбрус кабардинцы. Современная поездка к подножью Эльбруса — это всего 2—3 часа в комфортабельном автобусе из Пятигорска или Нальчика. А ведь еще в начале века путешествие по Баксанскому ущелью было сопряжено с немалыми трудностями, не говоря уже о восхождении на Эльбрус, тогда как сейчас канатная дорога поднимает вас на высоту 4 км всего за полчаса. Оттуда, стоя на краю ледяного царства, вы завороченно смотрите на такие близкие вершины Эльбруса, и не верится, что до них еще более полутора километров.

Многие читали или слышали, что Эльбрус это вулкан. Из специальной геологической литературы можно узнать, когда он возник, как устроен, что за породы слагают его склоны, какие грандиозные взрывы сотрясали в прошлом окрест-

ности Эльбруса. А вот вопрос о современной активности этого вулкана до сих пор остается дискуссионным.

Поднявшись на восточную вершину Эльбруса, вы увидите прекрасно сохранившийся кратер и такие свежие лавовые потоки, будто они излились всего несколько лет назад. По крайней мере, они совершенно неотличимы от современных лавовых потоков на вулканах Камчатки. Так что же, «умер» Эльбрус или только затих, готовясь к новому, всеограшающему удару?

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЬБРУСА

Эльбрус представляет собой почти круглый в плане вулканический конус со средним диаметром основания около 18 км. Несмотря на грандиозный вид, собственно вулкан не так уж и велик, поскольку его цоколь, сложенный кристаллическими породами, находится на высоте 3,0—3,7 км. Так что абсолютная высота вулкана составляет всего 2,0—2,5 км. На уровне 5,3 км диаметр вулкана сокращается до 1,5 км, а еще выше на 300—340 м поднимаются два самостоятельных конуса, западный из которых немного выше. Примерно до высоты 4 км склоны Эльбруса очень пологие, однако в верхней части их крутизна достигает 50—60°.

Вулканический массив Эльбруса находится не на главном хребте Большого Кавказа, а на его боковом хребте, в обширном понижении, имеющем вулканотектоническую природу. В силу такой орографической изолированности Эльбрус является центром самостоятельного оледенения, но о ледниках Эльбруса речь пойдет особо.

Тектоническое положение Эльбруса определяется тем, что он приурочен к центральному, самому высокому сектору Большого Кавказа. Эльбрус находится в узле пересечения крупных разломов общего для Кавказа близширотного и северо-восточного направлений. Последние играли наиболее важную роль в жизни вулкана, так как функционировали не только на новейшем этапе его развития (в четвертичном периоде), но и в более древние эпохи.

В истории Эльбруса насчитываются четыре этапа извержений, о чем свидетельствуют четыре разновозрастные вулканогенные толщи, различающиеся между собой и по составу, и по условиям залегания, и по морфологической сохранности¹.

Наиболее древний, верхнеплиоценовый комплекс вулканических пород (возраст его 2—3 млн лет) сохранился лишь фрагментами и занимает самые высокие участки рельефа, на которых местами еще существует древняя кора выветривания, как, например, на перевале Ирикча¹ на восточном склоне Эльбруса. Кора выветривания перекрывается в свою очередь древней ледниковой мореной, принесшей валуны кислых вулканических пород — риолитов и риолито-дацитов. Они-то и являются продуктами самых древних извержений Эльбруса. Возраст этой морены и валунов в ней, по-видимому, акчагыльский (около 3 млн лет).

На том же перевале Ирикчат залегает более молодая, но также верхнеплиоценовая толща весьма своеобразных кислых пород — риолитовых игнимбритов² мощностью 20—30 м. А на западном склоне Эльбруса, в гигантских обрывах Кюкюртлю обнажается колоссальная, до 1 км мощностью, слоистая толща туфов, туфобрек-

чий, лавобрекчий и агломератовых лав. Во многих местах эта толща пропитана серой так сильно, что обломки лав загораются от поднесенной спички. Подошва вулканогенной толщи располагается на высоте от 3,5 до 3,8 км и перекрывает поверхность древнего выровненного, слабо расчлененного рельефа, предшествовавшего появлению современных гор. Все вулканогенные образования полого наклонены к центру Эльбруса, что свидетельствует о проседании вулканического сооружения. Произошло оно, скорее всего, за счет разгрузки близкой к поверхности магматической камеры, хотя определить положение каналов, подводивших магму, пока не удалось.

Таким образом, в верхнем плиоцене имели место три крупные вспышки вулканической активности Эльбруса, причем последняя из них сопровождалась мощными взрывами и излияниями вязких риолито-дацитовых лав. Затем наступил период длительного покоя, и новые извержения произошли только в среднем плейстоцене (0,4 млн лет назад), когда мощные лавовые потоки устремились к югу, в древние долины Азау и Баксана. Сейчас эти потоки мы можем видеть на левом склоне долины Азау: их подошва на 200—300 м выше современного дна долины, а эродированная ледником поверхность сохранилась в районе так называемого «Нового кругозора», где находится геофизическая обсерватория. В том, что это действительно первичная поверхность лавового потока, убеждает нас мощная толща красных лавобрекчий, образовавшаяся в результате окисления и дробления верхней его корки. В красно-черных лавовых потоках прекрасно выражена столбчатая отдельность, создающая причудливые ансамбли, которые хорошо видны в обрывах автомобильной дороги от Терскола к «Новому кругозору». Основная масса лав изливалась в южном направлении, тогда как к северу, в долину Малки, потоки не спускались.

Следующий комплекс вулканических пород сформировался во время очень энергичной деятельности Эльбруса в верхнем плейстоцене (0,07 млн лет назад), а точнее — в интервале между двумя крупными оледенениями, приходившимися на начало и конец верхнего плейстоцена. Уже в первом из верхнеплейстоценовых оледенений ледниками были выработаны глубокие троговые долины, которые врезались в днища более древних долин на 300—350 м. В период этого

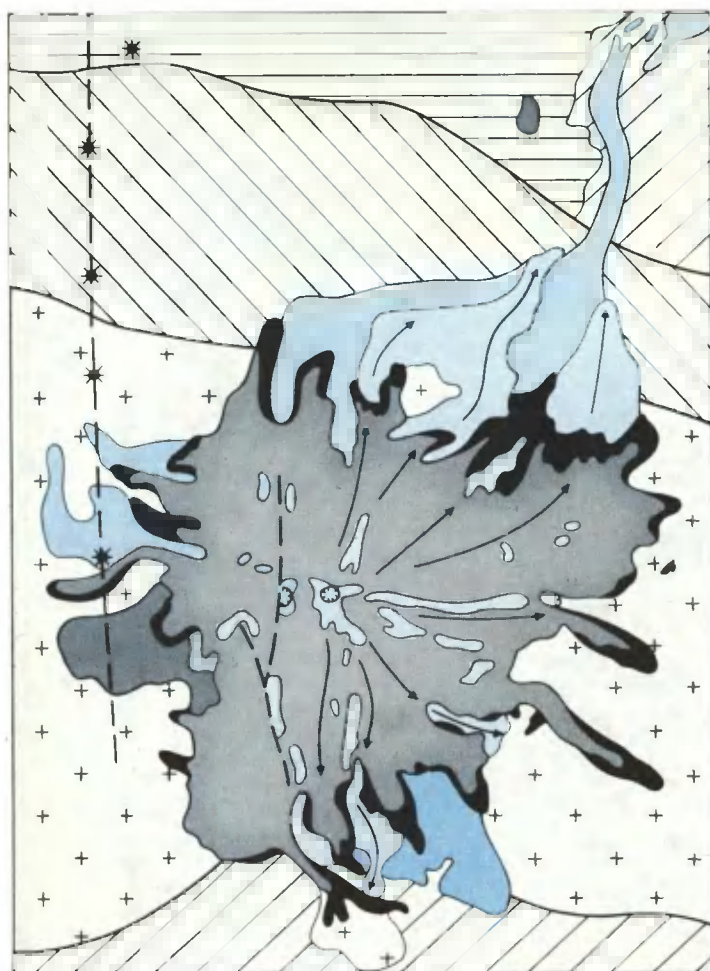
¹ Короновский Н. В. Геологическое строение и история развития вулкана Эльбрус. — В кн.: Оледенение Эльбруса. М., 1968, с. 11.

² Короновский Н. В. Двойственная природа игнимбритов. — Природа, 1983, № 3, с. 12.

Голоценовые лавовые потоки Эльбруса в районе
«Старого кругозора».







Схематическая геологическая карта Эльбруса.

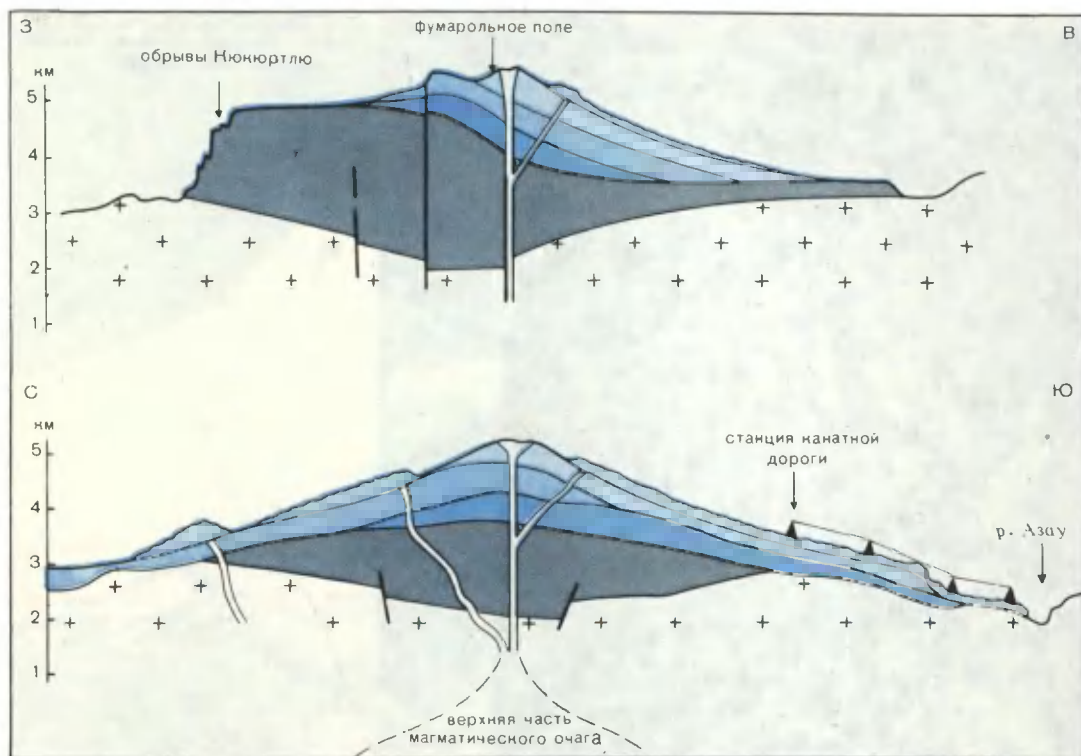
Лавы:

- голоценовые
- верхнеплейстоценовые
- среднеплейстоценовые
- верхнеплиоценовые
- Породы нижней и средней юры
- Докембрийские кристаллические сланцы
- Палеозойские отложения зоны Передового хребта
- Средне- и верхнепалеозойские граниты
- Мораны, образовавшиеся при отступании ледников за последние 100 лет
- Разломы
- Кратеры восточной и западной вершины Эльбруса
- Верхнеплейстоценовые центры извержений риплитовых лавовых игнимбритов
- Направления течения голоценовых лавовых потоков

оледенения по западной периферии Эльбруса вдоль поперечного разлома возник целый ряд небольших вулканических центров, давших короткие потоки лавовых игнимбритов. Затем, вероятно после долгого затишья, произошли грандиозные эксплозивные (взрывные) извержения самого Эльбруса. Огромные количества вулканических бомб, пемзы, туфов, пепла и вулканического песка обрушивались на склоны Эльбруса и частично уносились временными водными потоками, грязевыми или грязе-каменными лавинами, заполняя понижения рельефа. Большое количество грязе-каменных лавин было связано, по-видимому, с тем, что этим извержениям предшествовало образование мощного ледяного покрова Эльбруса, таяние которого и дало обильные потоки воды. Более мелкий пемзовый и пепловый материал разносился на десятки километров в сто-

роны от вулкана. Остатки этих вулканогенно-обломочных толщ сохранились на северном склоне Эльбруса, особенно в балке Кала-кулак, что на балкарском языке означает «овраг замков». В этой балке находятся огромные, высотой в десятки метров пирамиды, башни, столбы и другие формы выветривания, образовавшиеся при размыве вулканогенно-обломочных рыхлых толщ, перекрытых мореной. Крупные ледниковые валуны на вершинах этих фигур предохраняли их от размыва.

После того как взрывные извержения прекратились, из района современной западной вершины, а также из нескольких паразитических кратеров, располагавшихся где-то на северных склонах вулкана, начали изливаться дацитовые лавы. Лавовые потоки устремились к северу, заполнили ледниковую долину Малки, долины ее притоков и протянулись на 15—20 км.



Схематические геологические профили Эльбруса.

Лавы:

- голоценовые
- верхнеплейстоценовые
- среднеплейстоценовые
- Верхнеплиоценовые лавы, игнимбриты и туфобрекчии
- + Кристаллические породы субстрата
- Разломы

Более короткие потоки направились к западу от вулкана в долину Битюктюбе. Мощность отдельных потоков достигала 200—250 м. Таким образом, в середине позднего плейстоцена (примерно 30—25 тыс. лет назад) Эльбрус принял вид конуса, венчавшегося одной вершиной с кратером — ныне это западная вершина. Впоследствии по меридиональному сбросу часть этого конуса просела, поэтому сей-

час на западной вершине мы видим только половину кратера. После излияния лав наступило второе и последнее в верхнем плейстоцене крупное оледенение. Ледники разрушили и сгладили первичную бугристую поверхность лавовых потоков, оставив на ней морены.

Наконец, в голоцене (менее 10 тыс. лет назад), когда размеры ледников уже сильно сократились, произошла новая вспышка вулканической активности, создавшая современный облик Эльбруса. Все связанные с ней извержения сконцентрировались в восточной половине вулкана, а лавовые потоки направились как к северу — в долину Малки, так и к югу — в долину Азау. Именно в это время оформился восточный конус Эльбруса, и лавы изливались не только из кратера на его вершине, но также из трещин и побочных кратеров на склонах вулкана. Голоценовые лавы дацитового состава погребли под собой морены последнего оледенения, часть верхнеплейстоценовых лавовых потоков и вулканогенно-обломочную толщу. Потоки этих же лав перегородили долину р. Кизилкол, образовав большое подпружное озеро, в котором накопилась толща лапильей, вулканических песков и туфов. Впослед-



Столбчатая отдельность в голоценовом лавовом потоке, спустившемся в долину р. Азау.



Формы выветривания, образовавшиеся при разрушении верхнеплейстоценовых пирокластических толщ Эльбруса.

Панорама южного склона Эльбруса с Чегета. Хорошо видны два конуса Эльбруса: западный верхнеплейстоценовый конус частично разрушен, а восточный голоценовый сохранился полностью. На левом склоне долины р. Азау, протекающей у подножия Эльбруса, видна подошва среднеплейстоценовых лавовых потоков, которые около границы льда перекрываются голоценовыми лавами.



ствии река частично прорезала лавовый поток (ныне перевал Каяешик), и озеро оказалось спущенным. Но эрозия лав продолжается и по сей день, и вода низвергается величественным, высотой более 40 м водопадом «Султан».

Поднимаясь на Эльбрус в кабине канатной дороги, можно хорошо рассмотреть наиболее молодые потоки с характерной бугристой глыбовой поверхностью (так называемые «аа»-лавы) и высокими бортовыми и напорными валами в центральной части потоков. Внешний облик этих лавовых потоков исключительно «свежий»: они совершенно неотличимы от потоков, образовавшихся в наши дни в районах активного современного вулканизма. Вот об этих молодых вулканических образованиях и породивших их последних извержениях Эльбруса стоит рассказать подробнее.

ПОСЛЕДНИЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ ЭЛЬБРУСА. УМЕР ЛИ ЭЛЬБРУС?

После прекращения бурных излияний лав в голоцене вулкан вновь начинает покрываться ледяным и фирновым плащом, который утолщается и в виде отдельных ледников сползает по склонам Эльбруса. Гляциологические исследования показали, что в середине и конце I тысячелетия до н. э. ледники наступали не только на Кавказе («историческая» стадия), но и в Альпах (стадия «эггесен»). Это была эпоха обильных лавин, высокой влажности и отступания лесов в более низкие места. В I тысячелетии н. э., наоборот, наблюдалась эпоха пониженной влажности и сокращения горного оледенения, в том числе и на Эльбрусе. В Приэльбрусье в это время сформировался почвенный горизонт, лавин зимой почти не было, а лесная растительность продвинулась высоко в горы. Во второй половине нашего тысячелетия вновь наступила эпоха высокой влажности и ледники опять стали наступать (стадия «фернау» в Альпах и стадия «50-х годов XIX в.» на Кавказе). Лавинная деятельность усилилась: именно в это время был уничтожен лес на поляне Иткол и образовался ныне погребенный горизонт с пнями. После этого и вплоть до настоящего времени ледники отступали.

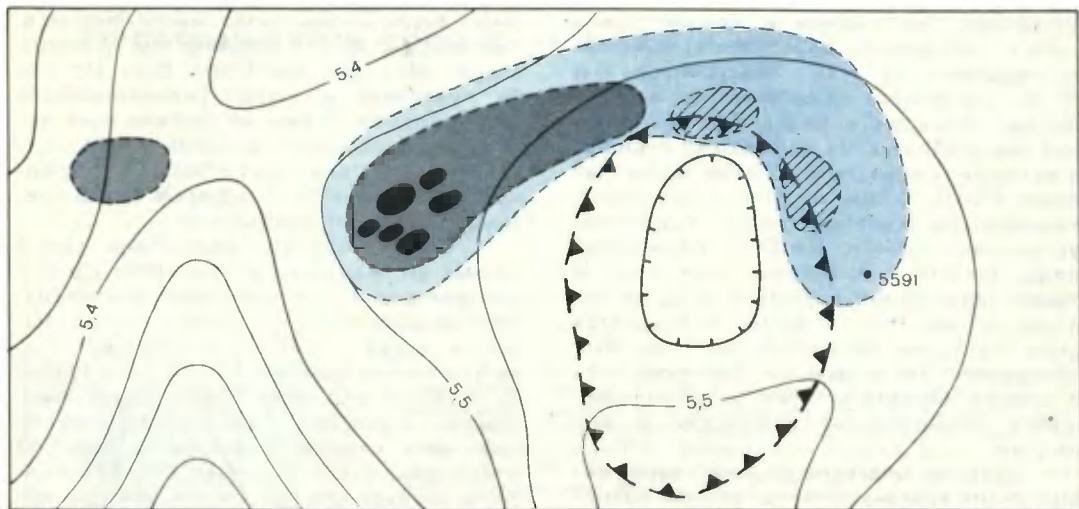
Все эти этапы оледенения мы рассматриваем столь обстоятельно по той причине, что для каждого из них установлены временные рамки, которыми можно воспользоваться для определения времени вулканических излияний.

На Эльбрусе все без исключения голоценовые лавовые потоки перекрыты оледенением стадии «50-х годов XIX в.», морены которого повсеместно сохранились на протяжении 1—2,5 км от края современных ледников. Морены же «исторической» стадии присутствуют обычно там, где голоценовых лав нет. На северном склоне, около ледника Уллукол видно, что голоценовый лавовый поток, отличающийся исключительно «свежим» микро-рельефом, налегает на морену «исторической» стадии и перекрывается мореной стадии «50-х годов XIX в.» В ряде других мест северного склона лавовые потоки затронуты оледенением только наиболее молодой стадии 50-х годов. Учитывая все это, можно констатировать, что последние извержения Эльбруса происходили всего 2000—2500 лет назад.

А совсем недавно были получены новые результаты. На южных и северных склонах Эльбруса Ю. П. Масуренков исследовал горизонты погребенных почв и обугленной древесины, залегающие в верхней части разреза наиболее молодых пеплов и туфов. Радиоуглеродное датирование кусочков древесины, взятых в основании самого верхнего горизонта вулканического пепла, проведенное в Институте вулканологии ДВНЦ АН СССР С. Н. Литасовой, дало величину 1100—1150 лет. Иными словами, последние эксплозивные извержения Эльбруса происходили немногим более 1000 лет назад, т. е. они могут быть даже более молодыми, чем самые свежие лавовые потоки, хотя и не исключено, что какая-то их часть была синхронна выбросам пепла и туфа. Эти данные еще понижают возможный возраст последних проявлений вулканической активности Эльбруса.

Так что же, умер Эльбрус или накапливает силы и готовит нам сюрприз? Ответить на этот вопрос помогают специальные исследования и анализ собранного к настоящему моменту фактического материала.

Петрографические и геохимические данные, полученные в результате изучения вулканических пород Эльбруса и заключенных в них ксенолитов (обломков пород субстрата), однозначно свидетельствуют о том, что магматический расплав, породивший лавы и туфы, сформировался за счет плавления древних кристаллических толщ гранитов и гнейсов. При этом все вулканические породы Эльбруса произошли из длительно эволюционировавшего (начиная с позднего плиоцена и кончая



Расположение фумарольных полей на вершине Эльбруса (по Ю. М. Масуренкову).

-  Фумарольное поле
-  Поствулканические измененные породы
-  Вулканические пеплы и туфы
-  Кратер восточной вершины и его кальдера
-  Изогипсы (в км)

современной эпохой) единого магматического очага. Доказательство того — очень близкий химический состав разновозрастных вулканических пород и постепенное изменение содержания в них породообразующих химических элементов. Петрохимические и геохимические особенности всех этих пород позволили В. Г. Молявко, И. М. Остафийчук и автору этой статьи предположить, что магматический очаг Эльбруса зародился на глубине 20—25 км в основании гранитно-метаморфического слоя¹. На таком уровне при нормальном геотермическом градиенте, равном 30 °С/км, породы гранитно-метаморфического слоя могли быть разогреты до 850—900 °С, что близко к критическим температурам полного перехода в расплав пород гранитного состава, содержащих 1,5—3 % H₂O.

Район Эльбруса изучался и геофи-

зическими методами. Наблюдения М. В. Авдулова, проведенные в конце 50-х годов, показали, что этот вулканический массив характеризуется интенсивной локальной отрицательной гравитационной аномалией, которая сохраняется даже после введения всех поправок, в том числе и поправки на рельеф. Данная аномалия, свидетельствующая о недостатке массы, была интерпретирована М. В. Авдуловым как столб магматического материала, имеющий диаметр около 10 км. Верхняя кромка этого столба находится на уровне 0 ± 2 км, а нижняя теряется на глубине 9—10 км. М. В. Авдулов справедливо предположил, что это магматическое тело находится в нагретом состоянии и содержит большое количество водяных паров. Интересно, что днище долины р. Азау около поселка Терскол, расположенного у подножия Эльбруса, находится на высоте около 2 км. Следовательно, верхняя кромка магматического тела, интерпретируемого как периферический магматический очаг, близка к уровню современного эрозионного вреза.

Если отрицательная гравитационная аномалия и отражает существование под Эльбрусом еще не остывшего очага, то есть ли указания, что этот очаг еще «дышит»?

Да, такие указания существуют. Это типичная для вулканических областей фумарольная деятельность, которая была зафиксирована на западном склоне восточного конуса Эльбруса на высоте 5,46—5,52 км А. М. Гусевым, В. П. Корзуном, Ю. П. Масуренковым и автором этой статьи. Причем фумаролы с парогазовыми выделениями отмечались разными авторами в 30-е, 40-е и 60-е годы, что говорит об их

¹ Короновский Н. В., Молявко В. Г., Остафийчук И. М. — Известия АН СССР, сер. геол., 1980, № 6, с. 31.

устойчивом положении и непрекращающейся активности⁴. Наиболее детальные исследования Ю. П. Масуренкова и И. Я. Пантелеева показали, что в поле выхода фумарол в результате протавания снега образуются неглубокие пещеры, в которых температура воздуха составляет плюс 17—18 °С при наружной минусовой температуре. В составе газовых выделений установлено присутствие CO_2 , NH_3 и паров воды, богатых сульфатами. Этот факт, а также запах сероводорода в воздухе, говорит о том, что из фумарол выносятся сера, хотя сам сернистый газ и не был обнаружен. Это «дыхание» Эльбруса, хотя и слабое, свидетельствует о продолжающихся вулканических процессах в его недрах.

Другим подтверждением современной жизни вулкана является обилие вокруг Эльбруса минеральных источников, обладающих, несмотря на разбавление атмосферными водами, повышенной температурой.

Так, знаменитый источник Джилысу («теплая вода» — на балкарском языке), расположенный на северном склоне вулкана в верховьях р. Малки, имеет температуру плюс 24 °С, а источники в долине р. Битюктюбе, на западном склоне Эльбруса, — плюс 18 °С. Да и многие другие источники могут быть охарактеризованы как термальные, причем чем ближе они расположены к Эльбрусу, тем выше их температура.

Ю. П. Масуренковым и С. И. Пахомовым была установлена и гидрохимическая зональность углекислых минеральных вод Приэльбрусья. Она заключается в увеличении концентрации хлора, бора и фтора по мере приближения к вулкану. Более того, высокий суточный вынос хлора (свыше 100 кг) источниками Приэльбрусья может быть обеспечен, по мнению этих авторов, только влиянием эндогенных процессов, т. е. живущим ныне магматическим очагом. В. П. Щербак, изучавший газоносность окрестностей Эльбруса, показал, что содержание CO_2 в газах увеличивается по мере приближения к вулкану. Кроме того, в газах установлены примеси углеводородов. Все сказанное подтверждает предположение о существовании под Эльбрусом неглубоко от поверхности anomalно нагретого тела — магматического очага. Приведенные Ю. П. Масуренковым вероятностные оценки плотности теплового потока и возможной глубины зале-

гания выделяющей тепло массы показали, что геотермический градиент под вулканом может достигать 100 °С/км. Если это так, то появление расплава (магматического очага) возможно уже на глубине 6—8 км. Это подтверждается высокой плотностью теплового потока, составляющей в среднем $5 \cdot 10^{-5}$ кал/(см² · с), что в 10 раз превышает фоновый показатель⁵.

Таким образом, результаты самых разных исследований доказывают, что под вулканическим массивом Эльбруса на глубине нескольких километров находится нагретая масса с малой плотностью. Диаметр ее не превышает 10—15 км, а глубина — 9—10 км. Таким телом может быть только периферический магматический очаг, хотя само формирование расплава могло происходить и глубже. Есть ли в этом очаге расплав или нет, однозначно сказать нельзя, но он вполне возможен. «Молчание» же вулкана в течение тысячи или двух тысяч лет еще ни о чем не говорит. В истории известны и гораздо большие промежутки времени, после которых вулканы оживали, причем их новое рождение, как правило, начиналось с катастрофических взрывов.

Если мы оглянемся на длительную историю Эльбруса, то перерывы в вулканической деятельности между, скажем, поздним плиоценом и средним плейстоценом или средним и поздним плейстоценом составляли десятки тысяч лет. За это «спокойное» время продукты вулканических извержений успевали почти полностью разрушиться, а речные долины углублялись на несколько сотен метров. Так что Эльбрус вполне может стать действующим вулканом, и это обстоятельство нельзя игнорировать. Интересно также отметить, что последние сейсмологические наблюдения Г. В. Краснопевцевой показали, что район Эльбруса характеризуется повышенной, хотя и очень слабой сейсмичностью, очень напоминающей подобные явления на активных вулканах.

Итак, учитывая специфику магмы Эльбруса — ее высокую вязкость, большое содержание газов и сравнительно низкую температуру, можно предположить, что если Эльбрус «проснется», то его извержение будет носить мощный взрывной характер, как и предшествующие извержения Эльбруса или извержения других подобных ему вулканов.

⁴ Ковалев Г. Н., Масуренков Ю. П. — Там же, 1971, № 2, с. 25.

⁵ Масуренков Ю. П. — Бюлл. вулк. станций, 1971, № 47, с. 79.

Пространство и время: от мифа к науке

М. Д. Ахундов



Мурад Давудович Ахундов, доктор философских наук, старший научный сотрудник Института философии АН СССР. Специалист в области философских проблем естествознания, логики и методологии науки. Автор монографий: Проблема прерывности и непрерывности пространства и времени. М., 1974; Пространство и время в физическом познании. М., 1982; Концепции пространства и времени: истоки, эволюция, перспективы. М., 1982.

Все известные нам события обладают двумя предельно общими атрибутами — пространством и временем. Они происходят в некотором пространстве, и им свойственна определенная временная динамика. Представления о пространстве и времени так существенны для интегральной картины мира, что их нередко считают «фабрикой Вселенной». Можно с полной уверенностью утверждать, что всякой картине мира во всех сменяющих друг друга в истории человечества культурах соответствовало определенное пространственно-временное видение. От начала человеческой истории до наших дней это видение претерпело удивительные метаморфозы. Оно углублялось, совершенствовалось, а между тем вне зависимости от каких-либо точек зрения существовала и существует бескрайняя объективная диалектика пространства и времени.

Пространство и время являются столь фундаментальными универсалиями культуры, что на определенной ступени развития человечества они рассматривались как абсолютная субстанция мира, — таковы зван в раннем зороастризме, хаос в древнегреческой мифологии, акаша и кала в древнеиндийских системах. Для донаучного периода развития пространственно-временных представлений вообще характерно неимоверное разнообразие концеп-

ций и моделей пространства и времени: субстанциальные, реляционные, дискретные, циклические, конечные и т. д. Какими же маршрутами прошло человеческое познание от древнейших архаичных к современным научным картинам мира? Каковы важнейшие вехи этого захватывающего путешествия? Почему это знание так актуально для современности?

«КОМПЛЕКС КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ НЕПОЛНОЦЕННОСТИ»

Создание классической механики ознаменовало рождение научного физического подхода к познанию пространства и времени. В дальнейшем был создан целый ряд фундаментальных физических теорий, углубивших наши представления (специальная и общая теория относительности, релятивистская космология, квантовая геометродинамика и др.). В этих теориях мы сталкиваемся с возрастающей сложностью различных структур (метрических, топологических, теоретико-групповых и т. д.) пространства и времени. Но вот что примечательно. В концептуальном отношении складывается парадоксальное впечатление, что почти все фундаментальные представления о пространстве и времени уже давно созданы нашими далекими предшественниками. Во всяком случае, трудно найти

такие современные концепции или модели пространства и времени, у которых не было бы весьма архаичных прообразов. Например, геометродинамическая программа Дж. Уилера пришла к «мифологическому» выводу, что в мире нет ничего, кроме пустого искривленного пространства, а в релятивистской космологии фигурирует архаичное понятие «начала» времени.

Дело приняло такой оборот, что современные ученые в поисках новых идей начинают сознательно обращаться к богатейшей концептуальной кладовой мифологического моделирования мира. Это особенно заметно в физике микромира, где некоторые исследователи стали использовать структуру восьмиричного пути Будды для систематики элементарных частиц или притчу о жемчужном ожерелье Индры как основу парадигмы бутстрапной модели¹.

Такая ситуация вполне может породить у современного ученого «комплекс концептуальной неполноценности». Действительно, получается странная история. Долгое время развивающаяся наука пользовалась концептуальным наследием древнегреческой натурфилософии (архэ, атомистика, двухуровневая гносеология, аксиоматика и т. д.). В этом не было ничего удивительного, особенно если вспомнить, что развитие современной науки органично связано с эпохой Возрождения, которая рассматривается как возрождение именно античной культуры. Теперь же, когда наука достигла современного уровня развития, многие ее затруднения стали связываться с кризисом традиционных концепций средиземноморской цивилизации². И здесь произошло неожиданное: выход стали искать не только на пути построения каких-то сверхоригинальных, «безумных» идей, но и в обращении к архаичным концептуальным кладовым, мифологическим построениям, древневосточной мудрости и т. д.³ Казалось бы есть все причины

для «комплекса концептуальной неполноценности». Но взглянем на положение дел с более общей точки зрения.

Развитие человеческого познания происходит в соответствии с диалектическим законом отрицания отрицания. Так, представления античной натурфилософии (созвучные классическому естествознанию) во многом явились отрицанием более архаичных мифологических идей и концепций, которые, в свою очередь, могут сыграть эвристическую роль в развитии современного неклассического естествознания. При этом, конечно же, речь идет не о механическом заимствовании современной наукой мифологических конструкций, а о их творческой реконструкции, которая определяется уровнем сегодняшней науки и философии.

Давайте же вспомним, какими сложными путями шло становление представлений о пространстве и времени.

МИФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОСТРАНСТВЕ

В самом общем виде динамику мифологического мира можно раскрыть как переход от Хаоса к Космосу. Хаос является начальной категорией мифологии и начальной состоянием мифологической Вселенной. «Прежде всего во Вселенной Хаос зародился», — свидетельствует Гесиод в своей «Теогонии». Если брать не древнегреческую мифологию (гомерово-гесиодовскую), где мы находим относительно обобщенное понятие Хаоса, за которым стоят представления о бездне, пустоте, океане, бесконечном пространстве, мгле и т. д., а обратиться к более архаичным мифологиям (австралийским, африканским или сибирским), то в них образ первичной неупорядоченной субстанции более конкретен и, как правило, связан с водой.

В более развитых системах происходит трансформация воды в персонифицированные божественные образы (Намму в Шумере, Нун в древнем Египте, Апсу в Вавилоне, Асат в древней Индии и др.). Реминисценции представлений о первичности воды можно встретить и в более поздних космологических текстах, например в натурфилософии Фалеса. И это не удивительно. Для наших далеких предков вода аморфна и бесструктурна: она олицетворяла неопределенное начало, кото-

¹ См., напр.: Сапра Ф.— Amer. J. Phys., 1974, v. 42, № 1, p. 15. Здесь следует учитывать и тот факт, что среди творческой элиты естествознания XX в. присутствует целая плеяда ученых из стран Азии (Б. Боэ, Л. Заде, С. Саката, А. Салам, Ч. Янг и др.), с чьими именами связаны выдающиеся концептуальные завоевания. Эти ученые с детства впитали некоторое глубинное «неевропоцентрическое» мировосприятие.

² Чу Дж. Кризис концепции элементарности в физике.— В кн.: Будущее науки. Вып. 2, М., 1968, с. 51.

³ Однако в физике микромира успех пока пришел не на направлении развития бутстрапной модели, а в результате разработки неабелевой квантовой теории поля (единая теория электрослабых взаимодействий и квантовая хромодинамика).

рое в процессе организации (с помощью тотемных животных, предков, Дике, нуса, идеи, бога и т. д.) трансформировалось в Космос, упорядоченный в пространстве и времени. Но понятие Космоса характеризует зенит мифологии и является ее завершающей категорией. В самых же древних мифологических представлениях мы вообще не встречаемся с идеей мира как единого организованного целого. Здесь относительная упорядоченность принадлежит только родовой территории, окруженной и пронизанной таинственной и зловерной стихией, которую можно вместе с Л. Леви-Брюлем назвать сверхъестественным миром. Силы, действующие в сверхъестественном мире, беспорядочны и не иерархичны — речь идет о текущей множественности с весьма слабо определенными элементами⁴.

Неустойчивый порядок в этом зыбком мире носил не столько природный, сколько моральный и социальный характер — его обеспечивало лишь соблюдение определенных правил и запретов. Здесь, правда, следует учитывать, что в древности вообще не было разделения на природное и социальное — эти аспекты выступали в органическом единстве. Поэтому деление племени на группы определяло деление пространства, а порядок обрядовой церемонии был связан с направлением в пространстве. В такую организацию мира хорошо вписывается современная концепция, связанная с антропическим принципом (Б. Картер, Р. Дикке и др.), постулирующая наличие «биологического» отбора фундаментальных констант, ответственных за специфику и структуру Вселенной.

Следует отметить, что пространство древней мифологической картины мира было сугубо неоднородным. За различные качества разных областей пространства были ответственны соответствующие объекты-тотемы, и тотемные центры на территории племени составляли места с наибольшей «мистической энергией», где пространство обладало максимально благоприятными качествами. За ним шло пространство, включающее территорию племени, также благоприятное, ибо на этой территории похоронены предки, под охраной духов которых оно находится. Поэтому для древних людей пейзаж вообще выступал как запечатленный миф.

Порядок обрядов, табу, жертвоприношений, захоронений и т. д. поддерживал порядок мироустройства на племенной территории. Но этим, собственно, и исчерпывался мир для человека племенной организации. За относительно упорядоченным пространством племенной территории располагалось внешнее пространство, наделенное отрицательными качествами, — на эту область не распространялась защита своих предков и человек оказывался полностью во власти могущественной и зловерной «текущей множественности».

В дальнейшем развитии мифологии мы встречаемся с представлениями о множественности оазисов упорядоченного бытия, за которым стоят более развитые межплеменные связи. Различные области сопричастны друг другу, а зачастую выступают как различные ипостаси одного основного оазиса бытия. Для этой стадии мифологии характерно понимание пространства мира непрерывным «в малом». «В большом» же оно разрывно и много-связно.

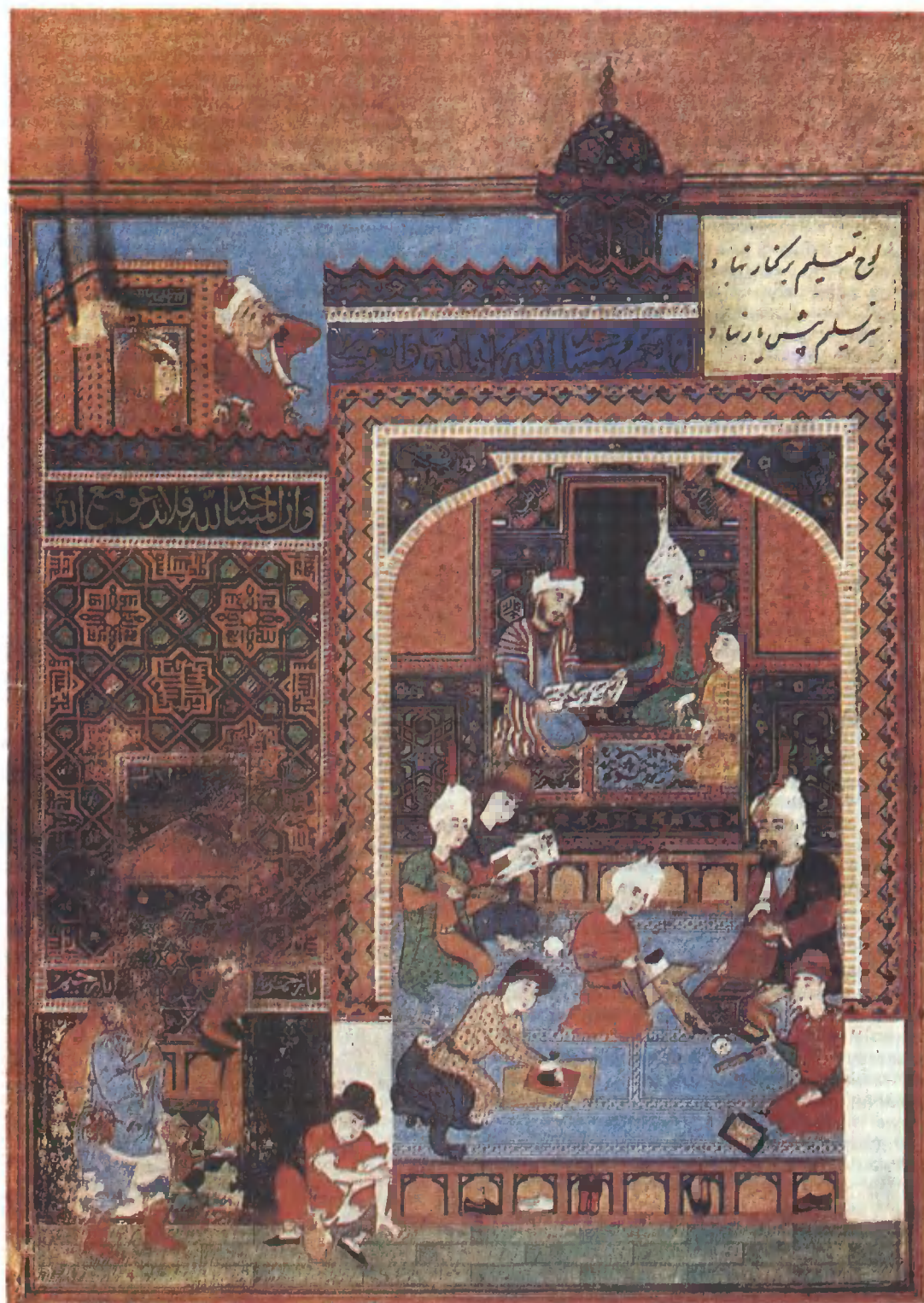
Постепенно мифологический мир приобретает многослойный, многоуровневый характер. Выделяются три основных уровня мира: верхний уровень как мир предков или иных сакральных персонажей, средний уровень как мир людей и нижний уровень как мир мертвых. Подобные уровни объединяются с помощью «мирового древа», креста или медиаторных персонажей (белка, змея, Иисус Христос и др.)⁵. Размножение уровней мира резко возрастает в мифологиях, испытавших влияние буддизма. Такая конструкция является образным аналогом представления о расчлененных пространствах, которые начинают играть очень важную концептуальную и методологическую роль в современной физике⁶.

С развитием древних обществ в мифологиях происходит вытеснение Хаоса как источника зла на далекую периферию. «Текущая множественность» приобретает более упорядоченный вид и выступает как различные зловерные области или уровни мира. Таковы, например, страна инистых великанов, Етунхейм, Утгард в

⁴ Текущая множественность является архаичным прообразом «теории размытых множеств» Л. Заде, вызвавшей большой интерес современных ученых.

⁵ Эта структура повсеместно представлена на мемориальных и культовых памятниках различных стран. См., напр.: Ахундов Д. А., Ахундов М. Д. Культовая символика и картина мира, запечатленная на храмах и стенах Кавказской Албании. Тбилиси, 1983.

⁶ См.: Бернштейн Г., Филлипс Э. — Усп. физ. наук, 1982, т. 136, вып. 4, с. 665.



«В медресе». Азербайджанская миниатюра XVI в.

В исламе «живопись» была запрещена, ибо отождествлялась с «творением», являющимся уделом Аллаха. Однако, допускались изображения на изделиях, которые можно было мять или топтать, например на коврах. Это нашло своеобразное отражение в азербайджанской миниатюре. В ней мир предстает как множество наложенных друг на друга ковров — все персонажи и сюжеты располагаются в зависимости от степени их важности на соответствующих уровнях и соответствующих коврах, которые отличаются по величине, орнаменту, цвету, наличию сакральных надписей и т. д. Неоднородное пространство такого иерархического мира передается с помощью специальной «спиральной перспективы» — она напоминает спиральную дорогу, которая вьется вокруг горы или мирового дерева.



Андрей Рублев. «Троица». 20-е годы XV в. Восточнохристианская средневековая живопись [византийская, древнерусская и др.] в основном представлена росписями храмов и иконами, выполненными нередко в обратной перспективе. Следует учитывать специфику икон, запечатлевших сакральные образы, за которыми стоит единое божество. Соответственно, икона — это «окно», через которое бог смотрит на молящегося в храме. Центр неизотропного пространства находился в храме, на стенах которого как раз и висели иконы. Естественно, что прямая божественная перспектива представлялась человеку обратной.

Рафаэль. «Обручение Марии». 1504 г.

В Западноевропейской живописи эпохи Ренессанса смена архаичных представлений о неоднородном и неизотропном пространстве проявилась в освоении живописцами линейной перспективы [Брунеллески, Леонардо да Винчи, Рафаэль и др.]. Человек Возрождения овладел прямой линейной перспективой, занял центральную позицию смотрящего [занятую раньше богом]. Картина — «окно», через которое человек взирает на мир. Линейная перспектива в живописи выразила специфику дальнейшего развития западного мышления и ознаменовала возникновение необходимого культурного контекста, в котором оказалось возможным рождение естествознания Нового времени (вспомним абсолютное пространство Ньютона). Ренессансная живопись выступает как некая протофизика (характерно, что художники этой эпохи «по совместительству» были естествоиспытателями, архитекторами и философами), которая опосредствует геометрию Евклида и классическую механику.



древнеисландских сагах. В подобные места зла и хаоса ссылались свергнутые и побежденные боги предшествующего поколения: например, такие репрессии были осуществлены Зевсом по отношению к титанам — одних он низверг в Тартар, а героического Прометея отправил на Кавказ.

Модель мира, в которой оазисы упорядоченного бытия помещены в Хаос, сыграла большую роль в становлении античной натурфилософии и послужила (или, более осторожно, могла послужить) основой таких доктрин, как милетская школа, элеатизм, атомистика и др. Античные понятия Бытие и Хаос являются наиболее общими мифологическими прообразами атомов и пустоты; вспомним, что Хаос в древнегреческой мифологии трактовался, в частности, как бесконечное пространство.

ТРАНСФОРМАЦИИ КРОНОСА

Для ранних этапов человеческой культуры было характерно следующее представление о времени: «Первобытное мышление не «чувствует» следующие друг за другом отрезки времени как однородные. Некоторые периоды дня и ночи, лунного месяца, года и т. д. имеют свойство оказывать благотворное или губительное влияние⁷. Здесь мы встречаемся с мистическими окрашенными взглядами допонятийного интеллекта (Ж. Пиаже): каждому изменению сопричастно свое время и взаимосвязь времен довольно слаба. Для высоко развитой мифологии, как уже говорилось, характерна многоуровневая модель мира. Причем, каждому уровню мира присуще свое время, отличающееся такими параметрами, как ритмика, длительность и т. д. Так, камлание шамана может занять несколько часов по земному времени, но он успевает побывать на нескольких уровнях мира, догнать злого духа, вступить с ним в единоборство и победителем вернуться на землю, на территорию своего клана. По «внутренним часам» магического действия могло пройти очень много времени — больше, чем отведено человеку на жизнь. Но дело в том, что путешествовал и сражался не сам шаман, а его нетленный двойник (душа и т. д.). Если тело шамана живет по обыденному земному времени, то душа существует в ином сакральном времени.

В камлании шамана в иные миры отправляется вневременной ингредиент че-

ловека. А сам человек при посещении иных миров? Остается ли он под властью времени своего мира или вырывается из него и живет по времени иной «системы отсчета»? На этот вопрос дает ответ следующий характерный чукотско-эскимосский миф: странник отправляется в далекие иноуровневые страны и по прошествии двух-трех лет возвращается домой. Он застаёт поразительные перемены: дом разрушился от ветхости, а дети превратились в седых стариков — по местному времени прошли многие десятилетия. Увидев своего старого сына, молодой странник падает замертво и рассыпается в прах от ветхости — им овладело земное время. Чем не мифологический прообраз «парадокса близнецов» из теории относительности!

Подобная созвучность с пространственно-временными представлениями теории относительности характерна для многих мифологических концепций. В. Г. Богораз (Тан) усматривает ее источник в том, что «современная математическая физика со всей гениальной сложностью своих математических фигур в конце концов приходит к упрощению и как бы возвращается к полуинстинктивному мироощущению первобытного сознания, еще не искусственного и не спутанного формальной схоластикой номинальной философии⁸. Интересно, что теория относительности действительно ближе к человеческому мироощущению, нежели механика Ньютона, в основе которой лежали абсолютное пространство и время как элементы божественного мироощущения.

В мифологии воплощаются и другие аспекты времени. Например, для нее характерна ориентированность на прошлое, которое как бы предшествует обыденному времени обитания человека и окружающего мира. Мифологический прамир помещается в то время, когда еще не было времени. Оно само еще создавалось.

Специфика мифологического времени этим не исчерпывается: соотношенное с прошлым, оно оказывается вместе с тем настоящим и даже будущим. Для современного человека подобное заявление кажется нелогичным, ибо современный человек исходит при этом из модели линейного времени (хотя на уровне релятивистской космологии уже развиты ориги-

Левин-Брюль Л. Сверхъестественное в первобытном мышлении. М., 1937, с. 41.

⁸ Богораз (Тан) В. Г. Эйнштейн и религия. Применение принципа относительности к исследованию религиозных явлений. М.— Пг, 1923, с. 19.

нальные модели Вселенной с замкнутым временем), а первобытные представления порождены циклическим видением времени. События, происходившие в мифическом прошлом, образуют инвариантную для прошлого, настоящего и будущего структуру. Это дает право К. Леви-Стросу определить мифическое время как проявляющееся в двойственности обратимости и необратимости, синхронности и диахронности⁹.

Структура мифологического пространства и времени в самом общем виде может быть определена следующим образом: время циклично, пространством многослойно и изоморфно. Эвристичность такой структуры оказалась очень высокой. По этому поводу Ю. М. Лотман писал: «Исключительно мощная ориентированность мифологического мышления на установление гомео- и изоморфизмов, с одной стороны, делала его научно плодотворным, а с другой — обусловила периодическое оживление его в различные исторические эпохи»¹⁰.

Колесо времени двигалось из канонизированного прошлого, захватывало завоевания настоящего и через будущее уносило их... в прошлое! Прошлое, хотя и оставалось канонизированным, но претерпевало изменения, ибо аккумулировало достижения первобытного мышления и познания. В своем развитии мифологическое время от архаичной колебательной модели переходит к циклической модели, но на ней не останавливается (циклическое время функционирует в застывших культурах, в культурах с неизменным прошлым), а развивается до модели спирального времени. Распрямление спирали времени в линейную конструкцию характерно уже для последующих форм общественного сознания.

Например, в зрелой античной натурфилософии на смену опоясывающему Землю Океану приходит линейно упорядоченная река времени, которая катит свои воды из прошлого через настоящее в будущее, унося и нас в своем течении из детства в старость. Эту линейную модель восприняло христианство, где присутствуют три сакральных момента времени, которые можно соединить прямой линией — сотворение мира, распятие и

эсхатологический конечный пункт. Однако в христианстве река времени античной натурфилософии потекла вспять: настоящее непрерывно переходит из будущего в прошлое. Будущее как бы просачивается через настоящее в прошлое, оно истощается. Здесь, собственно, образ реки уже не работает, и следует обратиться к образу песочных часов: бог сотворил время («творец и устроитель времени», по Августину) и, отмерив нужное количество, «засыпал» его в верхнее отделение часов — это и есть будущее, которое через отверстие (настоящее) стекает в нижнее отделение, в прошлое. По очертаниям эта модель напоминает световой конус теории относительности, но в современной физике направление течения времени («стрела времени») вновь изменилось и вернулось к античному идеалу — от прошлого к будущему, и конусы прошлого и будущего в науке ничем не ограничены, ибо в современной физике нет уникальных событий типа творения или спасения.

ЗЕМНЫЕ ИСТОКИ СВЕРХЪЕСТЕСТВЕННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ

Развитию социально-политической организации в сторону расширяющихся единых структур (полис, империя) соответствует идея космоса. В поздних мифологиях это выражается в том, что первовремя занято не какими-то тотемными животными или духами, а непосредственно космогенезом. С ростом производительных сил изменилось отношение человека к природе, и особенно его представления о животном мире. Человек начинает противопоставлять себя (и людей иных племен) животному. Если раньше человека с чужой территории можно было просто съесть в качестве манифестации соответствующего тотемного животного, то в дальнейшем такой человек предстает в своей самостоятельной ценности... в качестве раба. Парадоксально, что, по всей видимости, человека открыли в процессе его порабощения. Это открытие дало толчок к антропоморфизации представлений о богах и повлекло за собой развитие противоположных в своем подходе к сверхъестественному миру направлений.

Одно направление связано с идеей о возможности активного воздействия человека на сверхъестественный мир. Собственно, к этой идее приходит и сама мифология на поздних этапах своего развития, когда она приобретает характер героиче-

⁹ Леви-Строс К.— *Вопр. философии*, 1970, № 7, с. 154.

¹⁰ Лотман Ю. М. О мифологическом коде сюжетных текстов.— В сб.: *Сб. статей по вторичным моделирующим системам*. Тарту, 1973, с. 87.

ческого эпоса, где герой пользуется услугами богов, а зачастую вступает с ними в схватку или поступает вопреки божественным предписаниям. В эпосе была развита идея о возможности предвидеть, использовать и даже управлять сверхъестественными силами. Такая деятельность находилась в ведении магии.

Другое направление тоже исходит из четкого разделения мира на естественные и сверхъестественные уровни, но свое отношение к сверхъестественному строит на поклонении и пассивной вере — это религия. Она в своих основных посылках всегда была и останется ненаучной и антинаучной. На ранних этапах своего развития религия выступала в синкретизме с мифологическими, магическими и натурфилософскими представлениями.

Многие теологи и философы религиозных направлений пытаются и теперь отождествить мифологию и религию в надежде, что им удастся таким образом доказать изначальную религиозность человека. Однако мифология и религия при многих точках пересечения (особенно на ранних этапах развития) все же существенно различаются. Критерием такого различия выступает, например, их различная временная ориентированность. Религия требует строжайшей сакральной упорядоченности настоящего, но это не самоцель, а лишь залог для достижения определенных целей в будущем, для достижения определенного будущего. С чем же связывает религиозный человек свои упования? С надеждой выйти из исторического времени! Религия обольщает душу людскую возможностью преодоления времени, ибо блаженные поля Иалу древнего египтянина, нирвана буддиста, рай христианина и джанна мусульманина сопричастны не времени, а вечности! Время есть форма существования мира (возникающая одновременно с ним) между актом творения и эсхатологическим концом. «Небесный град», как он описывается в Апокалипсисе, не имеет нужды ни в солнце, ни в луне для своего освещения. В нем не будет ночи, а в сакральном времени отсутствует отсчет. Ведь именно чередование дня и ночи (солнце и луна), лежит в основе отсчета и измерения относительного времени в обычном мире, а время сакральное сопричастно божеству и выступает как его проявление.

Интересно в этой связи отметить наличие в самых различных религиях представления о мгновенности божественных действий (пробораз абсолютного времени

Ньютона!). Уже в гимнах Амона-Ра читаем: «Мгновенно приходящий издалика к зовущему его»¹¹. Подобное сакральное далекодействие является необходимым атрибутом вездесущего и всемогущего божества, для которого абсолютное пространство наступает в качестве чувствилища (*sensorium Dei*). Вот, например, иллюстрация из ислама: пророк совершает перемещения на ал-Бураке в Иерусалим (исра) и к престолу аллаха (мирадж), когда же он вернулся назад, то обнаружил, что из опрокинутого кувшина не успела вытечь даже капля воды.

Другой аспект божественного далекодействия изложен Сальвати в галилеевском «Диалоге о двух главнейших системах мира...», когда зашел разговор о сравнении способов познания бога и человека: «Итак, те переходы, которые наш разум осуществляет во времени и, двигаясь шаг за шагом, божественный разум пробегает, подобно свету, в одно мгновение; а это то же самое, что сказать: все эти переходы всегда имеются у него в наличии»¹².

Четкое разграничение времени и вечности, в науке выступающее в форме разделения времени на относительное и абсолютное (за которыми, в свою очередь, стоят атрибутивная и субстанциальная концепции), является большим достижением в развитии темпоральных представлений. Это хорошо показано Л. Фейербахом, который указывал, что «сама вечность не что иное, как родовое понятие времени, абстрактное время, время, взятое вне зависимости от временных различий. Неудивительно поэтому, что религия сделала время одним из свойств бога или самостоятельным богом»¹³. Вот почему время (Зрван, Кала, Кронос и т. д.) выступало в роли главного божества во многих древних религиях. Конспектируя Л. Фейербаха, В. И. Ленин писал, что «время вне временных вещей=бог»¹⁴. На этом направлении происходило становление понятия времени как самостоятельно существующей субстанции, мыслимой вне наполняющих ее объектов, событий и процессов.

Здесь следует отметить, что хотя религия безусловно иррациональна, ее метаструктура, схема развятия является рацио-

¹¹ Цит. по кн.: М а т в е М. Э. Древнеегипетские мифы. М.— Л., 1956, с. 29.

¹² Г а л и л е й Г. Диалог о двух главнейших системах мира — птолемеевой и коперниковой. М.— Л., 1948, с. 89.

¹³ Фейербах Л. Избр. филос. произв. М., 1955, т. 2, с. 621.

¹⁴ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 50.

Ранние представления о времени были тесно связаны с образами реки и солнца. Причем речь шла о кольцевой, текущей вокруг Земли реке, что иллюстрирует циклическую модель времени. У древних египтян такой рекой являлась замкнутая система дневного небесного и ночного подземного Нила, по которой непрерывно путешествовал на своих ладьях солнечный бог Ра (Бог Солнца в виде Гора совершает путешествие по ночному Нилу. Погребальный папирус из Египта, XII в. до н. э. Париж, дворец де ля Декуврета). У древних греков эта циклическая река перешла из вертикальной плоскости в горизонтальную и стала опоясывать Землю кольцевым Океаном. (Карта Земли Гекатея Милетского. 546—480 гг. до н. э. Реконструкция Л. А. Ельницкого).

Солнце как символ постоянного природного круговращения изображалось с тремя бегущими по кругу ногами, олицетворяя бег времени от восхода (рождение) и зениту (жизнь) и далее к закату (смерть). Следует обратить внимание на окрыленность солнечных ног, что подчеркивает божественную быстроту бега. [Серебряная драхма. Сиракузы. 317—310 гг. до н. э.] Античность [в лице Аристотеля] уже поднялась до мысли о том, что хотя отсчитывать время можно с помощью любого периодического движения, но, для того чтобы время было универсальным, оно должно быть связано с равномерным и наиболее быстрым движением, т. е. с движением неба. Интересно отметить, что Солнце выступало уникальным метризатором уже у древних египтян, которые рассматривали его как бегуна, которого никто не может догнать. Современная физика внесла поправку — не Солнце, а свет обладает максимальной скоростью в природе и определяет наши представления о времени.

В дальнейшем развитии мифологии и религии произошел естественный процесс десакрализации Солнца. Оно стало выступать как необходимый природный элемент для вычисления времени с помощью солнечных часов, которые используются наряду с часами маятниковыми или песочными; что же касается самого времени, то оно по-прежнему выступало в определенной связи с сакральным миром и изображалось в образе «Отца Времени», который полевает жизнью и смертью. [Ф. Кволис. «Иероглифики». 1638 г.]



нальной, ибо отражает соответствующее историческое развитие общественного бытия и развитие понятийного интеллекта. В частности, Ф. Энгельс, указывал, «что единый бог никогда не мог бы появиться без единого царя, что единство бога, контролирующего многочисленные явления природы, объединяющего враждебные друг другу силы природы, есть лишь отражение единого восточного деспота, который по видимости или действительно объединяет людей с враждебными, сталкивающимися интересами»¹⁵. Поэтому исследование развития религии может помочь нам определить важные этапы на пути эволюции представлений о пространстве и времени. Можно поставить вопрос и наоборот: представление о пространстве и времени выступает одним из плодотворных критериев различения этапов и форм в развитии религии.

Такое исследование представляет безусловный интерес в конструктивной борьбе с религиозным мировоззрением. В частности, в теологии XIX—XX вв. большое распространение получила прамонотеистическая концепция (В. Шмидт, И. Марингер и др.), в которой отстаивалась идея изначальной религиозности человека, верующего испокон веков именно в единое божество. Сама мысль об историческом развитии религии, наличии целой череды различных форм от анимизма через политеизм к монотеизму, является для христианства крайне нежелательной и отсюда протекает усиленные попытки доказать извечную монотеистическую религиозность человека. Ярким примером подобной попытки может служить двенадцатитомный труд В. Шмидта «Происхождение идеи бога»¹⁶. В последнее время прамонотеистическая доктрина обрела «второе дыхание» на африканской почве, где некоторые исследователи (А. Кагаме, Дж. Мбити, Ч. М. Мулаго и др.) пытались доказать изначальную монотеистичность местной религии, которая лишь в искажающем освещении западных ученых предстала в примитивных формах фетишизма, тотемизма и т. д. Однако подобная «христианизация» древних форм африканской религии была расценена как «интеллектуальная контрабанда» и представляет собой еще одну разновидность «комплекса концептуальной неполноценности».

Претензии идеологов прамонотеистической доктрины получают весомые опровержения со стороны представителей современной науки. В частности, А. П. Окладников показал, что эта концепция находится в противоречии с данными современной археологической науки¹⁷. Анализ пространства и времени в эволюции религиозной картины мира совершенно четко свидетельствует, что монотеизм является не изначальной формой религиозного мировоззрения, а, наоборот, его конечным продуктом. Поразительно, но факт: для религии представляет опасность ее собственная история!

ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ НА РАННИХ ЭТАПАХ ЭВОЛЮЦИИ РЕЛИГИОЗНОЙ КАРТИНЫ МИРА

На первых этапах человеческой истории отношение людей к пространству и территории было обусловлено не только специфической жизнедеятельностью (собирательство, охота, земледелие и т. д.), но и примитивными мистическими и религиозными представлениями, в основе которых важную роль играл феномен смерти. Уже неандертальцы производили захоронение членов своего коллектива, что свидетельствует, по нашему мнению, о возникновении представлений о возможной активности человека после его смерти. Умершего пытались умиротворить, чтобы он не был зол на оставшихся в живых и не мстил им. Люди предпочитали покинуть стойбище, чтобы избежать зловерных действий души умершего (для верности можно было «заземлить» ее осиновым колом). Смерть разрывала связь первобытного коллектива с территорией обитания.

С развитием человеческого общества, с формированием таких структур, как род, община и семья, постепенно изменяется и отношение к душам мертвых — они трансформируются в духов предков, которые продолжают быть могущественными силами на родовой территории, но они уже не зловерны изначально для членов рода (а лишь для нарушителей заветов). Лишь на территории рода человек находился под защитой духов предков (земля отцов, мать-земля, отчизна, родина и т. д.). Родовое про-

¹⁵ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 27, с. 56.

¹⁶ Schmidt W. Der Ursprung der Gottesidee. Bd. 1—12. Münster 1912—1955.

¹⁷ Окладников А. П. Проблемы генезиса религиозной формы сознания в свете современных открытий археологической науки. — В кн.: Вопросы научного атеизма. Вып. 20. М., 1976, с. 30.

странство оказывается для человека сакрально уникальным: на нем похоронены предки и возможна инкарнация (возрождение, воплощение) после смерти. Соответственно, страшна была не сама смерть, а смерть на чужбине, ибо она подчеркивала надежды на будущую жизнь. Однако когда в жизнь многих народов вошло такое зло, как колониализм и работорговля, начало постепенно изменяться и отношение к смерти на чужбине, она иногда стала рассматриваться как способ возвращения души человека в пространство рода, где ее ждала очередная инкарнация.

Империи эпохи рабовладения были нестабильными, их часто сотрясали восстания поработенных народов, которые подавлялись со страшной жестокостью, причем нередко захватчики прибегали к крайним мерам — к пространственным трансформациям. Можно выделить три формы таких трансформаций: 1) изъятие восставшего народа из сакрального пространства, 2) десакрализация самого пространства, 3) сакральная «перенормировка» пространства¹⁸.

История знает немало примеров переселения целых народов. Потом стали переселять самого бога и тем самым десакрализировать территорию восставшего народа. Так были наказаны Ксерксом восставшие вавилоняне: разрушили главный храм Эсагилу, а статую бога Мардука увезли в Персию.

Можно указать и случаи, когда десакрализованное пространство затем было сокращено с помощью бога завоевателей. Например, в 168 г. до н. э. чиновники Антиоха IV осквернили Иерусалимский храм и уничтожили жертвенник Яхве, а на его место водрузили алтарь Зевса Олимпийского, что дало толчок к восстанию народных масс против селевкидов.

Подобные «пространственные трансформации» ставили новые проблемы перед человеком и способствовали развитию его представлений о пространстве, времени и окружающем мире. Первым шагом на этом пути было абстрагирование бога от духа предков, что вело к представлению о мире как множестве локальных и конечных пространств, находящихся в ведении соответствующих богов.

Человеку был открыт путь в широкий мир, лежащий за пределами родовой территории: попадая на новые места, необходимо поклоняться местным богам. В представлениях о богах произошло абстрагирование и от их родовой принадлежности — это уже не могучие «родственники», а владыки территории и всего живущего на ней.

Этот путь вел к политеизму, столь характерному для объединенных держав. В столице империи устанавливался, как правило, пантеон, в котором были представлены боги от различных стран и народов. Подобная единая империя существовала в сакрально неоднородном и неизотропном пространстве. Естественно, для укрепления империи необходимо было перейти к сакрально однородному пространству. Переход от политеизма к монотеизму шел по пути выделения главного божества и низведения остальных богов либо к порождениям, либо к ипостасям главного. Например, буддизм Махаяны включил в свой пантеон многих богов предшествующих религий Индии — все они оказываются приверженцами Будды и почитают его, а в индуизме пошли еще дальше и представили Кришну как воплощение всех других богов¹⁹.

Между политеизмом и монотеизмом лежит целая лестница промежуточных форм. Например, в Египте и Куше верховным богом был Амон, однако в каждом городе был свой Амон: Амон Напатский, Амон Фиванский и др. Здесь мы имеем некий «амонистический принцип относительности», который задает одну из переходных форм религий.

В централизованном монотеизме присутствует представление о едином пространстве. Так, иудейский бог распространял свое могущество на различные страны. Он, например, приходил на помощь к своим адептам, брошенным в пылающую печь в Вавилоне за отказ поклоняться местным богам. При этом в пространстве существует центр, из которого устремляется мощь бога в мир, — это храм в Иерусалиме, в сторону которого молятся верующие, находясь вдали от родины. Аналогично мусульмане молятся, обратив лицо к Каабе, — это определяет строгую пространственную ориентацию мечетей, в которых кыбла обязательно направлена к Мекке.

¹⁸ Ахундов М. Д. Концепция пространства и времени: истоки, эволюция, перспективы. М., 1982, с. 71.

¹⁹ Бонгард-Левин Г. М. Древнеиндийская цивилизация: философия, наука, религия. М., 1980, с. 289.

Лишь в чистом монотеизме (например, в христианстве) мы имеем сакральное однородное и изотропное пространство, на которое распространяется действие единого бога. Собственно сакральное пространство выступает в этом случае в роли чувствилища вездесущего бога.

Если в относительном и центрированном монотеизме речь может идти о конечном пространстве (пространстве страны или стран), то в абсолютном монотеизме мы встречаемся с представлением о вселенском боге, которому соответствует бесконечное пространство. Идея всемогущего и вездесущего бога не может сочетаться с признанием конечности пространства, ибо, как писал Л. Фейербах, «конечность и ничтожество — понятия тождественные: конечность есть только эвфемизм для ничтожества»²⁰. Соответственно в христианстве имеются две картины мира (сакральная и светская, абсолютная и относительная). Христианский космос геоцентричен. Догматизировав перипатетическую философию, христианская теология догматизировала и модель космоса Аристотеля — Птолемея, тем более что она хорошо согласовывалась с идеей антропоцентризма. Но это всего лишь теологическая модель светского мира, в котором всходит и заходит Солнце, ведя отсчет времени. Это мир во времени. Что же касается сакрального мира, то он сопрячен вечности. Сакральный мир — синоним бога, который, вездесущий и всемогущий, существует в однородном, изотропном и бесконечном пространстве и в абсолютном бесконечном и неметризованном времени — вечности.

Эта картина мира являет собой конечный пункт религиозного развития: она дала толчок к развитию пантеизма (Эриугена, Николай Кузанский, Дж. Бруно и др.), который не только вел к материализму, но местами соприкасался и с атеизмом²¹. Это, в свою очередь, способствовало развитию рационального познания мира, которое продемонстрировало несостоятельность теологической картины светского мира (коперниковская революция). Что же касается концепции абсолютного и относительного пространства и времени, то она была очищена от религиозной семантики и вошла в основы механической картины мира.

«КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ФОНД» ЗЕМЛИ

Развитие современной науки дает интересные примеры диалектики заимствования и новаторства: современный ученый заимствует из древней мифологии такие концепции, структуры и модели, о существовании которых сами творцы мифологии не только ничего не знали, но и принципиально не могли знать. В результате подобного реконструктивного заимствования появляется новая оригинальная идея, которой не было ни в древней мифологии, ни в современной науке — эта идея является плодом их творческого синтеза. В этом процессе происходит консолидация интеллектуальных усилий людей всех стран и эпох, как бы далеко они ни отстояли друг от друга в пространстве и во времени.

В «концептуальном фонде» (как и в генофонде) Земли все элементы значимы и важны. Это символично: развитие современного и будущего естествознания оказывается в зависимости не только от миллиардных капиталовложений индустриально развитых стран, не только от создания высокоэнергетических коллайдеров на встречных пучках или могучей космической техники, но и, например, от того, насколько нам удалось сохранить архаичные представления о природе безжалостно истребленных аборигенов Тасмании или от того, насколько адекватно нам удается интерпретировать брахманическую прозу.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Бом Д. СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ. М.: Мир, 1967.

Гуревич А. Я. КАТЕГОРИИ СРЕДНЕВЕКОВОЙ КУЛЬТУРЫ. М.: Искусство, 1984.

Раушенбах Б. В. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ПОСТРОЕНИЯ В ЖИВОПИСИ. М.: Наука, 1980.

Мелетинский Е. М. ПОЭТИКА МИФА. М.: Наука, 1976.

МИФЫ НАРОДОВ МИРА. Т. I, II. М.: Советская энциклопедия, 1980, 1982.

Кесседи Ф. Х. ОТ МИФА К ЛОГОСУ. М.: Мысль, 1972.

Аверинцев С. С. ПОЭТИКА РАННЕВИЗАНТИЙСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ. М.: Наука, 1977.

Лихачев Д. С. ПОЭТИКА ДРЕВНЕРУССКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ. М.: Наука, 1979.

²⁰ Фейербах Л. Цит. соч., т. 2, с. 35.

²¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 7, с. 370.

На пути к единой науке о человеке

И. Т. Фролов



Иван Тимофеевич Фролов, член-корреспондент АН СССР, председатель Научного совета при Президиуме АН СССР по философским и социальным проблемам науки и техники. Работает над проблемами методологии, теории познания, социологии и этики науки, над философскими вопросами биологии. Монографии: Очерки методологии биологического исследования. М., 1965; Генетика и диалектика. М., 1968; Методологические принципы теоретической биологии. М., 1973; Современная наука и гуманизм. М., 1974; Прогресс науки и будущее человека. М., 1975; Диалектика и этика в науке о жизни. М., 1978; Перспективы человека. М., 1979 (второе переработанное и дополненное издание этой книги вышло в 1983 г.); Жизнь и познание. М., 1981; О смысле жизни, о смерти и бессмертии человека. М., 1985. Неоднократно печатался в «Природе».

Существует некий трагический парадокс современной научно-технической цивилизации: над человеком нависла смертельная угроза самоуничтожения, он может в любой момент исчезнуть с лица Земли, что будет **противоестественно** для человека разумного. С другой стороны, человек сам, своим разумом создал эту противоестественную ситуацию, а теперь начинает все острее осознавать необходимость «высокого соприкосновения» разума с самим собой, **разума**, соединенного с гуманностью, т. е. необходимость **мудрости**. Человек все больше начинает обращаться к себе самому, становиться не только субъектом, но и главным объектом познания.

И теперь (в какой уж раз!) наступает, по-видимому, «звездный час» для философии. И не только потому, что именно она во все времена имела главным объектом своих поисков человека, исследовала безграничный мир человека в столь же безграничном мире его отношений и состояний, включая природные, социальные и нравственные. Философия, эта любовь к мудрости, получила еще одну возможность соединить науку и гуманистические идеалы, исходя из принципа, что человек, если перефразировать известное изречение Протагора, — «мера всех наук». Но она не просто «дополняет» науку в этом отношении, а дерзает сделать большее —

объединить различные науки, так или иначе изучающие или просто касающиеся человека, в единый комплекс, чтобы создать единую науку о человеке. Более того, философия как ближайшую задачу ставит объединение науки и искусства в познании человека, что, естественно, по-новому определяет характер и постулируемой единой науки о человеке, заставляя задуматься над тем, действительно ли здесь речь идет о науке в традиционном смысле. Правда, еще Л. Н. Толстой, так резко высказывавшийся о «научной науке», говорил, что он посвятил себя служению «науке о том, как жить людям друг с другом».

С точки зрения сложившихся стереотипов в рамках имеющейся «научной рациональности», обозначенные выше претензии и амбиции философии могут выглядеть либо чистейшим утопизмом, либо очередным, но по-новому закамуфлированным иронизированием над ней. Ни то, ни другое ее, разумеется, не устраивает, а главное — не соответствует действительности. Да, сегодня может начаться подлинный Ренессанс философии, поскольку терпит крах гипертрофированная «научная рациональность», доведенная до предельных форм редукционизма и структурализма и истощенная ими. Самые крупные научные достижения последних десятилетий, включая новую технологию, обязаны им. И самое круп-

ное за всю историю стратегическое поражение научного познания (а именно так оценивается его «человеческий разрыв», о котором шла речь выше) явилось результатом односторонней методологии редукционизма и структурализма. Последние исследуют все, причем по большей части выражают знание математически, но они не ориентируют его на **целостное** видение мира, мировоззренческое понимание **сущности** и **человеческого** значения получаемого с таким трудом знания.

Это в той или иной степени относится и к познанию человека, вращающемуся сегодня между крайностями «чистого» антропологизма, вулгарного, «выпаренного» социологизма и прямолинейного социал-биологизма с его односторонней, редукционистской методологией. И опять на память приходят слова Ф. М. Достоевского: «Человек есть тайна. Ее надо разгадать, и ежели будешь ее разгадывать всю жизнь, то не говори, что потерял время...» Это высказывание нашего великого человековеда может показаться кому-то и экстравагантным, и «ненаучным», хотя в нем заключена глубокая мудрость и **предостережение**. Ведь если почитать иных современных авторов, обращающихся к проблеме человека, то может создаться впечатление, что главное здесь позади, и мы ответили не только на вопрос «что такое человек?», но и четко представляем себе, каким он будет в обозримом будущем. Между тем более внимательные размышления убеждают в обратном: мы находимся в познании человека **лишь в самом начале пути**, и тайна его во многом так и остается тайной...

Наука, включая философию (если можно ее сюда включить), наращивает свои усилия, чтобы разгадать эту тайну. Но для этого нужна адекватная методология: **диалектически противоречивая** природа человека, в которой парадоксально соединяются дух и материя, разум и инстинкты и пр., требует именно **диалектической** методологии. Поэтому **диалектика развития** и **познания** человека — основная задача для постижения науки и философии. Ее можно решить не просто с помощью так называемого комплексного подхода, который, к сожалению, еще никто пока не обозначил конкретно и реально. Но именно в рамках единой науки о человеке — **антропологии в широком смысле**, включая и философскую антропологию, которая при всех ее явных недостатках и ограниченностях ближе всего, однако, подошла к представлению о **целостном человеке** как главном

объекте познания, к выявлению его диалектической природы.

Говоря о диалектико-материалистической методологии познания человека, следует отметить, что первое, с чем мы здесь сталкиваемся, — это необходимость **материалистического** подхода, исключающего рассмотрение человека со стороны только его идеальных, духовных качеств. Другим важным моментом является понимание человека не в его натуралистическом (биологическом и пр.) виде, а как части **общественного** организма, имеющего свои специфические законы. Наконец, важным для научного анализа проблемы человека является **принцип историзма**, выражающийся в том, что мы видим, как человек постепенно **становился** человеком, как он **развивался** в ходе социального прогресса и каковы его **перспективы**. Такой научный подход к человеку и означает диалектико-материалистический анализ его развития. Он включает в себя также понимание специфики взаимодействия социальных и биологических факторов развития человека, материальных и идеальных сторон его жизнедеятельности, нравственных особенностей его как личности.

Диалектика развития человека предстает поэтому как самая последовательная, до конца научная методология, позволяющая объяснить не только прошлое человека, его историческое происхождение, но и настоящее и будущее рода человеческого. Ключом к научному пониманию диалектики развития человека является марксистское понимание его **социальной сущности**. К. Маркс впервые в истории сформулировал тезис о том, что сущность человека «не есть абстракт, присущий отдельному индивиду. В своей действительности она есть совокупность всех общественных отношений»¹. И это позволило подорвать основы антропологизма и органично соединить проблематику человека, который рассматривается в этом антропологизме в абсолютизированной, «атомарной» форме, сопровождаясь абстрактно-философским или биосоциальным редукционизмом, с материалистическим пониманием истории, теорией революции и учением о социализме и коммунизме, характеризующем Марксом как истинно человеческое общество, в котором человек находит адекватные своей сущности социальные формы реализации и развития.

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 42, с. 265.

Ф. Энгельс научно доказал в работе «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека», что именно трудовая деятельность есть «первое основное условие человеческой жизни, и притом в такой степени, что мы в известном смысле должны сказать: труд создал самого человека»².

Таким образом, в марксизме была найдена движущая сила процесса становления и развития человека, которая относится не только к его историческому, но и индивидуальному существованию, формированию человека как личности. Однако подчеркивая общественные, социальные факторы индивидуального и исторического развития человека, марксисты исходят при этом не из некоего стандарта личности, который предполагает абсолютное равенство способностей и проявлений индивидуальности. Такое «равенство способностей или одинаковость физических сил и душевных способностей людей» В. И. Ленин, как известно, категорически отрицал. Он подчеркивал, что «в этом смысле люди не равны» и что «когда социалисты говорят о равенстве, они понимают под ним всегда общественное равенство, равенство общественного положения, а никоим образом не равенство физических и душевных способностей отдельных личностей»³. Последнее существует в виде определенных «затраток», но для их реализации и развития также необходимы определенные **общественные условия**.

Этот вопрос сегодня, к сожалению, очень часто становится предметом многочисленных абстрактно-схоластических домыслов, не учитывающих именно **диалектику**, в частности социального и биологического в человеке, их соотношения с высокими нравственно-этическими факторами, играющими столь важную, а во многих случаях — решающую роль в человеческом бытии. Однако они по большей части не учитываются редуccionистской методологией в науках о человеке, включая философскую антропологию. Не учитываются и более широко понимаемые духовные, творческие силы человека как целостного существа. Между тем их значение многогранно. Ведь человек отдает в своем творчестве такой заряд духовной энергии, который оказывает обратное воздействие на его жизнь, трансформируя ее в новое качество и придавая ей также но-

вые формы длительности, большие или меньшие — это зависит от величины заряда духовной энергии творчества.

В сложной совокупности всех этих факторов — материальных и духовных — человек и предстает как некоторая **диалектически изменяющаяся целостность**, которая должна быть зафиксирована в научном познании. Над этим трудится в настоящее время все расширяющийся круг ученых и философов, причем, например в «Большой медицинской энциклопедии» делается попытка даже завершить издание (т. 29) обзорной монографической статьей «Человек», дающей целостное представление о нем. Проводятся конференции и симпозиумы по комплексному изучению человека, обсуждается идея создания Института человека. И хотя до цели еще далеко, важно знать, с чем мы сталкиваемся на пути к единой науке о человеке и какова здесь роль диалектико-материалистической философии. Далее я попытаюсь обозначить свое понимание этой проблемы, как оно было выражено мною, в частности, в ряде моих докладов и выступлений на разного рода конференциях и симпозиумах, посвященных комплексному изучению человека, а также в книге «Перспективы человека» (М., 1983).

*

В познании человека и его будущего перед научной философией, мне представляется, стоит сегодня **триединая задача**. Философия способствует прежде всего постановке новых проблем на «стыке» разных наук и сфер человеческой культуры. В этом заключается ее интегративная, синтетическая функция. Философия выполняет, далее, свою критическую (т. е. аналитическую, исследовательскую) функцию в широком значении этого слова. Эта функция может быть охарактеризована также как методологическая, связанная с критикой (анализом) путем познания и действия, его методов и логических форм. Наконец, все большее значение в современных условиях приобретает ценностно-регулятивная, аксиологическая функция философии, состоящая в соотношении целей и путей познания и действия с гуманистическими идеалами, в их социально-этической оценке.

Научная философия исследует прежде всего сущность человека, общие закономерности его становления и развития, его цели и идеалы, а также пути к ним. Она показывает опосредствование и преобразование природно-биологического со-

² Там же, т. 20, с. 486.

³ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 24, с. 361, 364.

циальным, единство сущности и существования человека в его развитии, диалектику индивидуального и исторического развития человека как присвоения и воспроизведения социокультурного опыта человечества, «абсолютное движение становления» человека, «развитие богатства человеческой природы как самоцель» (К. Маркс). Научная философия является поэтому своеобразным «интегратором» знаний о человеке. Она соотносит эти знания с общими социальными целями, перспективами развития человечества. И эта функция ее приобретает особое значение в современных условиях.

Комплексный подход к проблеме человека, предполагающий особую роль научной философии, реализуется в ходе обращения к анализу сущности и существования человека, антропосоциогенезу и истории человечества, к развитию его цивилизации в связи с процессами НТР, глобальными проблемами, в частности экологическими и демографическими, к биологии и генетике человека, к анализу его психофизиологических возможностей и путей их реализации в ходе обучения и воспитания, развития творческих способностей человека, проявляющихся в разных формах материальной и духовной деятельности, его социальной реализации как личности, наконец, к беспредельному миру его нравственной жизни, гуманистическим принципам всей системы человеческой деятельности, культуры и наук о человеке.

Это позволяет, как я думаю, правильно ставить и решать вопрос о самом смысле человеческого существования, возможностях увеличения продолжительности жизни, о смерти и бессмертии человека, причем не только в их биологическом, но и социально-этических, гуманистических аспектах. Изменяются ли и в каком направлении философские оценки этих проблем и как это скажется на перспективах человека еще и в связи с его выходом в космос и поисками внеземных цивилизаций, как повлияет все это на самосознание личности сегодня и в будущем?⁴ Ответ на эти вопросы мы можем получить

⁴ Ф. М. Достоевский в «Дневнике писателя» хорошо подчеркнул специфически человеческое видение подобных проблем. Вспоминая, как гетевский Вертер, прощаясь с жизнью, жалеет, что больше не увидит прекрасного созвездия Большой медведицы, Ф. М. Достоевский пишет: «Чем же так дороги были молодому Вертеру эти созвездия? Тем, что он создал каждый раз, созерцая их, что он вовсе не атом и не ничто перед ними, что вся эта бездна таинственных чудес божьих вовсе не выше его мысли, не выше его сознания, не

только с позиций нового (реального) гуманизма, обращаясь к научной философии человека, его жизни, смерти и бессмертия. Иначе говоря, при всей важности непосредственного исследования проблем жизни и смерти человека (проектов его перестройки в будущем и т. п., скажем, в рамках биологии) мы не решаем полностью основной вопрос — для чего все это нужно, если обращаемся только к природно-биологическому существованию человека. Поскольку же человек как общественное существо выходит за рамки своего биологического существования, решение этого основного вопроса также должно покинуть сферу непосредственного исследования жизни и смерти человека в их биологическом значении и обратиться к философии, где биологический и социальный смысл жизни и смерти человека, его будущего как биосоциального существа получает свое истинное определение в качестве некоторого диалектического единства.

Конечно, вряд ли можно согласиться с Жаком Моно, который говорил о врожденной у человека, записанной где-то на уровне генов, тоске по смыслу жизни. Цель и смысл индивидуальной человеческой жизни тесно связаны с общими социальными идеями и действиями определяющими цель и смысл человеческой истории, общества, в котором человек живет, человечества как целого, его предназначение, а значит — ответственность на Земле и во Вселенной. Это четко очерчивает границы того, что может и что не может ни при каких условиях делать на индивидуальном и социальном уровнях человек и человечество. И это определяет то, как, какими средствами могут или не могут они добиваться своих целей, даже если последние представляются высокими, нравственными.

Однако, если человек руководствуется в своей жизни определенными нравственными целями и использует в их достижении адекватные им средства, он знает тем не менее, что не всегда и не во всех случаях он может добиваться желаемого результата, который в нравственных категориях обозначался во все времена как **добро, правда, справедливость...** И значит, жизнь его — единственная и неповтори-

выше идеала красоты, заключенного в душе его, а, стало быть, равна ему и родник его с бесконечностью бытия... и что за все счастье чувствовать эту великую мысль, открывающую ему: кто он? — он обязан лишь своему лицу человеческому». Достоевский Ф. М. Полн. собр. соч. М., 1981, т. 22, с. 6.



Х. Рибера (1591—1652). Диоген с фонарем. 1637 г. По преданию, живший в IV в. до н. э. греческий философ Диоген из Синопа бродил днем с фонарем. На вопрос, что это значит, он отвечал: «Ищу человека». Рибера, однако, выходит за рамки буквального содержания легенды. В его картине Диоген пристально смотрит в глаза зрителю, направляя на него свой фонарь и как бы вопрошая: «А человек ли ты сам!»

мая — «уравнивается» с теми, кто творит зло, ложь и несправедливость?

Вопрос этот тем более значим, что жизнь каждого человека не бесконечна, она обрывается смертью, так что же — теряют смысл все определения ее в нравственных категориях добра и зла, правды и лжи, справедливости и несправедливо-

сти? Все проходит в человеческом бытии и все «уравнивается» в небытии? Люди всегда искали выхода из этого удручающего противоречия, которое, казалось, должно взорвать все нравственные основы человеческого бытия. И находили его то в религиозном постулате о «бессмертии души» и «загробном воздаянии», то в представлениях об «абсолютном разуме» и «абсолютных моральных ценностях», создающих якобы основу нравственного существования человека.

Всем этим испокон веков занималась религия, затем (и наряду с ней) идеалистическая философия, пока, наконец, не пришло время науки и основанной на ней материалистической философии, и они все более властно вторгаются в сферу «вечных»

вопросов человеческого бытия — в смысл жизни, смерти и бессмертия. Союз науки и материалистической философии призван дать мудрые и реальные ответы на эти «вечные» вопросы, которые и составляют то, что можно было бы назвать в подлинном смысле **нравственной философией человека, научным, реальным гуманизмом.**

Нравственно-философская, социально-этическая, гуманистическая проблематика имеет особое значение в научном познании человека. На мой взгляд, мы идем к принципиально **новому типу науки**, когда говорим о комплексе наук о человеке или о какой-то единой науке о человеке. И принципиальное отличие этого типа науки от всего того, что мы знали до сих пор, заключается в той роли, какую играют в нем социально-этические, гуманистические, даже в некоторых случаях юридические, законодательные установления, касающиеся пределов допустимого или недопустимого экспериментирования на человеке, всякого рода психирургических операций, некоторых исследований мозга, человеческого генотипа и т. д. Т. е. мы можем себе реально представить эту науку таким образом, что уже не вне ее существуют некоторые запреты, ограничения, правила экспериментирования и т. д., и не просто в каких-то последующих технологических применениях, а в самой структуре этой науки содержатся ценностные, нравственно-этические, гуманистические принципы, которые, по-видимому, будут играть все большую регулирующую роль в самом процессе познания человека. Подобные принципы органично включаются в само «тело» науки и не могут рассматриваться как что-то внешнее по отношению к ней.

Это и делает построение такой науки гораздо более сложной задачей, чем все то, что было создано в истории познания. Здесь мы видим не просто чисто количественное усложнение проблематики, но и возникновение нового качества, которое заключается в том, что в каком-то смысле преобразуются некоторые фундаментальные основы, на которых строится современная наука.

Всякая наука, руководствующаяся принципом объективности, ставит перед собой цель познания истины, причем оценка путей ее достижения не имеет существенного значения. Что же касается науки о человеке, которая также руководствуется принципом объективности, то в ней на первый план во многих случаях выдвигается именно вопрос об оценке этих путей, оценке средств, с помощью которых достигает-

ся объективная истина, вообще об оценке того, для чего необходимы те или иные манипуляции с человеком (например, с его генотипом, мозгом и т. д.). Следовательно, в отличие от традиционных наук о природе, здесь мы можем даже на нынешней стадии раздробленности наук о человеке говорить о доминирующем значении не непосредственных целей познания, а ценностно-регулирующих факторов, которые могут в ряде случаев закрывать, делать невозможным чисто научный поиск, чего мы не наблюдаем в других науках.

Эту идею хотелось бы со всей силой подчеркнуть, хотя я ее не буду детально расшифровывать — это сейчас широко известно, и мне самому в последние годы приходилось публиковать много работ по ценностно-гуманистической проблематике, в том числе и на страницах журнала «Природа»⁵. Я хотел бы остановиться на другом. Ни одна наука не рождает сейчас столько «сопутствующих» измышлений, основанных во многих случаях на невежестве, на непродуманности, на непонимании того очевидного факта, что человек — это бесконечно сложный объект, и мы находимся еще в самом начале пути его познания. Поэтому тем, кто сейчас занимается этими проблемами более широко, может быть, даже с использованием каких-то литературных источников, я бы посоветовал написать сочинение, следуя Эразму Роттердамскому, под названием «Похвала ученой глупости». Можно было бы в нем собрать ярчайшие образцы сциентистски самодовольной глупости и показать, какую негативную роль она играет и в отношении самой науки, поскольку если уже она проявляется здесь, то, выражаясь словами А. Блока, как «всему венец... безысходна, величава, бесконечна...».

Возьмем, например, все, что связано с проблемой соотношения социальных и биологических факторов в развитии человека. Сколько изобретается сейчас различного рода проектов, например, о необходимости использовать новые резервы человека, в частности психофизиологические, резервы его генотипа и т. д. И при этом даже в работах серьезного плана очень мало обсуждаются проблемы эτικο-гуманистического порядка, в частности о том, как надо быть осторожным и мудрым в этих вопросах. Ведь если это резервы, то, может быть, они и существуют для того, чтобы

⁵ См., напр., мою статью: Социология и этика познания жизни и человека. — Природа, 1982, № 9, с. 29.

быть резервами организма? К чему приведет манипулирование с генотипом, с мозгом человека? Это может вызвать необратимые для человека и человечества раскоординирования, которые закончатся для них трагически. Такое манипулирование представляет сейчас тем большую угрозу (если здесь можно делать какие-то сравнения), что в планируемых способах нового ведения войны предполагается использовать оружие, которое может быть создано путем технологического применения, например, генной инженерии и т. д.

Обращаясь к человеку, исследованию его ресурсов, в том числе психофизиологических, обращаясь к проблематике экспериментирования на человеке, необходимо, как считают многие ученые, создать новый этос, соответствующий тому уровню развития наук (в частности, науки о человеке), который только-только начинает обозначаться. В этом смысле, может быть, мы и сами в недостаточной степени исследуем то, что следует из соединения социальных и социально-этических факторов с «чистым» познанием. Да и существует ли последнее в таком именно виде?

Я не буду повторять ставшие известными истины, которые относятся к этому предмету, но я хотел бы обратить внимание на то, что, может быть, мы в наших дискуссиях недостаточно строго относимся ко многим новым квазиидеям и предложениям, которые здесь делаются. В том числе я имею в виду недостаточно оцененные, но и недостаточно разработанные в критическом плане концепции, которые были выдвинуты совсем недавно под названием новой науки — «социобиологии». Почему-то все наши обсуждения, касающиеся детерминации высших качеств человека генетическими факторами, эволюционно-генетических предпосылок этих высших человеческих качеств, обходят все, что выдвигается социобиологией. Я уже писал об этом, но мне кажется, что мы недостаточно используем тот набор фактов, которыми располагает социобиология в ряде до крайности доведенных идей, которые выражены, например, в работе Ч. Ламсдена и Э. Уилсона «Гены, разум и культура», содержащей попытку вывести даже различия культур из некоторых эволюционно-генетических предпосылок⁶.

В последней работе этих авторов «Прометеев огонь. Размышления о происхождении разума» по-прежнему утверждается, что культура создается и определяется биологическими процессами, в то время как биологические процессы одновременно изменяются в ответ на те изменения, которые происходят в культуре⁷. Это — уже какой-то «социальный ламаркизм», хотя авторы постоянно говорят о своей приверженности дарвинизму.

Ч. Ламсден и Э. Уилсон также обсуждают пути к новой науке о человеке, и делают они это прямо противопоставляя свои социал-биологизаторские взгляды марксизму, оспаривая, в частности, основополагающий тезис марксистской философии о первичности бытия и вторичности сознания, отрицая социальную сущность человека. Они договариваются до того, что якобы «традиционный марксизм» рассматривает разум в качестве объекта, лишённого биологической структуры, что вообще «социалистическая утопия» не принимает в расчет биологию. Между тем, по их мнению, новая наука о человеке, должна интерпретировать исторический процесс как результат взаимодействия биологии и культуры, как «генно-культурную коэволюцию». В результате этого можно будет создать «социальную науку, свободную от ценностной ориентации, подлинно объективную науку»⁸.

Принципы, на которых должна строиться новая наука о человеке, могут быть сведены, по их мнению, к следующим:

все сферы человеческой жизни, включая этику, имеют в качестве физической основы человеческий мозг и являются частью биологии человека; ни одна из этих сфер не может быть исключена из области применения методов естествознания; умственное развитие обладает более сложной структурой, нежели это представлялось раньше; большинство или все формы восприятия и мышления определяются процессами в мозгу, которые генетически запрограммированы;

структура умственного развития складывалась на протяжении жизни многих поколений людей под действием особой формы эволюции (генно-культурной коэволюции), в ходе которой гены и культура изменяются совместно;

⁶ Lamsden Ch., Wilson E. *Genes, Mind and Culture*. L., 1981.

⁷ Lamsden Ch., Wilson E. *Promethean Fire. Reflections on the Origin of Mind*. Cambridge — London, 1983.

⁸ Ibid., p. 117—118.

влияние генов, даже если оно и велико, все же не исключает свободы воли; на самом деле имеет место нечто противоположное: оказывая через эпигенетические правила влияние на культуру, гены создают и поддерживают возможность сознательного выбора и принятия решений;

предрасположенность к чему-либо возникает в результате взаимодействия особого рода генов и окружающей среды; такого рода предрасположенность может быть изменена в случае, если мы будем обладать о ней соответствующей информацией;

различные этические нормы основаны на предрасположенностях и могут быть изменены;

результатом создания подлинной науки о человеке могла бы явиться возможность социального экспериментирования, затрагивающего самые глубокие основания человеческих мотиваций и моральных суждений.

Таким образом, мы видим здесь не только ложно формулируемые принципы «новой науки о человеке», но и ее манипуляторские притязания и амбиции, не имеющие этических регулятивов, так как «социобиология» сама определяет их. Разумеется, все это вряд ли открывает нам истинный путь к новому типу науки о человеке, тем более что здесь либо игнорируется, либо извращается марксистская позиция.

Мне кажется, что не способствуют научному обсуждению все те попытки, которые делаются и в нашей литературе, создать какое-то новое учение о биологическом и социальном наследовании, о каких-то «двух программах», которые, якобы, жестко разорваны в человеке. Я думаю, что тем самым игнорируется идея Маркса о том, что в человеке происходит **опосредствование и преобразование** биологического социальным. Эта важная идея об опосредствовании и преобразовании биологического социального, о присвоении и воспроизведении культурного опыта человечества в онтогенезе, в индивидуальном развитии человека, в процессе его обучения, трудовой деятельности и т. д. не может быть заменена представлением о каких-то двух разорванных программах. Это будет тем более значительным обеднением нашей науки, чем сильнее подогреваются по большей части схоластические, как мне кажется, споры о соотношении социальных и биологических факторов. Вместо того чтобы исследовать **механизмы** опосредствования и преобразования, при-

чем на разных стадиях развития человека, выдвижение этой программы дает нам только новые основания для схоластических споров, которым иногда, к сожалению, пытаются придать идеологический характер.

Я, пожалуй, склонен буду следующим образом оценивать положение, которое сложилось в этой области. Проблема человека — необычайно сложная, может быть, она действительно является проблемой проблем; она во многом пока еще, может быть, даже и не доступна для научного постижения в некоторых своих аспектах. Кроме того, эта проблема не является прерогативой какой-либо одной научной дисциплины, но она возникает, развивается и требует своего разрешения на стыках разных наук, усилиями представителей разных научных дисциплин, включая и естествознание, в частности биологию, генетику и т. д. Речь идет не о том, что именно эти науки, и в частности биология и генетика, раскроют нам **сущность** человека: она в общем виде раскрыта в известной формуле К. Маркса. Речь идет о другом — как нам лучше понять эту проблему как комплексную, как лучше организовать исследования таким образом, чтобы все стороны этой огромной и сложной проблемы были бы в одинаковой мере проанализированы, в одинаковой мере познаны. Поэтому мы учитываем, что каждый, кто берется за изучение проблемы человека, приходит сюда со своим опытом. Этот опыт и специализация во многих случаях могут существенно отличаться от опыта и специализации других ученых. Неизбежна в этих случаях определенная, так сказать, акцентировка именно на том опыте и на тех аспектах — это естественно, — которые являются специальностью того или иного ученого. И задача философов-марксистов заключается в том, чтобы не разъединить усилия ученых — представителей разных наук, не противопоставлять их друг другу, — тем более по причинам идеологическим, во многих случаях надуманным, потому что опыт прошлого показал — это ни к чему хорошему для науки не ведет.

Все дело в том, чтобы разумно, спокойно, отсекая неправильные, односторонние подходы, синтезировать то, что дают конкретные науки для общего решения этой комплексной проблемы. И здесь негативную роль играют не только биологизаторские подходы. Я не могу согласиться с утверждением, что, поскольку человек якобы не определяется своим генотипом, генетическими задатками, то он развивает-



«Дом Рябушинского», где в 1931—1936 гг. жил А. М. Горький, который впервые высказал идею «объединения науки, искусства и труда» в познании и развитии человека. Больше того, он мечтал о создании Института человека. Эту идею в то время обсуждали ученые-биологи, врачи, люди самых разных профессий, посещавшие горьковский дом. Были сделаны даже эскизы барельефа «Союз труда и науки». Тем не менее тогда идея писателя не могла воплотиться в жизнь. Однако сейчас можно представить себе контуры той программы, которой мог бы заняться Институт человека:

I. Человек как ключевая проблема философии.

1. Проблема человека в домарксистских философских системах.
2. Проблема человека в немарксистских философских системах XIX—XX вв.
3. Человек в марксистско-ленинской философии.

II. Человек как объект изучения специальных наук.

1. Медицинские и биохимические аспекты изучения человека.
2. Психофизиологические и психологические аспекты изучения человека.
3. Изучение человека в науках гуманитарного цикла.

III. Человек как субъект деятельности.

1. Человек в научном и научно-техническом творчестве.

2. Человек в художественном творчестве.
3. Человек в предметной деятельности.

IV. Человек и человечество в современном мире.

1. Человек в его отношении с природой.
2. Человек в истории и культуре.
3. Человек в контексте научно-технической революции.
4. Человек в условиях противоборства двух социально-политических систем — капитализма и социализма.

V. Человечествознание — единая комплексная наука о человеке.

1. Методологические принципы конституирования человековедения.
2. Личностно-правовая проблематика человековедения.
3. Нравственно-гуманистические функции человековедения.
4. Воспитательные функции человековедения.
5. Прогностические функции человековедения.

VI. Вспомогательные направления.

1. Источниковедение.
2. Историография.
3. Библиография.

Может быть, стоит создать новые проекты и выдвигать новые идеи, утверждающие и развивающие концепцию целостного познания человека.

ся только тогда, когда овладевает **научным мировоззрением**, усваивающим культурный опыт человечества и т. д. Эта точка зрения проникает в литературу, и по такой формуле получается, что наши родители и предки, не овладевшие научным мировоззрением, просто, видимо, не были людьми!

Заканчивая, я хотел бы еще раз подчеркнуть необходимость развития внутри комплекса наук о человеке того, что мы называем философией человека. Именно она, а не какая-либо другая отдельная наука, включая психологию, может выполнить роль интегратора в создании единой науки о человеке. Конечно, и психология нащупывает новые интересные связи между естественными и общественными науками, и в этом смысле она тоже выполняет функцию интегратора, но не в такой явной форме, как философия, которая является **общей методологией** всех наук, включая все науки о человеке.

Но в конце концов, дело не в этих спорах о «лидерстве». Я думаю, будет неправильно, если мы начнем спорить, что должно быть на первом месте. Важно сейчас развивать **новую комплексную научную программу** (так ее можно обозначить на современном этапе), посвященную познанию человека в его целостности. В перспективе же мы можем иметь в виду более общую программу, которая, по-видимому, должна будет ценностно ориентировать все науки и ориентировать их именно в зависимости от потребностей развития человека.

Наука в целом переосмысливается в том направлении, в каком она должна обслуживать человека, его развитие и т. д., в соответствии с тем, о чем говорил в свое время К. Маркс, имея в виду развитие богатства человеческой природы как самоцель, в том числе, естественно, и самоцель научно-технического прогресса. В рамках таких представлений большое значение имеет развитие того, что я называю, в частности, социологией и этикой научного познания человека. Это может быть и самостоятельным разделом внутри науки, но это — одновременно тот фундамент и та основа, на которой строится вся система наук о человеке.

Мне кажется, что задача интегративного подхода в создании общих представлений, в выработке общей концепции единой науки о человеке более или менее ясна. Сейчас можно делать конкретные шаги по ее реализации. И первые шаги уже делаются. В этом смысле наши медики

ведут активную работу, хорошо понимая, что невозможно развитие конкретных, в том числе медицинских наук, без единой науки о человеке.

Анализ того, как это все развивается, в том числе и за рубежом, приводит к существенному, мне кажется, выводу о необходимости обратиться к практическим предложениям о том, как нам **научно-организационно** развивать комплексные исследования человека. Необходимо, я думаю, и решение вопроса о создании Центра или Института человека с хорошими организационными возможностями и полномочиями. Причем, может быть, не только в рамках Академии наук СССР, но и по линии Академии медицинских наук и Академии педагогических наук, потому что, с одной стороны, мы видим трудности объединения специалистов, так сказать, под одной крышей, а с другой — мы не видим всего того негативного, что возникает из их разъединения, из этого разрыва, который приводит к тому, что мы проводим всякого рода теоретические обсуждения, касающиеся единой науки, но практически не продвигаем ее вперед.

Я знаю, что во многих странах мира есть такие организации. Они по-разному формулируют свою задачу. Но идея комплексности в подходе к изучению человека присутствует всюду. Я понимаю, что создание Центра или Института человека — очень хлопотливое дело, чреватое многими трудностями, но это — властное требование науки и жизни, которое рано или поздно должно быть удовлетворено.

Во всяком случае, философы не должны стоять в стороне от того кипения идей и страстей, которые буквально захлестывают сейчас «проблемное поле», связанное с познанием человека. Иначе все будет так, к сожалению, как это выразил И. А. Крылов:

Какие мы не видим перемены
В художествах, в науках, в ремеслах,
Всему виной корысть, любовь иль страх,
А не запачканы, бесстрастны Диогены.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Амосов Н. М. ПРИРОДА ЧЕЛОВЕКА. Киев: Наукова думка, 1983.

Ананьев Б. Г. О ПРОБЛЕМАХ СОВРЕМЕННОГО ЧЕЛОВЕКОЗНАНИЯ. М.: Наука, 1977.

ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ИЗУЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА. Тезисы докладов Всесоюзной конференции. М., 1983.

Пептиды и агрессивное поведение

А. Л. Рылов



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

Продолжая публикацию статей о химии поведения¹, обратимся к агрессивности и попытаемся перечислить и проанализировать имеющиеся факты, проясняющие роль пептидов — коротких цепочек из аминокислот, от 2—3 до нескольких десятков — в мозговых механизмах этого поведения.

Но что такое агрессивность животных?

Даже если рассматривать модели агрессивности, применяемые в лабораториях, окажется, что ответить на этот вопрос непросто. Проявлением агрессивности считают драки изолированных грызунов с их сородичами, которых подсаживают к ним в клетки; охоту кошек или крыс на мышей и их убийство, охоту мышей на сверчков и тараканов; драки между парами животных, получающими через пол их камеры удары тока или электрические раздражения определенных участков мозга; атаки самок на тех, кто приближается к их малышам; укусы металлического стержня мышами,

которых поместили в тесный цилиндр и одновременно наносили им электрические удары по хвосту; таранящие броски сиамской бойцовой рыбки на зеркало, где она видит свое отображение; даже самокалечащие укусы свиногохвостого макака, надолго лишенного общения с сородичами, и многое другое.

На первый взгляд обобщения здесь вообще невозможны, не говоря уже об определении агрессивности в дикой природе — вот где настоящая казуистика! Однако специалисты — «агрессологи» — все же стараются найти общий язык. Автор этой статьи встречал по крайней мере 8 универсальных определений агрессивности, по правде сказать, довольно противоречивых.

Но поскольку в нашей статье речь пойдет сугубо о лабораторных исследованиях, где только и можно изучить влияние тех или иных веществ на поведение, для нас было бы достаточно ограничиться определением агрессивности лишь для тех животных и поведенческих моделей, которые присутствовали в этих опытах.

Агрессивность отделяется здесь от других форм активности животных по трем внешним признакам: цель — движения — ситуация. Чтобы отогнать от себя другую особь, поранить ее или убить, лабораторные животные применяют строго опре-

¹ Иванов В. Т., Каменский А. А. Нейропептиды — регуляторы поведения. — Природа, 1983, № 4, с. 7; Ковальзон В. М. Поиски гормона сна. — Там же, с. 13; Титов С. А., Каменский А. А. Гормоны гипоталамуса — регуляторы памяти. — Там же, № 9, с. 64.

деленные для каждого вида движения и позы. Грубо говоря, есть три набора таких поз: наступательно- или оборонительно-агрессивные движения при столкновениях с сородичами (внутривидовые формы); охота и умерщвление животных другого вида (межвидовая агрессивность).

Наиболее часто моделируемые в опытах ситуации, где животные совершают такие движения, — это нападение изолированного в отдельную клетку самца на подсаживаемого к нему сородича; схватки крыс в ответ на удары тока (оборонительная агрессивность), убийство кошками или крысами мышей. Итак, агрессивностью лабораторных животных в этих ситуациях считается поведение, наблюдаемое при сочетании всех трех этих признаков (за исключением схваток между животными, вызванных стимуляцией мозга или введением химических веществ, которые могут происходить и в неадекватных ситуациях). Следует подчеркнуть, что хотя на первый взгляд эти модели позволяют изучать довольно узкий круг из всего агрессивного взаимодействия животных, но закономерности работы мозга, открытые в таких опытах, оказались характерными даже для поведения агрессивного характера нервно-психических больных.

Благодаря этим моделям сегодня многое известно и о нейрехимии агрессивного поведения. Изучено влияние многих медиаторов (веществ, передающих возбуждение между нервными клетками) и микроэлементов, витаминов и гормонов, лекарств и циклических нуклеотидов на разные виды агрессивности животных, и даже на патологическую агрессивность душевных больных. Благодаря опытам Л. В. Крушинского, Д. К. Беляева и других исследователей установлено, что путем искусственного отбора можно вывести агрессивных или миролюбивых животных². Это говорит о том, что в их геноме имеются отличия.

Конечно, здесь достигнуты большие успехи. Однако все известные пока вещества отвечают за организацию и многих других видов поведения, помимо агрессивности. Между тем современная нейрофизиология поведения и клиника душевных болезней требует все более четких ответов на вопросы, в чем специфика химических превращений, происходящих в мозге сражающегося животного, какими

веществами можно регулировать агрессивность таким образом, чтобы как можно меньше затрагивать другие виды поведения, наподобие того, как подавляют страх лекарства-транквилизаторы или антидепрессанты помогают больным преодолеть состояния угнетенности или апатии. Последний вопрос самый главный. Ведь только ответив на него, можно создать лекарство, в котором так нуждаются больные с нарушениями работы мозга агрессивного характера, и найти путь в лабиринте мозга к тем его структурам и химическим изменениям, которые отвечают за агрессивность.

Мы расскажем лишь об одном, но, пожалуй, самом многообещающем на сегодня подходе к решению этой проблемы. Он связан с изучением влияния на агрессивное поведение животных веществ пептидной природы.

ПОЧЕМУ ИМЕННО ПЕПТИДЫ?

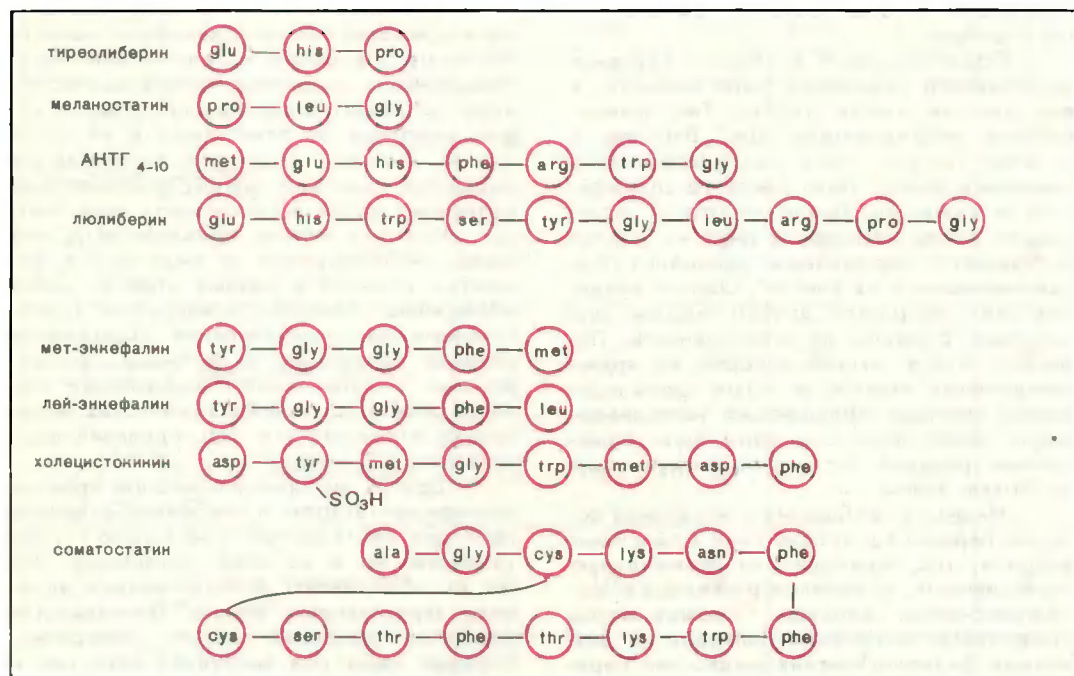
Дело в том, что эти соединения, и особенно те из них, которые синтезируются в нервной ткани, непосредственно связаны с формированием целого ряда мотиваций и видов поведения: пищевого насыщения, жажды, сна, болевых реакций, сексуальной активности, обучения и т. д.

Учитывая, что пептиды, такие как холецистокинин, люлиберин, эндогенные опиаты, оказывают выраженное влияние на поведение в ничтожных дозах (в пределах нескольких десятков нанограммов), их можно считать наиболее специфическими регуляторами разных типов поведения. Ни электрофизиологические, ни морфологические исследования центральной нервной системы, ни нейрофармакологические, т. е. «медиаторные», эксперименты не позволили пока обнаружить факторы, которые были бы так же избирательно связаны с регуляцией отдельных форм поведения, как пептиды.

Разумеется, регуляция поведения осуществляется далеко не только пептидами. Без комплексного применения нейрорегистологических, электрофизиологических и других методов едва ли можно добиться существенного прогресса в изучении и самих пептидов, и центральных механизмов поведения. Однако на сегодня именно исследование пептидов — один из самых перспективных путей изучения нейромолекулярной и нейрофизиологической организации поведения.

Характерной чертой большинства регуляторных пептидов и их предшествен-

² Беляев Д. К. Дестабилизирующий отбор как фактор изменчивости при одомашнивании животных. — Природа, 1979, № 2, с. 36.



Химическая структура пептидов, усиливающих [вверху] или ослабляющих агрессивное поведение животных.

ников является их функциональная и структурная видонеспецифичность. У млекопитающих, птиц, рептилий обнаружены эндогенные опиаты и гастроинтестинальные пептиды, субстанция Р, адренокортикотропный гормон (АКТГ) и т. д. У человека и у иных млекопитающих, как и у животных других классов, эти или близкие по строению пептиды вызывают сходные физиологические эффекты.

Это и составляет теоретическую и методическую основу для попыток применения регуляторных пептидов, выделенных из тканей животных, при лечении нервно-психических и других заболеваний человека.

Холецистокинин и эндогенные опиаты исследуются как возможное лекарство для больных шизофренией, тиреолиберин — при паркинсонизме, ангиотензин — для лечения алкоголизма, дельта-пептид сна — при расстройствах этой функции у человека, люлиберин — при патологии половых функций.

До сих пор ни один пептид пока не применяли как антиагрессивное средство в лечении нервно-психических больных. Но учитывая все многогранное действие

этих веществ в мозге, предполагают, что у животных они участвуют и в интеграции сложных форм поведения: агрессивности, защиты, общительности. В конце 70-х — начале 80-х годов уже появилось несколько десятков публикаций, экспериментально подтверждающих эту гипотезу.

КАК ИЩУТ «ПЕПТИДЫ АГРЕССИВНОСТИ»?

Поиски «пептидов агрессивности или антиагрессивности» до сих пор вели с использованием двух методов.

Первый из них был основан на гипотезе, что в мозге животного, а может и человека, который осуществляет некое агрессивное поведение, повышается содержание вещества, ответственного именно за этот вид активности. Как это проверить? Взять мозг драчливых зверьков, приготовить из него экстракт, ввести миролюбивым особям и проверить их агрессивность. Если бы она существенно изменилась, можно было бы попытаться, применив методы биохимической очистки, выделить вещество агрессивности, подобно тому как в 1973 г. американский ученый Д. Унгар³ выделил из мозга крыс и рас-

³ Унгар Д. — Физиол. человека, 1977, т. 3, № 5, с. 87.

шифровал пептид боязни темноты — скотофобин.

Подобных проб в области изучения агрессивного поведения было немного, и все они не имели успеха. Так, американские исследователи Дж. Вебстер и К. Фокс, полагая, что в мозгу агрессивных животных присутствует какое-то специфическое вещество, брали экстракты мозга мышей после нескольких дней их участия в схватках с сородичами, ненадолго подсаживаемыми в их клетки⁴. Однако введение этих экстрактов другим мышам значительно снижало их агрессивность. Полагают, что у мышей-доноров во время ежедневных схваток в мозге синтезировались пептиды, обладающие успокаивающими свойствами. Они тормозили агрессивные реакции у мышей, получающих мозговую ткань.

Имеются сообщения о неудачной попытке переноса с экстрактами мозга крыс веществ, регулирующих их межвидовую агрессивность, от высокоагрессивных к низкоагрессивным зверькам. Похожий метод предполагал выделение пептидов из различных физиологических жидкостей нервно-психических больных с нарушениями поведения агрессивного характера.

Группа американских исследователей выделила из плазмы крови 7 больных шизофренией пептидные фракции, которые усиливали раздражительность крыс. Обычно такая раздражительность сопутствует повышению агрессивности. Однако в этом случае выделенные пептидные фракции не изменили уровня агрессивности крыс⁵.

Другой путь состоял в изучении уже известных пептидов или их фрагментов. Большинство опытов, посвященных пептидной регуляции агрессивности, проводилось именно в этом направлении. Но по какому же принципу выбирать пептиды, влияние которых стоит проверить в тесте агрессивного поведения? Ведь уже известно более сотни пептидов!

Первый принцип выбора поставил в центр внимания исследователей пептиды, выделяемые гипоталамусом (одной из подкорковых структур мозга) и расположенным под ним гипофизом, играющим ведущую роль в гормональной регуляции. Почему же именно эти зоны привлекли экспериментаторов?

Стимуляция боковых ядер гипоталамуса усиливает хищническую агрессивность кошек по отношению к мелким животным. Раздражение срединных гипоталамических ядер повышает агрессивность многих видов животных по отношению к их сородичам. Видимо, именно в гипоталамусе находятся пусковые группы нейронов для различных форм агрессивности животных.

Поэтому можно предположить, что здесь синтезируются и выделяются вещества, которые в разных отделах мозга объединяют нейроны в ансамбли, ответственные за осуществление агрессивных реакций. Очевидно, и пептиды, синтезируемые в гипоталамо-гипофизарной области, участвуют в нейрохимических механизмах агрессивности. Исследования подтвердили это мнение⁶.

Другой же принцип выбора привлек экспериментаторов к небольшой группе пептидов, синтезируемой не только в гипоталамусе, но и во всем организме. Что же их объединяет? В естественных условиях агрессивность редко является для животных конечной целью поведения. Гораздо чаще она выступает хотя как и вполне самостоятельная, но промежуточная цель или же средство для достижения таких этапных результатов, как преодоление конкуренции в борьбе за пищу, полового партнера, способ защиты от боли и т. д. Так вот, второй принцип выбора предполагал, что пептиды, регулирующие пищевое, половое поведение или болевые реакции, могут оказывать влияние и на виды агрессивности, связанные с этими формами поведения.

ГИПОТАЛАМО-ГИПОФИЗАРНЫЕ ПЕПТИДЫ

Большую серию опытов по изучению связи агрессивности с гипоталамо-гипофизарными пептидами провел ленинградский исследователь В. П. Пошивалов⁷. Подсаживая мыш-чужака к хозяину клетки, ему удалось зарегистрировать помимо агрессивности многие другие формы поведения: общительность, проявляемую у мышей обнюхиванием гостя и хозяина, следованием друг за другом, чисткой шерсти; половые реакции; защитные позы;

⁴ Webster J. C. et al. — Behav. Biol., 1974, v. 12, № 4, p. 567.

⁵ Drysdale A. et al. — Neurosci., 1982, v. 7, № 6, p. 1567.

⁶ Пошивалов В. П. Гипоталамо-гипофизарные пептиды и фармакологический контроль. — В сб.: Фармакология нейропептидов. М., 1982, с. 46.

⁷ Poshivalov V. P. — Aggress. Behav., 1982, v. 8, p. 355.

поведение	пептиды и доза	МСТ	ЛЛБ	ТРЛ	АНТГ ₄₋₁₀	АНТГ ₁₋₂₄	ССТ
		25 мг/кг			25 мг		5 мг/кг
 агрессия		▲	▲	△	△	▽	▼
 угроза		△▽	▽△	▼	▼	▽△	▲
 „мирное” взаимо- действие		▽	△	▽	▼	▽△	▼
 амбивалентность		△	△	▽	▽	▲	△
 подвижность		△	▽△	▲	△	▽	▼
 чистка шерсти		△▽	▲	△	△	▲	▽△
 неподвижность		▼	▼	▼	▽	△	▲

Влияние различных гипоталамо-гипофизарных пептидов на агрессивность и другие виды поведения мышей. Треугольники, обращенный острым углом вверх, — усиление эффекта, вниз — ослабление, два треугольника рядом — непостоянный эффект, цветные треугольники — достоверный эффект ($P < 0.05$). МСТ — меланостатин, ЛЛБ — люлиберин, ТРЛ — тиреолиберин, ССТ — соматостатин.

движение по клетке или неподвижность. Таким образом, В. П. Пошивалов анализировал не только влияние пептидов на агрессивность, но и выяснял, какие новые формы поведения появляются взамен «военных» действий и какие пептиды могут нормализовать отношения с сородичами слишком агрессивного хозяина клетки. Это очень важно. Ведь как считает сегодня большинство психофармакологов, избирательный антиагрессивный препарат должен и успокаивать больного, и восстанавливать его общительность с другими людьми, словно разрывая круг подозрительности, враждебности, отчуждения, которым окружил его душевный недуг.

Введение фрагмента адренокортикотропного гормона — АКТГ₄₋₁₀, тиреолиберина, меланостатина и люлиберина мышам-хозяевам клеток делало их более враждебными по отношению к подсаживаемым к ним зверькам. Напомним, что адренокортикотропный гормон выделяется в передней доле гипофиза. Пептиды тиреолиберин, люлиберин и меланостатин образуются в гипоталамусе. Первый увеличивает секрецию в гипофизе тиреотропина, усиливающего работу щитовидной железы. Люлиберин тоже через гипофиз влияет на некоторые половые функции. Меланостатин тормозит выделение гипофизом другого пептида — меланотропина, регулирующего пигментацию кожи. Пептид гипоталамуса соматостатин, тормозящий выделение гормона роста, уменьшал агрессивность мышей. Меланотропин (или меланоцит — стимулирующий гормон гипофиза) оказывал сложное влияние на агрессивность мышей. Сразу после его введения драчливость изолированных животных уменьшалась, затем значительно возраста-

ла. М. М. Козловская и сотрудники установили, что антагонист меланотропина — меланостатин — усиливал защитную агрессивность и у кошек, а также их хищническое поведение⁸.

Влияние всех пептидов, увеличивающих воинственность животных, сопровождалось более или менее сильным угнетением их общительности. Гипоталамо-гипофизарные пептиды действовали недолго — всего около 1 часа после однократного введения. И они никогда не индуцировали агрессивность, т. е. не вызывали драки у совершенно мирных животных, а лишь изменяли некий исходный уровень их агрессивности. Что и говорить, довольно пестрая мозаика фактов открылась в результате этих опытов! Как же в ней разбираться?

Стимулирующее или тормозящее влияние пептидов на агрессивность животных чаще всего объясняют их взаимодействием с нейромедиаторными системами — серотонинергическими, катехоламинергическими и ГАМК-ергическими (гамма-аминомасляная кислота). Повышение активности катехоламиновых дофамин- и норадренергических нейронов, как правило, усиливает разные виды агрессивности, а торможение этих нейрорхимических механизмов успокаивает животных. Обратное влияние на агрессивность оказывают нервные клетки, выделяющие ГАМК и серотонин.

Меланостатин и тиреолиберин повышают чувствительность дофаминовых рецепторов, что и приводит, по-видимому, к усилению агрессивности. Кроме того, меланостатин выступает как антагонист ГАМК. Агрессивное влияние АКГГ также можно объяснить его стимулирующим действием на катехоламиновые нейроны.

Другое объяснение влияний пептидов на агрессивность вытекает из анализа их взаимоотношений друг с другом. Например, соматостатин тормозит секрецию возбуждающих веществ — АКГГ, тиреолиберина, люлиберина. Меланостатин противодействует миротворческой функции опиатов и т. д.

Но существуют и данные, позволяющие судить о механизмах пептидных влияний на агрессивность в неожиданном ракурсе. Английские исследователи

Н. Новелл и его коллеги обнаружили, что меланотропин почему-то не стимулирует враждебность мышей после того, как разрушены их обонятельные рецепторы. Это выявилось при подсаживании чужаков к хозяевам клеток⁹.

Но какое отношение обонятельные рецепторы имеют к веществу, которое, как предполагалось, действует через центральную нервную систему? И другая странность этого пептида. Агрессивность после его введения несколько снижалась у того животного, которому вводили препарат, но обязательно повышалась у его напарника, независимо от того, выступал ли последний в роли незваного гостя или хозяина клеток.

По мнению английских исследователей, меланотропин усиливает действие тестостерона. Под влиянием этого полового гормона в мочу выделяется феромон¹⁰, повышающий агрессивность сородичей по отношению к данному животному. В схватках животных феромоны, совместно с видотипичными позами, играют такую же роль, как угрожающие или примирительные слова и мимика у человека. Существование успокаивающих феромонов или, наоборот, индукторов атак со стороны сородичей доказано во многих экспериментах. Теперь же предполагается, что выделение этих веществ контролируется и пептидами. Очевидно, это может осуществляться как через центральные механизмы, так и непосредственно в отношении соответствующих желез. Работа Н. Новелла и его сотрудников показывает, что причину изменений агрессивности животных под влиянием пептидов следует искать не только в мозге. Очевидно, и изменения функций иных систем могут играть здесь важную роль.

Но какой же физиологический смысл имеет включение агрессивных реакций в загадочные комбинации функций того или иного гипоталамо-гипофизарного пептида? Ни одно из соединений этой группы, о которых шла речь, не оказывает сугубо прицельного влияния на агрессивность животных. Страх и боль, память и двигательная активность, половые, пищевые реакции — это регистрируемые только в

⁹ Nowell N. W. — *Physiol. and Behav.*, 1980, v. 24, № 1, p. 5.

¹⁰ Феромонами называют пахучие вещества, выделяемые мочой, потом и другими экскрементами. Они передают от одного животного к другому информацию о социальном ранге сородича, его готовности к половым контактам и многих других данных.

⁸ Козловская М. М. и др. Сопоставление психотропного и нейрорхимического действия коротких пептидов. — В сб.: *Нейрорхимические основы психотропного эффекта*. М., 1982, с. 95.

поведенческих тестах показатели, одновременно с агрессивностью изменяемые описанными нами пептидами. А сколько сложнейших эндокринных, иммунных и других физиологических изменений происходит после введения их в организм. Так почему же агрессивность повышается после введения меланотропина и меланостатина, регулирующих пигментацию кожи, или тиреолиберина, управляющего работой щитовидной железы? А какое отношение к дракам животных имеет соматостатин?

Отталкиваясь от экспериментальных данных, где было обнаружено, например, общеактивирующее влияние тиреолиберина и меланостатина на поведение, наверное, можно объяснить их стимулирующее действие на агрессивность. Но такое объяснение было бы равносильно шагу назад к устаревшим представлениям о работе мозга, включающим только два понятия — возбуждение и торможение. Между тем важнейшая роль современных преобразований в нейрофизиологии, пожалуй, в том и состоит, что они предлагают иную альтернативу, превращающую наши представления о работе мозга из «черно-белых» в «красочные».

Видимо, есть два гипоталамо-гипофизарных пептида, влияние которых на агрессивность можно попытаться логически вписать в общий континуум их физиологических функций.

С люлиберином связан комплекс реакций, обеспечивающих продолжение рода. Этот гипоталамический пептид стимулирует половое влечение и спаривание у животных. Но ведь агрессивность и секс — эти формы поведения были рядом уже с тех пор, как первые на Земле внутривидовые схватки начались у общественных насекомых! Особям мужского пола большинства видов позвоночных животных необходимо участвовать в свадебном турнире, чтобы оставить потомство. А самки должны его защищать. Эти агрессивные реакции модулируются половыми гормонами. Их выделение в свою очередь контролируется гипоталамическим люлиберином. Именно включением агрессивности в управляемую люлиберином скоординированную систему «брачных» функций можно объяснить ожесточенные схватки мышей после введения этого вещества.

АКТГ и особенно его фрагменты, под влиянием которых из надпочечников усиливается выброс веществ стресса, — пожалуй, наиболее изученные в отношении агрессивности пептиды после опиатов, о которых мы еще расскажем. Мы остано-

вились подробно лишь на одной работе по этой теме. Но всего их сейчас накопилось более десятка. Результаты крайне противоречивые! Но с большой осторожностью можно предположить следующую закономерность: при однократном введении АКТГ повышает агрессивность, при длительном — наоборот.

Американский исследователь Д. Адамс недавно предложил такое объяснение. При коротковременных стрессах, помогающих организму уцелеть в конфликтной ситуации, АКТГ и его фрагменты мобилизуют к борьбе и бегству как периферические органы, так и мозг, улучшая память, обостряя восприятие, повышая эмоциональную реактивность, вследствие чего увеличивается и уровень агрессивности¹¹.

Однако совершенно иное влияние этот пептид оказывает при хроническом стрессе, настоящей болезни, где страдают сердце, кровеносные сосуды и другие органы, изношенные затянувшейся нагрузкой. Действуя через надпочечники, АКТГ создает в организме своеобразные гормональные ножницы — резко повышает количество «гормонов стресса» и одновременно уменьшает синтез половых гормонов — важнейших стимуляторов агрессивности. Это обстоятельство полностью исключает из поведенческого репертуара животного половое и агрессивное поведение, исследовательскую активность, патрулирование владений и заботу о потомстве. Зачем это нужно? Чтобы облегчить участь животного, переживающего длительный конфликт, помочь ему выжить, пусть безынициативным, малоподвижным и бесплодным. Так эволюция позаботилась и о потомстве стрессированного животного.

Итак, многие из известных гипоталамо-гипофизарных пептидов прошли перед нами. Из-за того что они оказывают непродолжительное и довольно слабое влияние на агрессивное поведение животных, едва ли можно ожидать, что какой-либо из них будет выбран для предклинических испытаний. Однако в гипоталамусе ведь есть и другие пептиды, известные и неизвестные. Может быть, какой-либо из них в большей степени

¹¹ Адамс Д. Задержка в репродуктивной функции: системная реакция на эмоциональный стресс — филогенетическая основа депрессии человека. — В сб.: Тезисы докладов Международной советско-американской конференции «Эмоции и поведение: системный подход». М., 1984, с. 6.

будет удовлетворять требованиям, предъявляемым к специфическому регулятору агрессивности?

Например, оказалось, что монгольские песчанки обороняют от чужаков свою территорию, доминируют среди сородичей или находятся на нижних ступенях иерархической лестницы в зависимости от активности пептидного фактора, синтезируемого преоптической областью их гипоталамуса. Пептид выделить не удалось, но, как выяснилось, введение в эту структуру ингибитора синтеза белка — актиномицина Д или пуромидина — делает монгольских песчанок безразличными к нарушителям границ их территории¹². Румынские исследователи обнаружили, что в нейрогипофизе крыс, которых заставляли сражаться друг с другом, резко снижен синтез секреторного материала предположительно пептидной природы¹³.

Таким образом, гипоталамо-гипофизарная группа пептидов далеко не исчерпана в плане исследований агрессивного поведения, и здесь еще можно ждать немало интересных находок.

ЭНДОГЕННЫЕ ОПИАТЫ И ПЕПТИДЫ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА

Рассмотрим теперь влияние на агрессивность некоторых пептидов, выделяемых и в других частях тела, помимо мозга. Они привлекли внимание исследователей потому, что, судя по их важнейшим эффектам на весь организм, агрессивность, возможно, входит в совокупность регулируемых ими реакций как одна из промежуточных целей на пути к достижению некоей основной физиологической задачи.

Мет- и лейэнкефалины, эндогенные опиоидные пептиды, обладающие морфиноподобным действием, а также их синтетические аналоги и сам морфин — это сильнейшие вещества «мира и покоя» для враждебно настроенных животных. Они утихомиривали самых разных агрессоров: самок, защищающих потомство; крыс, убивающих мышей; мышей-хозяев, разъяренных вторжением в их клетки, и крыс, которых заставляли сражаться удары тока, получаемые через электродный пол их камеры. Опиаты гасили яростные атаки животных, вызванные электростимуляцией

их мозга или разрушением некоторых его структур, и — в единичных опытах — патологическую агрессивность нервно-психических больных.

После введения опиатов животные меньше общались друг с другом, но больше занимались собой, например чистили шерсть. Вероятно, таким образом у них проявляется комфортное состояние, обусловленное эйфорическим действием опиатов.

В то же время совместное введение опиатов и транквилизаторов восстанавливало нормальные отношения между животными, судя, например, по их общительности. Транквилизаторы практически безвредны для человека. Длительное же применение опиатов для лечения ненормально повышенной агрессивности недопустимо, поскольку эти вещества вызывают наркоманию. Значит, такая комбинация лекарств не может быть применена в клинике. Но само по себе установление этого феномена в опытах на мышах чрезвычайно интересно: оно открывает перспективы для изучения комбинированного применения пептидов и других психотропных препаратов для нормализации социального поведения больных, а не только снижения их агрессивности.

Итак, опиаты — это мощные успокоительные вещества. Но зато их внезапная отмена, т. е. создание у животного так называемой морфиновой зависимости, превращает крыс, морских свинок, обезьян в сущих дьяволов. Кровавые схватки нередко со смертельным исходом начинаются через 2—3 дня после отмены морфина и длятся 40—50 часов. Пожалуй, это самый эффективный нейрохимический способ вызывать агрессивность у животных. Отмена других наркотиков — алкоголя и каннабиноидов (марихуаны), введение галлюциногена мескалина, клонидина, стимулятора дофаминовой и серотониновой медиаторной системы мозга апоморфина вызывает аналогичное поведение, но выраженное слабее. Но как же объяснить такие влияния опиатов?

Эти пептиды ответственны, в частности, за интеграцию физиологических функций, цель которых — противодействие стрессу. Поэтому при длительной социальной изоляции, которая является разновидностью стресса, в мозге снижается содержание опиоидных пептидов. Вводимые извне пептиды восстанавливают активность этой системы. Так можно объяснить снижение агрессивности животных опиатами. Обезболивающее дейст-

¹² Thiessen E. D.— Amer. Sci., 1973, v. 61, p. 346.

¹³ Molnar J. et al.— Rev. roum. morphiol., 1982, v. 19, № 4, n. 237.

вие этих веществ обуславливает их тормозное влияние на «болеву» агрессивность. Опиаты угнетают аппетит. Это помогает понять и снижение агрессивности хищника, наступающее после введения этих пептидов.

Предполагают, что эндогенные опиоиды снижают агрессивность животных за счет торможения нервных клеток, выделяющих в качестве медиаторов норадреналин. Вспышки же безудержной агрессивности, возникающие при морфинной зависимости, объясняют резким повышением активности нейронов, выделяющих медиатор дофамин после длительного угнетения их опиатами.

Агрессивность животных изменяется и под влиянием пептидных фрагментов, впервые обнаруженных в желудочно-кишечном тракте. Церулеин, вещество, подобное гастроинтестинальному пептиду холецистокинину, снижало агрессивность крыс и мышей, вызванную ударами тока. Сам холецистокинин также уменьшает эмоциональную реактивность животных, оказывает седативное влияние.

Холецистокинин — это пептид, вызывающий комплекс реакций, связанных с пищевым насыщением. За счет центрального действия он вызывает ощущение сытости и оказывает общеуспокаивающее действие. В желудочно-кишечном тракте холецистокинин стимулирует выделение желчи печенью, сока поджелудочной железы и другие реакции, необходимые для переваривания пищи. Пищевое насыщение тормозит, а голод усиливает многие виды агрессивности. Причина понятна. Наполненный пищей желудок и кишечник требуют для своего организма покоя хотя бы уже потому, что значительный приток к последнему крови затрудняет перераспределение кровоснабжения, необходимое при интенсивных движениях агрессивных реакций. Отяжелевшее, сонное животное, мышцы которого не могут получить дополнительной порции крови, наверняка проиграет любое сражение, которое затеет. Да оно и не затевает, а скорее всего, где-нибудь спит, и не помышляя о схватках. И всю эту целесообразно скоординированную систему реакций пищевого насыщения вызывает холецистокинин.

Одним из механизмов антиагрессивного действия холецистокинина может быть одновременное снижение содержания норадреналина и дофамина и повышение уровня серотонина в такой важной для агрессивного поведения части мозга, как гипоталамус. Итак, в мозге пока не найдено пептидов, регулирующих одну лишь агрессивность, да едва ли такие вещества

существуют. Холецистокинин, люлиберин, эндогенные опиаты и АКГ изменяли агрессивность потому, что это было необходимо как промежуточный этап на пути к главной физиологической цели — формированию психофизиологической интеграции или состояния, обеспечивающего общий результат, составленный, наподобие пирамиды, из многих предшествующих.

Не исключено, что так же управляют агрессивными реакциями и другие пептиды гипоталамо-гипофизарной области и выделяемые иными органами. Но это вовсе не значит, что не существует таких веществ, которые бы более избирательно, т. е. сильнее, длительнее, в меньших дозах, чем те, о которых мы рассказывали, действовали на агрессивность и были бы подходящими претендентами на роль антиагрессивных лекарств. Ведь все пептиды, которым был посвящен наш обзор, из-за кратковременности действия, относительной слабости умиротворяющего эффекта или возможности развития наркомании пока не могут быть использованы как прообразы такого препарата. Поскольку эксперименты на животных бесспорно показывают, что пептиды участвуют в регуляции агрессивного поведения, можно думать, что изучение влияний этих веществ на агрессивность — это один из целесообразных способов поиска лекарства для нервно-психических больных. Это косвенно подтверждает и сопоставление результатов нейрофизиологического изучения патологической агрессивности человека и агрессивности животных, показывающее сходство мозговых механизмов тех и других реакций по крайней мере на подкорковом уровне. Разрушение или электростимуляция ряда подкорковых структур, большинство известных психофармакологических средств, различные гормональные нарушения (гипогликемия, гиперсексуальность) оказывают однотипные воздействия на агрессивность человека и животных.

Изучение пептидной регуляции поведения только начинается. Время еще покажет, удастся ли и каким способом найти пептид, способный более специфично, чем уже известные, регулировать проявление агрессивности. И найти не ради того, чтобы из хроматографической колонки пустить по планете нечто а ля Азазелло из «Мастера и Маргариты», «демона безводной пустыни, демона-убийцу», но для того чтобы вернуть здоровье больным людям и возвратить их в общество людей, чтобы узнать у мозга новые тайны.

Нефтегазоносность недр: новые представления

Б. А. Соколов



Борис Александрович Соколов, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Специалист в области региональной и поисковой нефтегазовой геологии. Автор многих работ по геологии и нефтегазоносности различных континентальных и морских регионов, и в том числе монографии: Эволюция и нефтегазоносность осадочных бассейнов. М., 1980. Неоднократно печатался в «Природе».

Более 130 лет человечество использует нефтяные и газовые ресурсы Земли. За это время получено около 60 млрд т нефти и 30 трлн м³ газа, открыто 30 тыс. нефтяных и газовых месторождений. Ежегодно добывают около 3 млрд т нефти и 1,5 трлн м³ газа. Однако до сих пор окончательно не сформировалось единого мнения о происхождении этих полезных ископаемых. Продолжается «100-летняя война» между сторонниками происхождения нефти за счет продуктов биосферы и теми, для которых источником нефти является вещество глубинных зон Земли¹. Вместе с тем от правильного ответа на вопросы, как, где и когда образовались нефть и газ, зависит экономическая эффективность поисково-разведочных работ, успехи в открытии новых месторождений нефти и газа, оценка их запасов в недрах планеты.

Появившиеся в последние годы новые данные, касающиеся как геологии и геохимии нефти и газа, так и представлений о строении и формировании земной коры, позволяют прийти к выводу о том, что

источником нефти и газа, безусловно, является рассеянное органическое вещество, накапливающееся вместе с осадком в древних и современных водоемах. Но в то же время на превращение этого вещества в углеводороды важное влияние оказывают процессы, происходящие в глубинных зонах Земли. Это обстоятельство свидетельствует о том, что геология нефти и газа стоит на пороге создания общей теории нефтегазоносности недр.

НЕФТЬ И ГАЗ — НАСЛЕДИЕ БИОСФЕРЫ

О связи исходного органического вещества нефти и газа с рассеянным в породах органическим веществом свидетельствуют обнаруженные в нефти, асфальтах и экстрактах органического вещества пород (битумоидах) так называемые хемофоссилии (химические ископаемые) — остатки молекул живых организмов. Накапливаясь вместе с минеральными частицами осадочных пород в морских, океанских и озерных водоемах, рассеянное органическое вещество стало источником основной массы нефти и природного газа. Более чем 90 % этих полезных ископаемых образовались из остатков простейших микроскопических организмов типа бактерий, зеленых, синезе-

¹ Два взгляда на происхождение нефти. Вассоевич Н. Б. Источник нефти — биогенное углеородное вещество. Кудрявцев Н. А. Нефть абиогенна. — Природа, 1971, № 3, с. 58.

ленных и диатомовых водорослей и ряда других, относящихся к фито- и зоопланктону, часть видового состава которых существует на Земле, не изменяясь, несколько миллиардов лет. Растительные остатки, которые выносятся реками с континентов лишь в последние 400 млн лет, играют значительно меньшую роль по сравнению с планктоном и являются исходным материалом для образования главным образом газа.

Следовательно, повсеместно, где имеются водоемы (а они практически в тот или иной геологический период перекрывали всю площадь Земли), вместе с осадками накапливалось исходное для образования нефти и газа рассеянное органическое вещество. Этот процесс начался на самых ранних стадиях существования Земли, 3,5—4 млрд лет назад, с раннего архея, когда появились зоны жизни, возможно еще не образующие сплошной биосферы, и продолжается до настоящего времени.

Полностью подтвердились представления И. М. Губкина о том, что образование нефти и газа имеет глобальный и постоянный характер. Во всех осадочных бассейнах, где бурились скважины, обнаружены различные по размерам и значению скопления нефти и газа. Так как источником нефти и газа являются остатки одних и тех же групп организмов, исходный химический состав нефтей, располагающихся в различных тектонических типах бассейнов и в отложениях различного возраста, в момент их образования тождествен. Однако позже в процессе существования самих залежей возникают различия. Если залежи под действием тектонических движений погружаются на глубину, то в них увеличивается содержание легких метановых компонентов и газа — нефть, как принято говорить, облегчается. Более того, нефть может быть полностью растворенной в газе, и в этом случае появляются газоконденсатные залежи. Если же залежи в результате подъема земной коры приближаются к поверхности, то нефть в них за счет процесса гипергенеза (окисления и дегазации) становится более тяжелой, обогащенной асфальтово-смолистыми компонентами.

Наметился определенный прогресс в понимании механизма превращения рассеянного органического вещества осадочных пород в самостоятельно существующие жидкие и газовые углеводороды, концентрация которых и приводит к появлению залежей и месторождений нефти и газа в

недрах Земли. Наибольшее признание имеет концепция о стадийности процесса образования нефти, разработанная Н. Б. Вассовичем и получившая широкое распространение как в СССР, так и за рубежом.

Согласно этим представлениям, при погружении отложений органическое вещество вначале перестраивается в основном в результате бактериальной активности (на стадии диагенеза), а затем — под действием все возрастающей температуры (на стадии катагенеза). С глубиной погружения происходит перегруппировка структуры органического вещества в сторону его большей устойчивости за счет поликонденсации и полимеризации молекул. В результате органическое вещество осадков превращается в так называемый кероген. В свою очередь, прогрев пород приводит к термическому разложению (деструкции) керогена с образованием миграционно-способных средне- и низкомолекулярных углеводородов, получивших название микронепти, или первичной нефти. Одновременно образуются и углеводородные газы. Таким образом, согласно этим представлениям, нефть в осадочных породах образуется только тогда, когда они при своем погружении достигают глубин с достаточно высокой температурой, необходимой для термической деструкции керогена. Исследования показали, что органическое вещество осадочных, так называемых нефтематеринских пород начнет генерировать нефть в значительных количествах, когда эти отложения погрузятся на глубину 2—4 км, где температура недр обычно достигает 80—150 °C.

Глубинная зона действия этих температур, где осадочные породы продуцируют нефть, была названа главной зоной нефтеобразования. Нефтематеринские породы, не вошедшие в эту зону, могут образовывать преимущественно газ. Погрузившись в главную зону нефтеобразования, они достигают необходимой зрелости и считаются уже нефтепроизводящими, а объем их распространения представляет собой очаг нефтегазообразования. При дальнейшем погружении отложения оказываются в зоне с более высокими температурами, 150—250 °C (на глубинах 4—6 км и более), где образование в этих толщах нефти сменяется интенсивным образованием газа. Эта глубинная зона получила название главной зоны газообразования, а находящиеся в ней отложения являются очагом газообразования.

Погружение осадков приводит к трансформации не только содержащегося в

них органического вещества, но и к уплотнению самих пород. Однако следует отметить, что на фоне общего уплотнения имеет место и обратный процесс — разуплотнение. В песчаниках появляется так называемая вторичная пористость, а в глинах — аномальные разуплотненные зоны. Происходит это в связи с потерей породами при их катагенезе воды, связанной с глинистыми минералами. Эта пресная агрессивная вода растворяет карбонатно-кварцевый материал, цементирующий песчано-алевролитовые породы, образуя в этих породах вторичное пустотное пространство. Минералогическая перестройка глин также приводит к появлению свободного пространства, заполняемого нефтью. Совпадение во время процессов генерации нефти, удаления воды из глинистых пород и появления вторичной пористости в песчано-алевролитовых способствует перемещению углеводородов в коллектор — вмещающие для нефти. В глинистых породах, например, такими вмещающими будут служить именно участки разуплотнения.

Таким образом, процесс образования нефти и газа рассматривается как следствие достаточно глубокого погружения и преобразования осадочных пород вследствие их интенсивного прогрева. Только при опускании нефтегазоматеринских пород на глубины 3—7 км и более эти породы имеют возможность реализовать свой нефтегазовый потенциал.

Другими словами, нефтегазообразование — это историческое явление, зависящее не только от количества и качества органического вещества нефтегазоматеринских пород, но и от динамики погружения и интенсивности прогрева. Изучение современных нефтегазоносных осадочных бассейнов, содержащих большое количество месторождений нефти и газа, таких как Западно-Сибирский, Волго-Уральский, Прикаспийский, Маракаибский, бассейны Персидского и Мексиканского заливов, Северного моря и др., показало, что для всех них характерна толщина осадочных пород не менее 5—10 км. Формировались эти бассейны со скоростью свыше 80 м за миллион лет, при этом геотермический градиент, как правило, имел значение более 3,5 °C на каждые 100 м. Месторождения в осадочных бассейнах начали формироваться после того, как нефтематеринские породы достигли главной зоны нефтеобразования, располагающейся на глубине около 2—4 км.

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИННЫХ ПРОЦЕССОВ

Образование нефти и газа наиболее заметно происходит в тех осадочных бассейнах, где достаточно быстро накапливается большое количество осадков и породы интенсивно прогреваются. Эти процессы характерны для определенных тектонических элементов земной коры, и особенно для рифтовых и геосинклинальных прогибов.

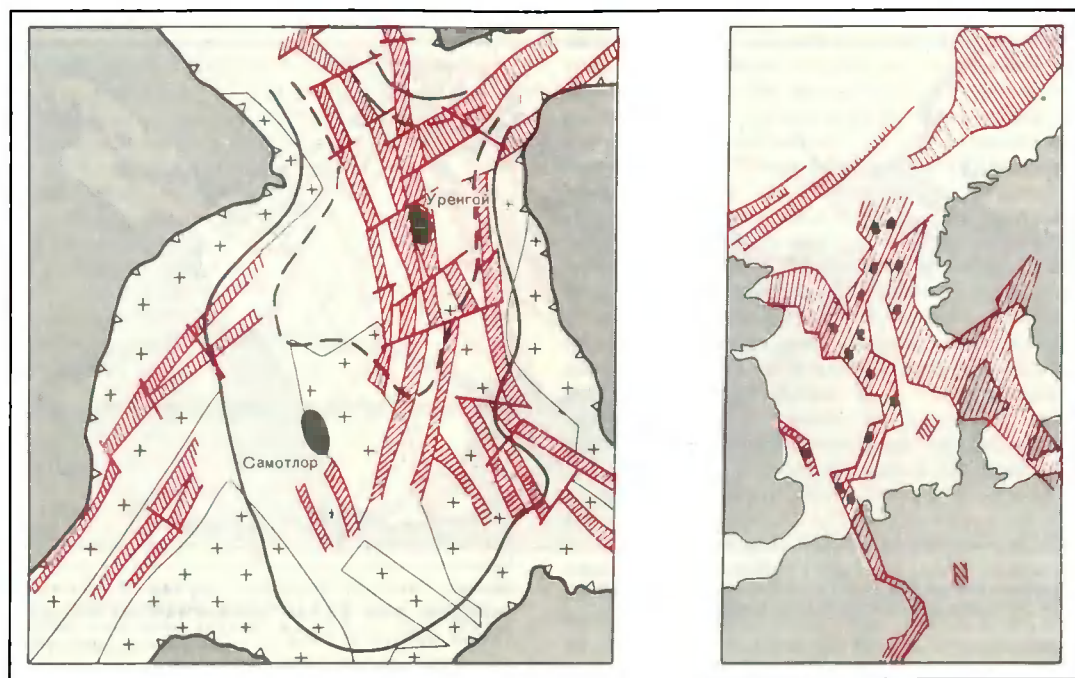
Согласно современным представлениям, образование этих прогибов обусловлено глубинными процессами, протекающими в верхней мантии. За счет неоднородности состава и разности температур в верхних и нижних частях верхней мантии развиваются конвекционные перемещения вещества. При этом более легкие расплавленные продукты верхней мантии поднимаются вверх, образуя так называемые мантийные диапиры. Эти мантийные вздутия, в свою очередь, приподнимают земную кору. При этом она становится более тонкой (до 25—30 км), раскалывается, дробится и раздвигается в виде отдельных блоков. В результате над мантийными диапирами в земной коре формируются глубокие линейно вытянутые впадины, называемые рифтами, из которых нередко развиваются геосинклинальные прогибы. Рифты выражены в рельефе долинами рек, озерами; геосинклинали — морями и отдельными частями океанов, в которых накапливаются огромные объемы осадков. Эти отложения, имеющие толщину 5—10 км и более, интенсивно прогреваются за счет воздействия мантийного диапира, нагретого до температуры 1200 °C. Примерами рифтовых прогибов являются оз. Байкал, заливы Суэцкий, Камбейский, Кука, долина р. Рейн и др. К геосинклинальным прогибам можно отнести Красное и Средиземное моря, Аденский и Мексиканский заливы, окраинные моря Индийского и Тихого океанов. В пределах этих акваторий формируются крупные осадочные бассейны толщиной 5—15 км. Как правило, в них содержатся заметные количества залежей нефти и газа.

Рифты обычно группируются в системы протяженных и различно сочетающихся друг с другом впадин, охватывающих значительные пространства. Сочленение отдельных рифтов происходит различными способами, но наиболее характерным является тройное, напоминающее трехлучевую звезду.

Период образования рифтов — первый этап формирования мощных осадочных бассейнов. Обычно этот процесс сменяется

возникновением обширных опусканий земной коры, приводящих к появлению синеклиз и других крупных впадин. Как правило, центры прогибания этих депрессий располагаются непосредственно над рифтовыми зонами и местами их сочленения. Погружение охватывает не только зоны рифтов, но и сопряженные с ними обширные участки земной коры, на которых появляется так называемый плитный чехол осадочных пород, имеющий значительную мощность в пределах очагов прогибания.

Плитный чехол нередко формируется не только в связи с воздыманием мантийного диапира и горизонтальным расхождением блоков земной коры. Как отмечают некоторые исследователи, механизм прогибания связан с фазовым превращением более легких пород — базальтов — в тяжелый эклогит, из которых сложены нижние части литосферы². Это приводит к уплотнению вещества и его погружению, что влечет за собой в первую очередь общее опускание земной коры.



Приуроченность некоторых районов образования нефти и газа к рифтовым зонам осадочных бассейнов: Западно-Сибирского (слева), бассейна Северного моря (справа).

-  Межрифтовые блоки фундамента
-  Рифты
-  Главная зона образования нефти
-  Главная зона образования газа
-  месторождения нефти и газа
-  Граница бассейна

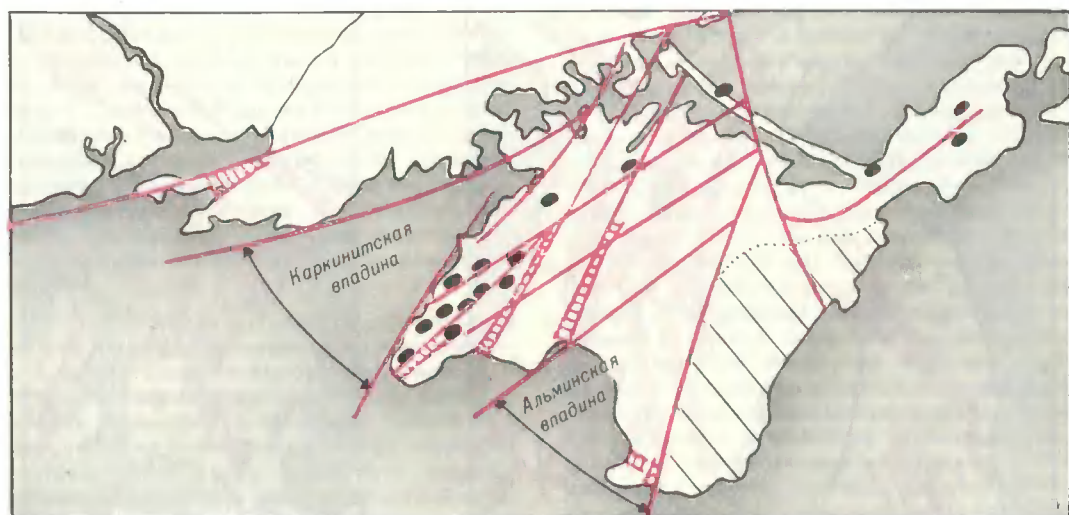
Особенно важно для образования нефти и газа возникновение в мощном слое осадочных пород раскрывающихся трещин, которые служат путями движения прогретых до высоких температур флюидных потоков из верхней мантии Земли. К ним относят листрические (лопатовидные) сбросы в рифтовых зонах, трещины раскрытия, называемые в Исландии гьярами, клиновидные раздвиги. Например, при анализе космических снимков западного побережья Крымского п-ова, где обнаружены скопления нефти и газа, отчетливо вы-

² А р т ю ш к о в Е. В. Как образуются глубокие впадины на континентах? — Природа, 1984, № 9, с. 89.

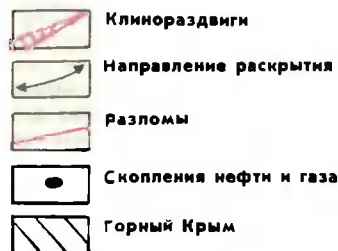
деляется целый ряд клинообразных трещин, которыми являются Каркинитский и Донузлавский заливы и другие структуры, раскрывающиеся в сторону моря.

Раскрывающиеся разрывы пород появляются не только при возникновении рифтов, но и на этапе образования плитного чехла и формирования синеклиз. При крупных погружениях из-за сферической формы поверхности Земли накапливающиеся слои вначале сжимаются и несколько уплотняются, а затем при дальнейшем прогибании испытывают растяжение. В резуль-

Режим существования раскрывающихся трещин зависит от продолжительности периода погружения и сопровождающего его раздвижения. При длительном действии этих процессов тепло и водогазовая смесь будет поступать по этим трещинам непрерывно и в течение продолжительного времени. При их импульсном, дискретном, действии раскрытие будет сменяться сжатием, а погружение — подъемом слоев, и, следовательно, воздействие теплового газово-жидкого потока будет происходить ограниченное время. Есте-



Трещины раскрытия западного Крыма, установленные при расшифровке космических снимков.



тате появляются трещины, расширяющиеся к нижним слоям бассейна и к его фундаменту. Расчеты Ю. А. Косыгина показали, что при ширине прогиба 100 км суммарная амплитуда раздвижения на глубине 10 км составляет 2—20 км, а на глубине 20 км — 8—40 км.

венно, что в первом случае возникают условия для более интенсивного образования нефти и газа.

Из сказанного следует, что всякое мощное осадконакопление приводит к появлению очагов образования нефти и газа и сопровождается образованием вертикальных путей миграции углеводородов, генерируемых этими очагами. По этим же путям поднимаются восходящие флюидные потоки — продукты дегазации мантии и нижних частей земной коры. За счет действия этих потоков осуществляется перенос тепла и массы и улучшаются условия миграции углеводородов из материнских толщ в коллекторские горизонты, другими словами, активизируется деятельность очага нефтегазообразования.

Эти обстоятельства стали выясняться в последние годы при изучении различных рифтовых зон Мирового океана, таких как Галапагосский рифт, рифты Красного моря, Калифорнийского залива и др. В этих рифтовых зонах были открыты мощные гидро-

термальные источники, из которых изливаются нагретые до 250—350 °С потоки воды, насыщенные углекислым газом, сероводородом, водородом, гелием, метаном, гидроокислами и сульфидами металлов и рядом других компонентов. Именно эти потоки являются носителями тепла и увеличивают значение геотермического градиента в рифтовых зонах, способствуют активному «созреванию» органического вещества осадочных пород и генерации углеводородов. Можно предполагать, что, кроме того, горячий газовой-жидкий поток рас-

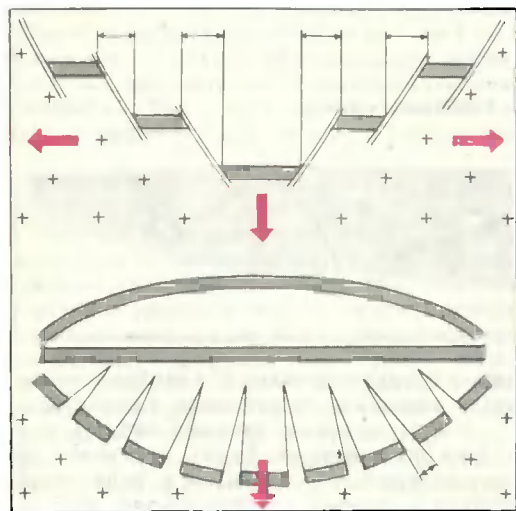
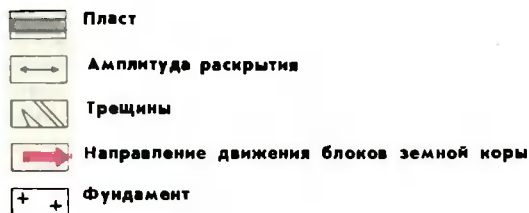


Схема формирования трещин: вверху — при образовании рифтовых впадин, внизу — при общем погружении отложений.



творяет углеводороды нефтегазоматеринских отложений и переносит их в породы-коллекторы.

Уместно отметить, что первичная миграция углеводородов из нефтегазоматеринских толщ за счет их растворения водноуглекислыми флюидами — наиболее

реальный механизм образования скоплений нефти и газа. Подсчеты белорусских геологов А. В. Кудельского и В. М. Бурака показали, что в 1 м³ газовой смеси, состоящей из 93 % метана и 7 % этана, пропана, бутана, азота и углекислоты, при 100 °С и давлении около 40 МПа растворяется от 26 до 35 кг нефти, при давлении 70 МПа и той же температуре — до 97—113 кг, при температуре 200 °С, а давлении примерно 90 МПа — 212 кг.

Азербайджанский геолог Ш. Ф. Мехтиев считает, что взаимодействие глубинных флюидов с углеводородами и определяет образование нефти и газа. Газово-флюидный поток образуют не только те газы, которые продуцирует мантия, но и те, которые генерируют метаморфические толщ и осадочные породы, находящиеся в главной зоне газообразования.

Существование глубинных флюидных потоков подтверждается и результатами бурения самой глубокой в мире Кольской скважины. Установлено, что на глубинах от 4,5 до 11 км и более существуют насыщенные трещинами зоны, по которым циркулируют сильно минерализованные воды, содержащие бром, йод, тяжелые металлы, водород, гелий, азот, метан. При изотопном анализе углерода углекислоты оказалось, что его образование связано как с мантийным веществом, так и с осадочными породами.

Об этом же свидетельствует и изучение газово-жидких включений в кварцево-кальцитовых гидротермальных жилах, пронизывающих осадочные толщ, в составе которых, по данным Ф. П. Мельникова и ряда других исследователей, имеются углеводородные, углекислые, сероводородные и водные компоненты.

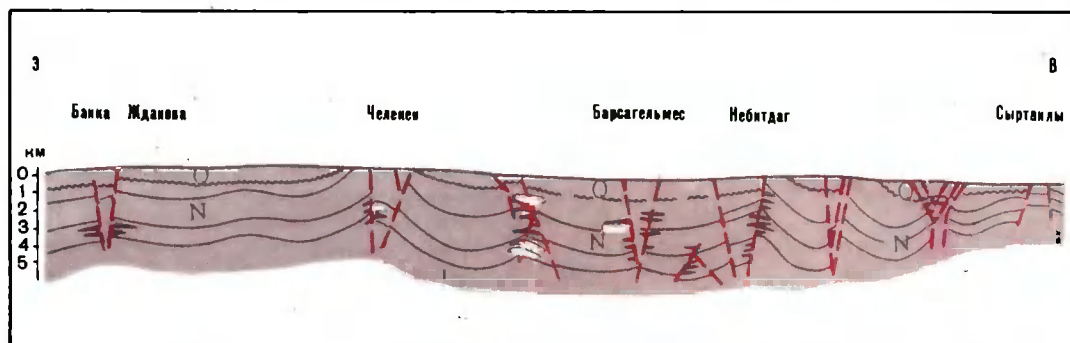
Таким образом, мы приходим к очень важному выводу: нефтегазоносность осадочных бассейнов предопределена тремя условиями: накоплением мощного слоя осадков, существованием раскрывающихся трещин и поднимающимся из глубин прогретым до высоких температур флюидным потоком. В этом случае наблюдаются все отмеченные характерные черты крупных нефтегазоносных бассейнов: большая скорость накопления осадков, высокий геотермический градиент и большая толщина разреза.

О ФОРМИРОВАНИИ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА

Существование в осадочных бассейнах раскрывающихся нарушений позволяет

несколько иначе взглянуть на механизм формирования нефтегазовых месторождений: в нижних частях бассейнов он будет обусловлен главным образом вертикальной миграцией углеводородов, а в верхней — боковой (латеральной). При этом надо иметь в виду, что нефть и газ, сосредоточенные в залежах, составляют очень небольшую долю от общего количества углеводородов, генерируемых нефтегазоматеринскими породами. Эта доля, выраженная в процентах и названная коэффициентом аккумуляции, не превышает 1—2 %,

Перемещение углеводородов из нижних частей нефтегазоносных бассейнов, где господствуют температуры 150—300 °С, происходит, скорее всего, в виде вертикально поднимающихся однофазных гомогенных растворов. Об этом, в частности, свидетельствуют и исследования углеводородных газовой-жидких включений минералов гидротермальных жил. В более высоких частях бассейна, где вертикальные трещины исчезают, а температуры и давление уменьшаются, жидкие углеводородные компоненты растворов будут выде-



Профиль через красноцветную толщу плиоценовых отложений Западной Туркмении. Формирование нефтяных и газовых залежей здесь шло за счет вертикальной миграции углеводородов из нижних слоев. Залежи в основном приурочены к разломам. Q — четвертичные отложения, N — неогеновые.



редко поднимаясь до 10 % и более. В таких же соотношениях находится и количество углеводородов по отношению к общему количеству рассеянного органического вещества осадочных пород. Таким образом, лишь относительно небольшая часть углеводородов попадает в ловушки. Остальная рассеивается в породах или остается в растворенном виде в подземных водах. Подземные воды — глобальный поглотитель углеводородных газов, содержание которых достигает, по данным Л. М. Зорькина, 10^{16} м³, что на несколько порядков превышает ресурсы газа во всех известных месторождениях.

ляться (конденсироваться) в свободную фазу и насыщать имеющиеся резервуары.

Формирование залежей нефти и газа в этих резервуарах будет протекать за счет латеральной миграции в виде струй жидких и газовых углеводородов, находящихся в свободной фазе. Выпадение углеводородов в свободную фазу из водных растворов будет иметь место при смене погружения бассейна его подъемом, когда подземные воды окажутся в условиях меньшего давления и более низких температур. Картина в целом в определенном смысле напоминает распределение облаков в атмосфере, располагающихся за счет конденсации влаги на различных высотных уровнях.

Таким образом, в нижних частях бассейнов скопления нефти и газа будут формироваться за счет вертикальной миграции углеводородов в растворенной газовой-жидкой форме по трещинам растяжения, а в верхней — за счет боковой миграции в свободной фазе по коллекторским горизонтам. Движение мигрирующих углеводородных потоков будет происходить до тех пор, пока на их пути не встретятся разнообразные по форме и происхождению ловушки, связанные или с изгибом слоев (шатровый тип), или с выклиниванием и экранированием слоев (тупиковый тип).

Важная особенность формирования скоплений нефти и газа — их достаточно большая скорость. Считается, что независимо от их размеров месторождения образуются за 2—10 млн лет — время максимальной производительной деятельности генерационного потока.

Механизм формирования залежей в бассейнах за счет вертикальной миграции по трещинам растяжения приводит к появлению в этих бассейнах определенной глубинной зоны размещения основных залежей нефти и газа. Эту зону можно выделить в качестве главной нефтегазовой зоны бассейна. Она обычно располагается над очагом генерации на глубинах от 1 до 3 км. Залежи в этой зоне группируются вдоль основных зон нарушения и определяющих их трещин. Так, например, располагаются залежи нефти и газа в Западной Туркмении.

УГЛЕВОДОРОДНАЯ СФЕРА ЗЕМЛИ

Итак, создание общей теории нефтегазоносности земных недр должно базироваться на представлении о том, что образование нефти и газа — закономерный результат взаимодействия основных оболочек Земли: биосферы, гидросферы, литосферы и верхней мантии. Исходным материалом для нефти и газа являются преобразованные продукты деятельности биосферы, которые транспортируются и изменяются в промежуточной сфере седиментации (осадконакопления) — седиментосфере, в качестве которой выступает наземная гидросфера, оказываются погребенными в верхних частях литосферы. Там под воздействием глубинного тепла и газово-жидкого потока, поступающих из разогретой до 1000—1200 °C верхней мантии, происходит преобразование органического вещества и генерация жидких и газовых углеводородов, отрывающихся от материнской породы и мигрирующих по пористым проницаемым толщам к ловушкам, где они и скапливаются.

Повсеместность (глобальность) распространения углеводородных соединений, их устойчивость по отношению к внешнему влиянию, огромный энергетический потенциал, особенности химического состава и динамических свойств, физико-химические параметры существования — все это позволило автору этой статьи вместе с Ф. П. Мельниковым рассматривать всю совокупность нефти, ее производных и углеводородного газа земной коры в качестве самостоятельной оболочки — углеводородной сферы Земли.

Под углеводородной сферой понимается пространство существования углеводородных соединений и их производных, которые могут находиться в газовом, жидком, полужидком и твердом состоянии, быть растворенными в подземных водах, а также существовать в виде газово-жидких включений в минералах. Концентрация углеводородных соединений может колебаться в очень больших пределах от гигантских скоплений газа и нефти до микроскопических капельных проявлений. Углеводородная сфера не имеет своего обособленного пространства, а располагается в трещинах и порах верхней части литосферы, сложенной осадочными, метаморфическими и кристаллическими породами, и в значительной части занятой подземными водами.

Толщина этой сферы и концентрация углеводородных соединений неодинаковы в разных частях Земли. Нижняя ее граница, по-видимому, находится на глубинах с температурами около 300 °C, где углеводородные соединения под действием температуры будут разлагаться на составные части. Верхняя граница совпадает с приповерхностной зоной, в пределах которой кислород превращает углеводороды в воду и углекислоту.

Таким образом, углеводородная сфера Земли возникла на достаточно ранних стадиях существования Земли, по-видимому, одновременно с биосферой, а если брать лишь метановую составляющую, то и раньше биосферы. За всю последующую историю продолжительностью свыше 3,5—4 млрд лет образовалось колоссальное количество углеводородов, значительная и еще полностью не оцененная часть которых сконцентрирована в месторождениях нефти и газа, а также в подземных водах. Необходимо еще раз подчеркнуть, что углеводородная сфера, с одной стороны, образовалась под действием внешних (экзогенных) сил и внешних источников энергии, и в основном Солнца, а с другой — под воздействием внутренних (эндогенных) сил и внутренних источников энергии. Оба эти фактора воздействия тесно связаны друг с другом, и недооценка любого из них может привести к неправильным выводам о происхождении таких важнейших полезных ископаемых как нефть и газ.

Летучие собаки в Рижском зоопарке

И. А. Денисов
Рига

Египетская летучая собака (*Rousettus aegyptiacus*) относится к одному из крупнейших отрядов современных млекопитающих — рукокрылым. По отдельным признакам — характеру питания, ряду анатомических особенностей — некоторых рукокрылых, в том числе и летучую собаку, выделяют в подотряд крыланов, насчитывающий около 150 видов. Все крыланы — жители Старого Света. Египетскую летучую собаку можно встретить на Ближнем Востоке и в Африке (от Египта на севере до Анголы на юге). Этот вид обычен, а в некоторых местах и многочислен, но тем не менее биология летучих собак изучена не полностью.

Многое можно было бы узнать, наблюдая за их жизнью в неволе, однако не так уж часто встретишь летучих собак в зоопарках, редкость и их размножение здесь: только в 9 зоопарках Европы и Америки удалось получить приплод.

В Рижском зоопарке первая летучая собака (самка) появилась в 1975 г., а через 6 лет из Калининграда прибыл взрослый самец. Безусловно, мы надеялись получить от этой пары потомство, и спустя год надежды наши оправдались: в 1982 г. у египетских собак родился детеныш. Это был первый приплод летучих собак в СССР. Затем в следующие два года у этой же пары дважды рождалось по одному детенышу. Стало очевидным, что размножение летучих собак в нашем зоопарке — не случайность.

Летучие собаки невелики по размерам: длина их тела



Самка с четырехдневным детенышем. Уцепившись за шерсть матери, детеныш висит у нее под крылом.

около 14 см, голова составляет почти треть всей длины. Животные покрыты короткой пепельного цвета шелковистой шерстью. Самец отличается от самки своеобразной гривой из ярко-желтых волос. Удлиненная мордочка, крупные карие глаза,

длинные уши и постоянно мокрый нос летучей собаки придают ей некоторое сходство с домашней собакой.

Как и многие другие рукокрылые, крыланы висят вниз головой, ухватившись обеими или только одной задней конечностью за какой-нибудь выступающий предмет, причем голову держат перпендикулярно туловищу. Летучие собаки в неволе летают очень редко, но часто разминают крылья, которые достигают в размахе полуметра. Это очень плотные животные: они подолгу, тщательно вылизывают шерстку и перепонки крыльев; при опорожнении кишечника и мочевого пузыря переворачиваются вверх головой, повисая на двух пальцах передних конечностей.

Питаются летучие собаки только растительной пищей — нектаром цветов и соком плодов многих тропических растений. Взяв корм в рот, они тщательно пережевывают его, языком выдавливают сок, а оставшуюся мякоть выплевывают. Будучи голодными, собаки напоминают о себе громким писком. В зоопарке они едят также тертую морковь, яблоки, огурцы, свеклу, но предпочитают апельсины, бананы, виноград, особенно же любят соки манго, авокадо, папайи. В природе египетские собаки иногда совершают налеты на фруктовые плантации и становятся бичом садоводства.

У летучих собак хорошо развиты слух и обоняние, они способны также к эхолокации.

Своих подопечных мы содержали круглый год в вольере (1,7×1,7×1,6 м), в которой поддерживали необходимые для них температуру (18—22 °C) и относительную влажность воздуха (60 %). Жили летучие собаки обычно дружно, лишь изредка среди них возникали конфликты из-за лакомого корма. Спали они, спрятав голову под крыло, часто — прислонившись друг к другу.

Мы не наблюдали какой-либо сезонности в размножении летучих собак, даже во время беременности бывали копуляции, поэтому точно определить продолжительность внутриутробного развития нам не удалось.

У новорожденных летучих

собак глаза и слуховые проходы слегка приоткрыты, перепонки сморщены, выглядят малыши совершенно беспомощными. Сразу после рождения детеныш повисает под крылом матери, крепко держась лапками за ее шерсть. На третий день жизни у детенышей полностью открываются глаза и расправляются крылья, они становятся точной миниатюрной копией взрослого животного. В четырехдневном возрасте детеныш уже разминает крылья, не переставая при этом висеть под материнским крылом. К двум неделям он становится более самостоятельным, изредка оставляет мать и пробует свои силы, повиснув на чем-нибудь.

Детенышей мы содержали отдельно от родителей и вскармливали искусственно. В течение 15 дней их кормили молочной смесью «Малютка» и пюре из плодов манго, выдавливая из шприца 3—4 мл этой смеси постепенно, чтобы малыши не захлебнулись. В это время их приходилось кормить 15 раз в сутки, затем число кормлений стали сокращать и постепенно заменили молочную смесь фруктовыми соками, разнообразными фруктово-молочными и фруктово-овощными смесями. В месячном возрасте стали приучать их к пище взрослых животных — фруктам и овощам, добавляя немного плавящего меда. Только к двум месяцам детеныши стали питаться самостоятельно, и проблемы с кормлением отпали. Подкармливать детенышей необходимо и в том случае, когда их кормит мать, поскольку через месяц после родов лактация у нее заканчивается.

Надо сказать, что отдельное содержание детенышей и родителей было некоторой перестраховкой с нашей стороны, хотя основания для опасений за жизнь детенышей были. Вполне миролюбивый первые две недели их жизни, самец позже обычно отгоняет их от матери, пытаясь спариваться с ней, причем самка вовсе не делает попыток защитить своего детеныша. Оказалось, что предотвратить возможные травмы легко: нужно отсадить самца, но так, чтобы он не только не мог видеть самку, но даже и слышать издаваемые ею звуки.

Мы заметили, что самки египетских собак — заботливые матери: они закрывают своих детенышей крылом при любой опасности, тщательно вылизывают шерстку и подхвостье. Эта гигиеническая мера, которую нам приходилось имитировать, совершенно необходима: ведь до пятидневного возраста детеныши висят только вниз головой и еще не могут перевернуться для дефекации и мочеиспускания, как это делают взрослые.

До двух месяцев малыши спят большую часть суток, просыпаясь только для кормления и чтобы размять крылья. Летать, однако, они никогда не пытались, хотя простора для этого было вполне достаточно. Удивительно, что даже в квартире, где было гораздо просторнее, чем в вольере, детеныш лишь ползал по занавесу, но никогда не взлетал.

Когда одному из малышей исполнился месяц, его длина была 7,5 см, голова казалась очень крупной (4,2 см), крылья в размахе были более 50 см, появились некоторые зубы.

В полтора года летучие собаки еще не достигают размеров родителей, но к этому времени, по-видимому, наступает половая зрелость самцов — они уже пытаются спариваться. Оранжевый воротник — прекрасное украшение самцов — появляется у них к трехлетнему возрасту.

Выкормленные нами детеныши египетских летучих собак, как, впрочем, и их родители, были абсолютно ручными и очень общительными.

Сейчас в Рижском зоопарке живут 5 египетских летучих собак: 3 взрослых (к нашей паре прибавился еще один самец из Таллинского зоопарка) и два молодых самца, родившихся у нас (к сожалению, самочка, которая родилась в 1984 г., погибла). Наблюдения за крыланами продолжаются, мы надеемся полнее изучить их биологию и добиться стабильного размножения.

Перевод и культура

Е. Л. Фейнберг



Евгений Львович Фейнберг, член-корреспондент АН СССР, заведующий сектором взаимодействия частиц высоких энергий Отдела теоретической физики им. И. Е. Тамма Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР. Основные труды — в области физики высоких энергий и элементарных частиц, физики нейтронов, статистической акустики, радиофизики. Опубликовал ряд статей по эстетике и философским проблемам науки. Автор монографий: Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. М., 1961; Кибернетика, логика, искусство. М., 1981. Неоднократно публиковался в «Природе».

Памяти С. А. Ошерова

Очевидно, что деятельность по переводу иноязычной литературы играет огромную роль во взаимопроникновении и взаимообогащении национальных культур. Однако стоит подробнее рассмотреть этот вопрос и, в частности, обратить внимание на то, что именно в таком аспекте перевод научного текста решает задачи в самой основе принципиально иные, чем возникающие при переводе художественного текста.

Эстетическое значение художественного текста определяется не столько прямо выраженным его содержанием, сколько обилием ассоциаций, которые словом или вообще текстом вызываются в сознании и подсознании читателя. Они порождаются как семантикой, так и ритмикой, и фонетикой, даже просто звучностью слова. Общность культуры, характера воспитания, условий жизни автора и читателя обеспе-

чивает известную общность и достаточное богатство подобных ассоциаций. Именно оно обеспечивает силу художественного воздействия и является основой взаимопонимания художника и аудитории. Следовательно, художественный текст принципиально «полисемантичен». Перевод на другой язык призван перенести всю подобную «полисемантику» в другую культуру. Очевидно, что в полной мере такой идеал недостижим. Для иноязычного читателя (обычно это значит также — для читателя иной культуры) порождаемые переведенным текстом ассоциации в некоторой, как правило, весьма значительной степени будут отличными, полисемантика будет иной. Задача адекватного художественного перевода состоит в том, чтобы по возможности смягчить это различие, приблизиться к идеалу, всегда недостижимому и обычно очень далекому.

Разумеется, все это свойственно не только языковому художественному общению, но и любому искусству, любой знаковой системе, переводимой в знаковую систему иной культуры. Особенность перевода языкового текста, однако, состоит в том, что требуется, оперируя словами-понятиями, передать нечто, выходящее за пределы понятийного высказывания.

Переработанный вариант статьи «Methods of Creating Scientific Terminology», опубликованной на английском языке в журнале Международной федерации переводчиков при ЮНЕСКО «Babel», 1984, т. XXX, № 1, с. 52. Я решаюсь посвятить эту статью памяти филолога-античника, переводчика поэзии и прозы с древних и современных европейских языков, члена редколлегии журнала «Babel» Сергея Александровича Ошерова (1931—1983), по инициативе которого она была написана.

Различие культур может существовать на еще более глубоком уровне. Так, например, лингвисты и психологи подчеркивают, что это различие может проявиться в разном соотношении целостно-образного и языково-аналитического мышления¹. Ссылаются, в частности, и на специальные эксперименты, и на работы японского психолога М. Кикучи, усматривающего различие в типах мышления японцев и представителей европейской цивилизации, отмечаящего, что для английского языка характерны буквенное выражение, ориентация на логику, линейная структура, в то время как японский язык более ориентирован на чувство и выражает содержание с помощью аналогий. В этом и в других характеристиках, даваемых Кикучи, авторы видят прямое отражение исторически воспитанного различия в относительной роли функционирования полушарий².

Таким образом, перевод художественного текста должен установить такое соответствие между аналитически-языковыми системами разных культур, которое по возможности проецировало бы также целостно-образное мышление одной культуры в другую. Все это, конечно, больше, чем то, что выражается словом «полисемантика». Упомянутые выше ритмика, фонетика, а иногда и смысловая неоднозначность призваны привлечь подсознательные ассоциации, которые помогают в той или иной мере осуществить это — никогда полностью не осуществимое — задание.

При переводе же научного текста возникает прямо противоположная (в этом плане) задача: необходимо передать точный и однозначный смысл слова, полностью идентичный в науке любой страны, любого языка. Если слово помимо чисто научного значения имеет и вненаучное («поле», «кривая» в математике и физике), то вненаучные ассоциации отсеиваются автором и читателем; они могут, как мы сейчас поясним, только повредить делу. Таким образом, задача перевода научного текста в принципе неизмеримо проще, чем та, которая встает при переводе художественного текста, но именно только в принципе. Реально же возникают специфические трудности, из-за которых положение очень осложняется. Это связано прежде

всего с проблемой передачи специальных терминов, появляющихся по мере развития знания в угрожающе растущем количестве. С тех пор как наука отказалась от единого всемирного языка — латыни и термины стали вводиться «открывателями» в той или иной стране почти по произволу, проблема установления и перевода терминологии решается несколькими способами.

Первый из них таков. Для нового предмета, явления или качества используют какое-либо обычное вненаучное слово, которое вызывает близкое образное представление. Иными словами, — и это уже обсуждалось разными авторами — специальный термин возникает вначале в виде метафоры. Затем он закрепляется в своем специальном научном значении и используется уже вне связи с вненаучными ассоциациями. Этот уход от вненаучного значения слова совершенно необходим.

В самом деле, например, русское слово «кривая» в геометрии имеет смысл, точно передаваемый английским «curve» или немецким «Kurve». Между тем вне науки русское слово «кривая» имеет и другие значения, как правило, означающие нечто уродливое, нехорошее («он предпочитает кривые пути», — говорят о нечестном человеке; «он кривой», — говорят о слепом на один глаз). Подобных ассоциаций не вызовет ни английское «curve», ни немецкое «Kurve». В геометрии упомянутые ассоциации не только не нужны, но и вредны, они уводили бы в ложном направлении, потому что здесь под «кривой» понимается и окружность — идеальная кривая древней и средневековой натурфилософии, — и не менее гармоничный, изящный эллипс, и т. д. Вся специфика ассоциаций — ненужных и даже вредных, — сопровождающих слово «кривая» в русском языке, в научной терминологии отсекается, и идеальный перевод возможен.

В то же время обобщенность научного термина порождает свой собственный круг ассоциаций, в силу единства науки тождественный для всех языков. Например, слово «поле» в физике («электромагнитное поле» и т. п.) и в математике («поле вектора» и т. п.) первоначально было введено явно потому, что оно означает, как и во вненаучном тексте, нечто бесконечное или очень протяженное, непрерывное, более или менее спокойное. В создании ассоциаций такого типа в русском языке играет роль не только привычный зрительный образ поля, который, конечно, сохранится при переводе и в английском «field», и в немецком «Feld», и во французском «champ», но и звучание

¹ Иванов Вяч. Вс. Чет и нечет. Асимметрия мозга и знаковых систем. М., 1978; Ротенберг В. С., Аршавский В. В. — *Вопр. философии*, 1984, № 4, с. 78.

² Ротенберг В. С., Аршавский В. В. — Там же, с. 83.

слова: ударение на первом слоге и мягкое «л» в русском «поле» способствуют созданию образа чего-то затухающего в далекой дали. Этого не передают упомянутые односложные слова других языков с их твердым «л» или носовым «ā». Поэтому при переводе художественного текста столь важный для него элемент будет утрачен³. В научном же тексте подобная утрата, или в данном случае можно сказать очистка, слова может быть даже полезна. Дело в том, что в физике и математике то же слово вызывает совсем другие ассоциации. Прежде всего, здесь поле может быть (и чаще всего бывает) не двумерным, а объемным, заполняющим трехмерное пространство, и даже многомерным. Далее, здесь утрачивается характерное представление о ровности, «невозмутимости», спокойствии. Наоборот, характерным становится образ бегущей волны (электромагнитное поле света, поле радиоволн, звука, поле ударной волны и т. п.). Наконец, поле «подвергается квантованию», и оно предстает как совокупность бегущих во всех направлениях объемных волн разной длины и разной амплитуды, причем каждая из этих волн — отдельная сущность, «квант поля». Таким образом, в значительной мере утрачивается даже непрерывность.

Важно, что вся эта совокупность, все многообразие научных представлений и ассоциаций точно и однозначно, одинаково передается словами «поле», «field», «Feld», «champ» и т. д. в науке любой страны, любого языка, любой культуры. Метафорическое же художественное значение исчезает или, во всяком случае, резко ослабляется.

Иногда венауное слово с самого начала используется не метафорически, а, как представляется при введении этого термина, для точного обозначения фундаментального свойства обозначаемого объекта. Это опасный путь. Последующее развитие науки может опровергнуть эти представления, слово тогда оказывается никак не связанным с подлинными свойствами объекта, и тем не менее термин удерживается в науке по традиции. Его происхождение иногда даже забывается (и это хорошо), оно остается в роли

совершенно произвольного, но общепринятого условного ярлыка — это второй метод установления терминологии.

Так, Дж. Максвелл, создавая в XIX в. свою теорию электромагнетизма, ввел новое физическое понятие и обозначил его словом «displacement», поскольку он полагал, что это слово правильно отражает физическое явление, состоящее, по его мнению, в смещении частичек эфира. Этот термин давно принято переводить на русский язык точно по словарю столь же не специфически научным словом «смещение». Но теперь мы знаем, что, хотя гениальная теория Максвелла правильная, никакого смещения частичек несуществующего эфира в действительности нет, это слово в физике уже не несет такой смысловой нагрузки. Тем не менее и английский термин сохранился, и на русский язык он по-прежнему переводится в соответствии с венауным смыслом словом «смещение». Образ же реального перемещения при использовании научного термина подсознательно полностью отбрасывается, подавляется.

Другой пример — термин «атом», от древнегреческого «ἄτομος», который был введен для обозначения первичных неделимых частиц вещества. В XX в. стало ясно, что атом делим в очень большой степени, термин стал противоречить подлинному свойству обозначаемого объекта, но он сохранился по традиции. В этом случае положение облегчается тем, что в русской литературе это слово вовсе не переводится, переносится без изменения, а неправильный смысл выражен словом старого языка, не имеющим вне науки для огромного большинства людей какого-либо значения.

Наконец, еще один пример. Все более глубокое изучение строения вещества, раскрывшее делимость атома, привело в начале XX в. к открытию частиц, составляющих ядро атома, — протона, а впоследствии нейтрона. Затем были открыты и другие частицы того же уровня — позитроны, мезоны. Всех их стали объединять понятием «элементарная частица». Однако через полвека стало ясно, что многие из них отнюдь не являются элементарными, а сами сложным образом построены из других частиц — кварков и глюонов — или из частиц того же ряда, что они сами. Называть их элементарными стало неудобно, начали применять термин «фундаментальные частицы», но и это нехорошо, потому что теперь подумывают о возможности сложного строения самих кварков. Поэтому часто пред-

³ Действительно, представьте себе, например, исполнение известной песни композитора Л. Книппера «Полюшко-поле» на английском языке. Напевность самих этих мягких слов, столь важная для слияния с протяжной музыкальной темой и создания единого образа, мгновенно утрачивается при замене на обрывистое и жесткое «field».

почитают вовсе опускать эпитет и говорят просто о «частицах». Конечно, создается неудовлетворительное положение. Ведь в физике встречаются и частицы кристалла, воды и т. п.

Если подобный термин появился на основе живого языка, то возникает общий вопрос: следует ли буквально переводить его на другой язык словом, имеющим также внаучное значение, или лучше ограничиться транслитерацией (интервью, уик-энд и т. д.)? Этот вопрос остается нерешенным, и он встает не только в науке, но и в любом профессиональном языке — в спорте, в коммерции, в дипломатии и т. д. По-видимому, в науке преобладает стремление осуществлять перевод терминов с языка на язык. Во всяком случае в русской литературе по физике применяют и «смещение», и «фундаментальные частицы», и т. д. Однако недостатки такого решения проблемы очень значительны. Мы еще вернемся к этому вопросу.

Но эта практика не является всеобщей. Так, при создании квантовой механики в нее вошел математический немецкий термин «Eigenwert». В соответствующей русской литературе его принято переводить буквально — «собственное значение». Однако можно изредка встретить и «эйгенверт», склоняемый по правилам русской грамматики. В английской научной литературе, по-видимому, немецкое «Eigenwert» встречается даже чаще, чем переводное английское «proper value». Немецкое «Bremsstrahlung» в русской литературе переводят буквально, как «тормозное излучение», а в английской сохраняют немецкое слово в его исходном написании.

Существует и третий метод введения терминов, тоже основанный на использовании внаучных слов. Он порожден, вероятно, чувством известной беспомощности перед необходимостью дать термины для лавины новых явлений и качеств, вводимых в научный обиход. Речь идет об использовании внаучных слов, никак не связанных с их научным содержанием. Так, в физике частиц были открыты их новые характеристики (помимо массы, электрического заряда и др.), для обозначения которых на английском языке ввели термины «strangeness», «colour», «flavour», «beauty» и «charm». Лишь первый из них («странность») нельзя еще считать вполне случайным. Он, по крайней мере, отражал удивление перед необходимостью приписать частице некоторое новое загадочное качество (теперь это удивление вполне утрачено, понятие стало привычным). Осталь-

ные же упомянутые слова выбраны совершенно по произволу, и никакого отношения к их бытовому употреблению эти термины не имеют. Никакого «цвета» (colour), «аромата» (flavour), «прелести» (beauty) или «очарования» (charm) в обычном смысле у частиц, конечно, нет.

Здесь возникает принципиальный вопрос: нужно ли такие слова переводить? К сожалению, пока наблюдается тенденция отвечать на этот вопрос, по крайней мере в русской научной литературе, положительно. «Strangeness», «colour» уже переводятся всегда как «странность» и «цвет», «flavour» почти всегда «аромат», но для «beauty» перевод «прелесть» применяется еще очень ограниченно. В принципе против такой практики трудно возражать. Как говаривал наш выдающийся физик А. А. Андронов, «любую вещь можно назвать трамваем, если только точно сформулировать, что под этим подразумевается». Однако неудобство от навязываемых вместе с таким словом внаучных ассоциаций все же остается.

Как же могла возникнуть такая удивительная терминология? По-видимому, в основном здесь проявилось просто озорство. Дело в том, что кварки, являющиеся составными элементами большого класса частиц (так называемых адронов), существуют в шести разновидностях. Как-то их нужно было различить, поскольку каждой разновидности присуще свое специфическое физическое свойство, которое сохраняется при взаимопревращениях взаимодействующих адронов, при их расщеплении и т. п. Конечно, эти свойства можно было бы просто перенумеровать — различать, скажем, кварки с индексами 1, 2 ... 6. Но это, видимо, показалось скучным. Разновидности стали называть «ароматами». Но и этого мало. Каждый кварк, как оказывается, обладает еще одним из набора трех качеств. Их называли «цветами» — желтым, красным и синим (хотя, разумеется, никакого отношения к реальным цветам это качество не имеет). В состав адронов входят и антикварки, и их иногда называют по тому же принципу антижелтым, антикрасным и антисиним (реальный адрон всегда должен быть «бесцветным» — цвета составляющих его кварков должны соответственно складываться и взаимно погашаться).

В результате, когда все буквально переводят на русский язык, можно встретить, например, такие вполне правильные с научной точки зрения фразы: «ф/1-частицы обладают скрытым очарованием, по-

сколько состоят из очарованного кварка и очарованного (точнее, антиочарованного) антикварка. Однако если очарованный кварк соединится с антикварком, не обладающим ни странностью, ни прелестью, ни очарованием, то возникнет D-частица, обладающая открытым очарованием. Если же антикварк-напарник обладает (анти)прелестью или (анти)странностью, то мы получим частицу с открытым очарованием и открытой (анти)прелестью или (анти)странностью. Подобно этому $\bar{U}$ -частица обладает скрытой прелестью, и т. д.⁴. Представляется, что при подобном словопотреблении избавиться от совершенно ненужной полисемантической не так просто. Неудивительно, что часто предпочитают просто транслитерировать («чарм» вместо «очарования»), либо возвращаются к упомянутой выше «скучной» возможности введения обозначений. Для этого используют первые буквы английских слов. Так появляются s-кварк, c-кварк, b-кварк и т. д. (но «цвет» остается).

Любопытно, что само слово «кварк» — удачный случай подобного ничем не ограниченного словотворчества. Взятое из романа Джеймса Джойса, оно лишь имитирует крик чайки в английской фразе, которая слышится во сне герою романа, и в романе не имеет никакого понятийного содержания. Быть может, именно из-за этого отсутствия постороннего смысла оно так хорошо вписалось в физику (оказалось, правда, что в немецком языке оно имеет даже три значения: «Quark — 1. творог; 2. грязь; 3. чепуха», и ему приписывается славянское происхождение⁵; трудно судить, насколько эта множественность значений мешает немецкоязычному читателю).

Существует точка зрения, что использование иноязычного слова в его исходном звучании, без перевода, засоряет язык. Вряд ли с таким пуризмом можно согласиться. При тактичном обращении происходит скорее обогащение языка. В русский язык входят не только «галлоши» (которые некогда пуристы предлагали заменить «мокроступами»), «футбол», «пенсия» с их новой яркой сферой ассоциаций, но и более точные, чем при использовании перевода по словарю, научные термины. Так, если в математике и в философии в русском тексте вместо слова «определение» сохраняется, казалось бы вполне эквивалентное ему, заимствованное слово «дефиниция»,

то это неспроста, а потому, что оно сразу настраивает на восприятие его именно научного, а не какого-либо иного значения (вроде значения в русской фразе «определить на службу» или «определить содержание» в смысле «установить определенное вознаграждение» и т. п.). Слово «дефиниция» сразу вводит в атмосферу научной строгости исходных положений при логическом рассуждении и т. п. Оно обогащает в этом смысле русский язык и играет в нем специфическую роль, которой нет у слова "definition" в языках, глубоко связанных с латынью.

Как уже говорилось, эта ситуация встречается отнюдь не только в науке. Например, футбольная терминология, введенная на родине футбола, долгое время сохранялась и в русском языке в неприкосновенности. Затем установилась традиция в большинстве случаев заменять английские слова из переводом («goalkeeper», «голкипер» — «вратарь» и т. п.), но сами слова («football», «goal», «футбол», «гол» закрепились в русском языке в точной фонетике оригинала. Для сотен миллионов людей эти слова, подчиненные уже правилам русской грамматики, склоняемые по-русски, несут огромную вполне ясную смысловую и ассоциативную нагрузку.

Почему стихийно устанавливается такая практика, при которой одни слова просто транслитерируют, а другие переводят? На этот вопрос, возможно, не способны ответить и специалисты-языковеды. Быть может, уже глухие, краткие и энергичные слоги «фут» и «бол» несут в себе эмоционально окрашенные ассоциации со звуком удара бутсы по мячу, столь дорогие сердцу заядлого поклонника этой игры.

Общая причина обсуждаемых трудностей очевидна — отсутствует единый язык-посредник, коим в науке в течение многих веков были древнегреческий, а затем латынь. Особое преимущество этих языков в такой роли состоит именно в том, что они являются «мертвыми», не употребляются вне науки и потому не вызывают ненужных вненаучных ассоциаций, которые иначе нужно было бы подсознательно подавлять. Появляется естественное желание использовать это их преимущество⁵. Так возникает четвертый метод введения науч-

⁴ Немецко-русский словарь. Под общей редакцией В. В. Рудаш. М., 1938.

⁵ Конечно, в медицине латынь сохранилась в качестве международного языка и поныне именно потому, что двусмысленность слова здесь может обернуться реальным несчастьем.

ных терминов, находящий очень широкое применение: пусть мы отказались от латыни как от единого языка науки — сохраним ее и древнегреческий хотя бы для создания научной терминологии. Благодаря этому вошли в науку нейтрон, трансурановые элементы, экология, биосинтез, ионосфера и многое другое. Если даже основания для выбора подобного термина впоследствии окажутся ошибочными (как случилось со словом «атом»), то это не принесет вреда. Каждое из таких слов не вызывает никаких ассоциаций, кроме чисто научных, и выполняет свою функцию полностью. Оно не переводится, необходимо лишь некоторое приспособление фонетики и суффикса к нормам языка перевода.

Наконец, в последнее время появился совершенно новый — пятый — принцип формирования терминов: образование во всех отношениях новых слов. Так, слово «лазер» возникло из сочетания первых букв слов во фразе, определяющей эту физическую систему на английском языке: «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation» («усиление света в результате вынужденного излучения»). Подобного же происхождения астрономический термин «кварзар» — «Quasistellar Radiosource» («квазизвездный источник радиоизлучения») и т. д. Такой термин нужно лишь слегка приспособить к тому или иному языку. Любопытно, что как раз в исходном английском языке слово «лазер» произносится как «лейзер», хотя в слове «Amplification» буква «а» читается как «э». Тем не менее перевода оно не требует. Это, несомненно, остроумный выход из трудного положения.

Все сказанное о научном переводе в полной мере относится по существу к любому профессиональному тексту, даже к дипломатии (в русском языке уже с давних времен утвердились «нота» и «меморандум», а в наше время — «пресс-релиз», «брифинг» и многое другое). Это верно, вообще говоря, и для гуманитарных наук. Но во многих случаях возникают огромные, с трудом преодолеваемые препятствия. Достаточно вспомнить, например, тяжкие проблемы, возникающие при переводе философских терминов. Так, кантовский термин «Wohlgefallen» всегда переводили как «удовольствие», хотя по его философскому смыслу у И. Канта (да и по языковой структуре «Wohl» значит «благо») следует предпочесть «удовлетворение» (или даже «ублаговотворение»)⁶. Его

же термин «Ding an sich» традиционно переводят, как «вещь в себе». Между тем А. В. Гулыга приводит серьезные соображения в пользу замены его на «вещь сама по себе»⁷, и т. д.

Однако когда мы переходим к искусствоведению, вообще к сочинениям по искусству, то положение приближается к тому, которое характерно для художественного перевода. Но и здесь иногда приходится идти на то, чтобы вводить иноязычные слова без перевода. («Plein air» в трактатах по живописи не переводят, а ограничиваются транслитерацией — «плэнэр», и т. п. И это понятно. Как перевести на русский язык «plein air», сохранив его подлинное значение? Это представляется просто невозможным.)

Подытоживая сказанное выше и возвращаясь к основной нашей теме — перевод и культура, можно, несколько повторяясь, сделать следующий вывод.

Задача художественного перевода состоит в том, чтобы обогатить художественную культуру мира спецификой художественной культуры страны-источника. Для этого необходимо донести не только прямой, выражаемый в понятиях смысл текста, но и все его образное и ассоциативное богатство. Такая задача тем труднее и неизбежные потери при переводе тем огорчительнее, чем отдаленнее друг от друга культуры источника и языка перевода. Но она тем важнее и тем благороднее.

Задача же перевода научного текста состоит в том, чтобы сделать общедоступными те элементы по существу единой всемирной научной культуры, которые возникли в рамках отдельной национальной культуры и уже существуют в ней. Для этого необходима лишь точная передача однозначного смысла текста. При наличии установленных словарей терминов она вполне осуществима. Если же на языке перевода еще не установился эквивалентный термин, то всегда можно ограничиться транслитерацией, перенести в него — быть может, с небольшим изменением фонетики — нужный термин из языка, в котором он впервые появился (и тем самым обогатить словарный фонд языка перевода, а значит и его культуру вообще).

Возникает искушение перевод художественного текста считать творчеством, а научного — ремеслом. Пойти на это мож-

⁶ Фейнберг Е. Л. — *Вопр. философии*, 1976, № 7, с. 93.

⁷ БСЭ, изд. 3-е, т. 6, с. 6.

⁸ Гулыга А. В. *Кант*. М., 1981, с. 102.

но было бы только, если придать слову «ремесло» его старинный смысл, которое оно имело в те времена, когда ремесленник вкладывал в работу творческий элемент, свою индивидуальность. Другими словами, это возможно, если противопоставлять ремесло не творчеству, а детализированному разделению труда в поточном машинном производстве, которое убило ремесло. Подобно этому и перевод научного текста можно в принципе передать машине, и совершенно так же исчезнет «ремесло» научного перевода. Ведь перевод научного текста требует не только знания предмета и терминологии, но и такого владения языком перевода, которое делало бы новый текст литературой.

Выше уже говорилось (в связи с термином «поле»), что научный термин нередко создает свою сферу ассоциаций. Те точность и краткость, которые Пушкин считал первыми достоинствами прозы, в научном тексте по самой сути являются обязательными. Бывает, что в научном сочинении прекрасное звучание и огромный объем ассоциации заключены в, казалось бы, самых простых, скупых и для непосвященного сухих словах, например, когда формулируется какой-либо важный закон природы (но отнюдь не только в таких случаях). Для человека эти же слова звучат так же, как для верующего слова молитвы. Поэтому если уж употреблять слово «творчество» в связи с проблемой перевода, то в одном случае уместно говорить о художественно-литературном, а в другом о научно-литературном творчестве.

Это различие ярче всего проявляется в отношении к проблеме языка-посредника, например в судьбе латыни. Утрата латыни в роли всемирного языка науки привела к потерям, которые компенсируются опорой на латынь и древнегреческий при формировании научной терминологии, транслитерацией терминов, изобретением совершенно новых слов, как об этом говорилось выше. Но никому не придет в голову сожалеть, что Сервантес и Шекспир не написали свои знаменитые произведения на латыни, которая в их время господствовала в науке и в церковном ритуале многих европейских стран. Было бы, разумеется, нелепым предполагать, что этот язык, язык Цезаря и Цицерона, слишком беден для художественной литературы. «Золотая латынь» была достаточно богатой и гибкой как орудие национальной художественной культуры у Горация, Вергилия и Овидия. Но в Новое время рост национальных культур в различных странах Европы, вытеснение латыни итальянским языком на ее родине привели к утрате ее значения для развивающегося художественного творчества. Поддержка со стороны научной и церковной практики, традиционное преклонение перед культурой латинян могли еще несколько веков гальванизировать художественную литературу на этом языке, создававшуюся в иноязычных странах. Такая литература появлялась и в XVIII, и чуть ли даже не в XIX в. Но теперь она почти забыта, так как не породила ничего, что можно было бы сравнивать с упомянутыми вершинами искусства.

К ЧИТАТЕЛЯМ «ПРИРОДЫ»

Подписка на журнал «Природа» не ограничена и принимается во всех отделениях связи на любой срок с любого месяца.

Цена одного номера — 80 к.

Подписная цена:

на год — 9 р. 60 к.

на полугодие — 4 р. 80 к.

на квартал — 2 р. 40 к.

Индекс 70707.

Обо всех случаях отказа в подписке просим сообщать в редакцию журнала по адресу: 117049, ГСП-1, Москва, Мароновский пер., 26.

ЗОЛОТЫЕ МЕДАЛИ ИМ. М. В. ЛОМОНОСОВА АН СССР ЗА 1984 Г.

Президиум АН СССР присудил золотые медали им. М. В. Ломоносова за 1984 г. академику Н. Н. Боголюбову за выдающиеся достижения в области математики и теоретической физики и иностранному члену АН СССР, профессору Р. Мессбауэру (ФРГ) за выдающиеся достижения в области физики.

В его работах органически сочетаются математика и физика

Академик А. А. Логунов

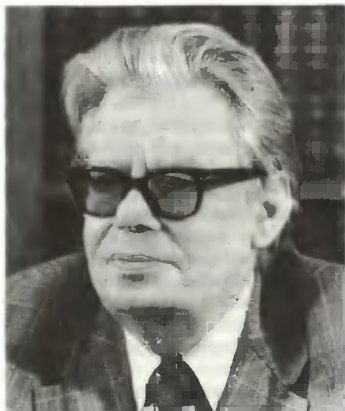
Достижения науки и техники в XX в. невозможно представить в отрыве от развития теоретической мысли. Теория не только завершает строгостью уравнений и формул осмысление изучаемых явлений природы, но своими предсказаниями стимулирует дальнейшее проникновение в глубины непознанного.

В первых рядах классиков современного естествознания стоит имя Николая Николаевича Боголюбова — крупнейшего физика-теоретика, математика и механика.

Имя и труды Н. Н. Боголюбова широко известны. Поле его научной деятельности простирается от тончайших проблем классической механики до самых глубинных проблем физики микромира.

Николай Николаевич Боголюбов родился 8(21) августа 1909 г. в Нижнем Новгороде (ныне г. Горький). Свою научную деятельность он начал в Киеве, где в возрасте 13 лет стал работать в научном семинаре академика Н. М. Крылова и уже в 1924 г. написал свою первую статью, связанную с проблемами теории дифференциальных уравнений.

Уже ранние работы по вариационному исчислению и дифференциальным уравнениям принесли молодому ученому мировую известность. В двадцать лет — премия Академии



Н. Н. Боголюбов.

наук Болоньи, тогда же — присуждена степень доктора наук.

Начиная с 1932 г. Н. Н. Боголюбов совместно со своим учителем Н. М. Крыловым приступил к разработке совершенно новой области математической физики — теории нелинейных колебаний, названной ими нелинейной механикой. Чтобы яснее понять ценность созданной Н. Н. Боголюбовым теории, нужно вспомнить характерные черты развития техники 30-х годов. В то время создавались быстрые самолеты, новые образцы автомобилей, кораблей; это были первые шаги техники больших механических перегрузок, деформаций. Прежняя линейная механика была не способна справиться с проблемами, выдвинутыми временем.

Основополагающие идеи и фундаментальные результаты Н. Н. Боголюбова в нелинейной механике составляют основу многих современных исследований по общей механике, механике сплошной среды, небесной механике, механике твердого тела и гироскопическим системам, теории устойчивости движения, теории управления, регулирования и стабилизации, механике космического полета, математической экологии и другим направлениям естествознания и техники.

Удивительный талант и глубокая научная интуиция Н. Н. Боголюбова позволяют ему формулировать и решать самые узловые вопросы теоретической физики, которые определяют магистральные направления научно-технического прогресса. В этом отношении показательны выдающиеся результаты Н. Н. Боголюбова по исследованию сверхтекучести и сверхпроводимости. Н. Н. Боголюбову удалось установить глубокую связь этих явлений, открыть, что подобные эффекты присущи и ядерной материи. И ныне микроскопические теории сверхпроводимости и сверхтекучести, созданные Н. Н. Боголюбовым, служат прочным фундаментом для изучения и практического использования этих явлений природы.

Умение логически выделить основное в явлении, увидеть проблему в целом — столь характерные стилю Н. Н. Боголюбова — блестяще проявились

в его исследованиях по статистической механике и квантовой статистике.

Методы и результаты Н. Н. Боголюбова по статистической механике равновесных и неравновесных, классических и квантовых систем открыли существенно новый этап в статистической физике. Вклад Н. Н. Боголюбова в эту область находится в одном ряду с трудами крупнейших физиков прошлого столетия — Дж. Гиббса и Л. Больцмана.

Н. Н. Боголюбову удалось совершенно по-новому подойти к изучению систем, состоящих из многих частиц, — статистических систем. Им было введено представление об иерархии времен, в течение которых происходят характерные изменения в таких системах. Опираясь на эти представления, исследователь как бы изучает объект через набор линз, дающих либо детальную, либо более общую картину его эволюции.

Этот новый шаг позволил, исходя из микроскопических представлений, создать универсальный метод получения общих кинетических уравнений в статистической физике. Результаты данных работ нашли широкое применение в различных областях знаний — от механики до биологии.

В стремлении познать физическое явление до самых микроскопических его ступеней Николай Николаевич неизбежно

приходит к изучению фундаментальной области современного естествознания — теории элементарных частиц. Им разработан аксиоматическая квантовая теория поля, являющаяся фундаментом физики микромира. Чисто математические, на первый взгляд, понятия, введенные в этой теории Н. Н. Боголюбовым, явились отражением существующих в природе глубоких связей между такими различными, казалось бы, физическими процессами.

Идеи и методы, развитые Н. Н. Боголюбовым при изучении неидеальных квантовых систем, оказались чрезвычайно плодотворными при разработке важнейшего вопроса квантовой теории поля, связанного с проблемой вырождения и устойчивости вакуума, причем сама идея о возможной неустойчивости вакуума в квантовой теории поля возникла благодаря исследованиям Н. Н. Боголюбова.

Анализируя экспериментальные факты о свойствах элементарных частиц, Н. Н. Боголюбов и его ученики сделали далеко идущий вывод о том, что кварки, из которых, как предполагается, состоят все сильно-взаимодействующие элементарные частицы (адроны), должны обладать новым специфическим зарядом, названным впоследствии «цветом».

Идея «цветных» кварков в соединении с представлениями о новом типе симметрии в

микромире привели к разработке фундаментальной теории сильных (ядерных) взаимодействий, названной (по аналогии с электродинамикой) хромодинамикой. Установление строгих логических связей хромодинамики с наблюдаемыми свойствами атомных ядер и элементарных частиц — центральная проблема теоретической физики, и в этой области уже сыграли важную роль математические методы, в разное время созданные Н. Н. Боголюбовым.

Главная черта научного стиля Н. Н. Боголюбова состоит в умении оценить ключевой характер проблемы и одновременно ее принципиальную разрешимость, а затем создать адекватный математический аппарат для ее решения, причем органическое слияние математики и физики заставляет каждого, изучающего работы Н. Н. Боголюбова, вспомнить о тех временах, когда представители точных наук завалились просто натурфилософами.

Крупнейший ученый современности, выдающийся организатор и руководитель больших научных коллективов, ученый-патриот, отмеченный самыми высокими государственными и научными наградами, Николай Николаевич Боголюбов полон творческих замыслов, увлечен решением новых научных проблем.

Он всегда стремится заниматься наиболее фундаментальными вопросами физики

Академик В. И. Гольданский

В этом году исполняется своеобразный серебряный юбилей со дня первого приезда в СССР профессора Рудольфа Людвиг Мессбауэра. Впервые он посетил нашу страну летом 1960 г., он еще не был Нобелевским лауреатом, но уже открыл (в 1958 г.) явление резонансного ядерного поглощения гамма-квантов в кристалле без отдачи. Такое длинное

название «эффекта Мессбауэра» до сих пор употребляет единственный в мире человек — сам Рудольф Мессбауэр.

Родился Р. Мессбауэр в 1929 г. в Мюнхене. Получив среднее образование, он некоторое время проработал техником на фабрике оптических инструментов, а затем поступил в Мюнхенскую техническую высшую школу, которую окончил в 1955 г. Затем он переезжает в Гейдельберг и становится

научным сотрудником Института им. М. Планка. Именно здесь и был открыт эффект Мессбауэра. Через год Р. Мессбауэр был приглашен в Калифорнийский технологический институт (Пасадена, США), где проработал около пяти лет. В 1961 г., когда огромная значимость открытого им эффекта стала совершенно ясна, он был удостоен премии им. В. Рентгена (ФРГ), медали Франклиновского института (США) и высшей между-

народной научной награды — Нобелевской премии.

Когда 32-летний Мессбауэр (а выглядел он лет на 25) приехал в Стокгольм получать Нобелевскую премию, то, как всегда, эта процедура была очень широко освещена шведской печатью. На Западе существует термин "teenagers" («надцатилетние»); так называют молодежь в возрасте от 13 до 19 лет. И вот в шведских газетах и журналах нового лауреата окрестили именем "Nobel-teenager", что отражало его необычную для нобелевских лауреатов молодость.

Так в чем же состоит эффект Мессбауэра? Явление резонанса достаточно широко известно благодаря многочисленным примерам из механики, акустики, оптики и радиотехники. Типичными резонансными системами являются молекулы, атомы, ядра. И если в оптической спектроскопии наблюдают за переходами атомов, то в гамма-спектроскопии — между ядерными уровнями. А это означает, что от квантов оптического диапазона надо перейти к гамма-квантам. Таким образом, единственная (но весьма существенная!) разница между атомной и ядерной резонансной флуоресценцией заключена в том, что гамма-квант имеет намного большую энергию и намного большую частоту, чем световой квант. Но это обстоятельство приводит к существенным осложнениям.

Дело в том, что излучение кванта — не единственное событие, которое происходит при резонансном переходе атома или ядра из возбужденного состояния в основное. Одновременно с испусканием кванта в каком-либо направлении атомы (и ядра) должны испытывать отдачу в противоположную сторону. Но поскольку энергия гамма-кванта в десятки тысяч раз больше энергии кванта видимого света, то (пропорционально квадрату этой энергии) отдача в случае гамма-резонанса будет уже в сотни миллионов раз больше. В результате спектр испускания ядра сдвинут в сторону меньших энергий, а спектр поглощения — в сторону больших энергий. Поэтому, чтобы наблю-



Р. Л. Мессбауэр.

дать резонансное поглощение гамма-квантов, нужно как-то компенсировать энергию отдачи.

Р. Мессбауэр нашел способ избавиться от отдачи, перейдя от единичного ядра, которое имеет значительную энергию отдачи, к большому ансамблю ядер, т. е. взяв вместо одного атома в газовой фазе набор атомов в виде кристалла. При этом с заметной вероятностью энергия отдачи передается уже не единичному ядру, а кристаллу в целом, и потому оказывается практически равной нулю. (Уместно вспомнить аналогию с отдачей лодки на плаву, когда с нее стреляют из ружья, — этой отдачи нет, если лодка прочно прикреплена к причалу.) Работая с кристаллами, можно добиться ситуации, в которой линия спектра поглощения совпадает с линией спектра испускания. Важно подчеркнуть, что в случае кристаллов ширина резонансной линии на 10 порядков меньше, чем для газов, в которых сказывается эффект Доплера, обусловленный тепловым движением молекул. Поэтому группируя ядра в кристалл, мы получаем источник острого монохроматического излучения и одновременно приемник с чрезвычайно тонкой настройкой.

Но как наблюдать гамма-резонанс, как зафиксировать такие исключительно узкие линии? Р. Мессбауэр осуществил сле-

дующую остроумную схему эксперимента. Берется два одинаковых по химическому строению кристалла. Первый (источник) содержит атомные ядра, которые находятся в возбужденном состоянии и могут переходить в основное, испуская гамма-квант. Если на пути этих квантов поместить второй кристалл (поглотитель), то, регистрируя прошедшие через него гамма-кванты, можно наблюдать резонанс. Если же источник сделать подвижным (поместить его на тележке), то частота испускаемых им квантов будет меняться и условия резонанса нарушатся. В результате число гамма-квантов, прошедших поглотитель и достигших детектора, заметно возрастет.

Обратите внимание: мы можем управлять поведением гамма-квантов, которые имеют скорость $3 \cdot 10^{10}$ см/с, изменяя скорость движения тележки всего на несколько миллиметров, подчас — даже несколько микрон в секунду. Это говорит об исключительной чувствительности метода Мессбауэра.

Здесь мне вспоминается смешной эпизод. В 1972 г., когда я с циклом лекций, в том числе и по эффекту Мессбауэра, находился в Бразилии, корреспондент одной из местных газет попросил меня объяснить суть этого эффекта. Говоря о необычайно высокой чувствительности метода, я привел такое сравнение: это то же самое, что определить расстояние от Земли до Солнца с точностью до нескольких сантиметров. Корреспондент понял меня буквально, и на следующий день в газете появилась статья под заголовком «Эффект Мессбауэра позволяет определить расстояние от Земли до Солнца с точностью до нескольких сантиметров».

Итак, открытие Мессбауэра дало способ точнейшей регистрации изменений энергии гамма-квантов (именно изменений, а не абсолютной величины этой энергии!) и легло в основу новой области спектроскопии, которая получила название гамма-резонансной, или мессбауэровской спектроскопии, и нашла широкое применение в ядерной физике, общей физике и физике твердо-

го тела, в химии и биологии, в геологии и технике. Работы по мессбауэровской спектроскопии ведутся сейчас в десятках стран, в сотнях лабораторий по всему миру.

Уже с начала 60-х годов определилось два направления использования эффекта Мессбауэра, в которых особенно велик вклад советских ученых. Это теория коллективных взаимодействий мессбауэровских гамма-квантов с пространственно упорядоченной в кристаллической решетке многоядерной системой, так называемые когерентные взаимодействия. Направление развивалось в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова под руководством Ю. М. Кагана и А. И. Афанасьева. По существу, когерентные явления — это процессы, в которых коллектив ядер выступает как единое целое. Отсюда, с одной стороны, возникает ряд совершенно новых свойств самого эффекта Мессбауэра, а с другой стороны, он оказывается очень эффективным методом наблюдения многих характерных свойств строго упорядоченных кристаллических структур. В качестве примера можно привести эффект аномального пропускания гамма-квантов через кристалл, когда в определенных направлениях кристалл для них почти прозрачен. Для рентгеновского излучения — это уже давно известный эффект Боррманна. А ядерный аналог эффекта Боррманна был предсказан и тщательно исследован Ю. М. Каганом и А. М. Афанасьевым, за что и получил название эффекта Кагана — Афанасьева.

Второе направление использования эффекта Мессбауэра — химическая мессбауэровская спектроскопия с захватом и ряда биологических проблем — стало развиваться нами в Институте химической физики АН СССР. В дальнейшем это направление все больше крепилось в сторону исследования динамики белков и других биополимеров.

Напомним, что в эффекте Мессбауэра ничтожные изменения в энергии гамма-кванта зависят от взаимодействия электрона с ядром в кристалле. Причем сюда входят любые ви-

ды взаимодействия: кулоновское — заряд электрона с зарядом ядра, взаимодействие магнитных моментов, связанных с орбитальными движениями электронов, с магнитным моментом ядра; взаимодействие электрического квадрупольного момента ядра с градиентом неоднородного электрического поля, которое создается при движении электрона, и т. д. Таким образом, ничтожные изменения структуры электронных облаков в кристаллической системе отражаются на спектре гамма-квантов. Как было уже сказано, мессбауэровские спектры «чувствуют» даже очень медленные движения источника (или поглотителя) резонансных гамма-квантов. Но эти движения можно не только организовать макроскопически, они присущи реальным объектам, и с помощью эффекта Мессбауэра их можно зафиксировать. Например, так была определена амплитуда колебаний барабанной перепонки под действием звукового сигнала; амплитуда составила всего несколько ангстрем.

Или другой пример. Известно, что функционирование белков и других биомолекул в большой степени связано не только с их структурой, но и с тем, что они подвижные системы; именно в движении проявляется их функционирование. Оказалось, что особенно успешно можно изучать это движение с помощью эффекта Мессбауэра. И хотя исторически наше многолетнее сотрудничество с Рудольфом Мессбауэром и его институтом началось с химических проблем, в дальнейшем мы перешли к белкам, которыми занимаемся уже более десяти лет. Поэтому не случайно, приехав в 1981 г. в Москву на празднование 50-летия Института химической физики, профессор Мессбауэр сделал доклад о стохастических движениях в белках. Доклад был основан на наших совместных экспериментах.

Надо сказать, что уже более двадцати лет назад в СССР стали развиваться и прикладные направления использования эффекта Мессбауэра. Так, геологи получили портативный прибор, позволяющий существенно уп-

ростить задачи поисков олова (в виде касситерита, SnO_2) в рудах и минералах. Вместо доставки руды в лабораторию и многочасовых громоздких химических процедур оказалось достаточно прямо в поле проверять, в какой мере зависят показания счетчика гамма-квантов от того, покоится ли резонансный источник $^{119}\text{SnO}_2$ или приводится в едва заметное глазу движение.

С того момента, как мессбауэровская спектроскопия стала в основной своей части более или менее рутинным методом исследования, Р. Мессбауэр стал из нее уходить. Он оставил за собой только избранные направления, в которых видит действительно интересные для себя фундаментальные физические вопросы; имеются в виду две темы, связанные с Институтом атомной энергии им. И. В. Курчатова и Институтом химической физики АН СССР, а также общая квантовая теория эффекта Мессбауэра.

Основные научные интересы Р. Мессбауэра связаны сейчас с вопросами нейтринной физики. Вот уже почти семь лет он занимается экспериментами по поиску нейтринных осцилляций. Возможно, какую-то роль в этом сыграло его давнее знакомство во время пребывания в Пасадене с физиками, занимающимися элементарными частицами, и с увлекающими их проблемами. Кроме того, несколько лет он был директором Института М. Лауэ — П. Ланжевена в Гренобле, где также интенсивно ведутся интересные работы в области физики элементарных частиц. Не нужно забывать, что Р. Мессбауэр — не только всесторонне образованный физик, в совершенстве знающий теорию, но и блестящий экспериментатор, прекрасно владеющий всеми «новинками» экспериментальной техники. Но главное, как мне кажется, заключается в том, что он всегда стремится заниматься наиболее фундаментальными вопросами физики, вопросам первостепенной важности.

Материал подготовила
Н. Д. Морозова.

Космические исследования

Запуски космических аппаратов в СССР (март — апрель 1985 г.)

В марте-апреле 1985 г. в Советском Союзе было запущено 19 спутников, в том числе 17 спутников серии «Космос» с научной аппаратурой, предназначенной для продолжения исследований космического пространства.

Очередной спутник телевизионного вещания «Экран», выведенный на близкую к стационарной круговую орбиту, оборудован ретрансляционной аппаратурой, которая обеспечивает в дециметровом диапазоне волн передачу программ Центрального телевидения СССР на сеть приемных устройств коллективного пользования.

Цель запуска автоматической станции «Прогноз-10 — Интеркосмос» — исследование структуры межпланетных и ок-

лоземных ударных волн, возникающих при взаимодействии плазмы солнечного ветра с магнитосферой Земли.

Продолжается полет «Веги-1» и «Веги-2». В марте-апреле 1985 г. на станциях регулярно включалась научная аппаратура для исследований межпланетного космического пространства на траекториях перелета и измерения характеристик кометного вещества. В сеансах связи продолжалась отработка взаимодействия наземных измерительных пунктов, из которых образована международная сеть для изучения глобальной циркуляции атмосферы Венеры с помощью аэроstatных зондов. Прием информации с АМС вели советские станции в Евпатории, Симеизе, под Москвой, а также станции, расположенные в США, Австралии, Англии, Швеции.

Анализ полученной информации показывает, что все системы и научная аппаратура функционируют нормально.

Космические исследования

«Прогноз-10 — Интеркосмос»

26 апреля 1985 г. в 9 ч. 48 мин по московскому времени в Советском Союзе осуществлен запуск автоматической станции «Прогноз-10 — Интеркосмос». Цель запуска — исследование структуры межпланетных и оклоземных ударных волн, возникающих при взаимодействии плазмы солнечного ветра с магнитосферой Земли.

На борту спутника установлена научная аппаратура, созданная специалистами СССР и ЧССР по программе международного сотрудничества в области исследования и использования космического пространства в мирных целях «Интеркосмос» (проект «Интершок»).

Исследование ударных волн в плазме, в частности в космической плазме, — одно из наиболее актуальных направлений космической физики. Бесстолкновительные ударные волны в плазме представляют собой сложное явление, в котором происходит эффективное (с коэффициентом полезного действия в десятки процентов) преобразование энергии направленного движения потока плазмы в тепловую энергию частиц.

На спутнике установлена следующая научная аппаратура: комплекс плазменных спектрометров БИФРАМ для измерения энергетического и углового распределения протонов, электронов и α -частиц плазмы с энергией в диапазонах: 0,1—10 кэВ; 0,02—0,5 кэВ; 0,2—20 кэВ;

комплекс приборов ЭЧ-НУВ для измерения потоков заряженных частиц с энергиями 20 кэВ—5 МэВ и ядер ($z=1-26$) с энергиями 3—30 МэВ/нукл; комплекс приборов БУД-ВАР для измерения волн в

Параметры начальной орбиты

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	наклонение, град	период обращения, мин
«Космос-1632»	1. III	203	261	72,9	88,8
«Космос-1633»	5. III	641	671	82,5	97,7
«Космос-1634»	14. III	976	1 024	82,9	104,7
«Космос-1635 — 1642»*	21. III	1 482	1 526	74	116
«Экран»	22. III	35 600	35 600	0,4	1 426
«Космос-1643»	25. III	190	300	64,8	89,1
«Космос-1644»	3. IV	217	398	70,4	90,4
«Космос-1645»	16. IV	223	411	62,8	90,5
«Космос-1646»	19. IV	432	455	65	93,3
«Космос-1647»	19. IV	180	348	67,1	89,4
«Космос-1648»	25. IV	196	265	82,3	88,8
«Прогноз-10 — Интеркосмос»	26. IV	400	200 000	65	5 785

* Спутники «Космос-1635, -1636, ..., -1642» запущены одной ракетой-носителем.

плазме с анализатором спектра ультранизкочастотных флуктуаций электрического и магнитного полей и потоков плазмы в диапазоне частот 0,05—100 Гц; трехкомпонентный магни-

тометр СГ-76 для измерения в солнечном ветре величины и направления магнитного поля с напряженностью в диапазоне 1—60 нТл;

рентгеновский фотометр РФ-2П для исследования рентгеновского излучения (2—100 кэВ) активных областей и вспышек на Солнце;

радиометр АКР-2М для исследования высокочастотного электрического поля в межпланетной плазме и спорадического радиоизлучения Солнца на частотах 0,05—2 МГц;

система бортовой регистрации и обработки данных (ЭВМ БРОД) для адаптивного управления приборами во время полета спутника по признакам, вырабатываемым самой научной аппаратурой;

система регистрации научной информации от ЭВМ БРОД, обеспечивающая прием и хранение больших массивов данных (ОРИОН).

К основным особенностям проекта «Интершок» относятся, во-первых, комплексный характер исследований, обеспечивающий разностороннее изучение структуры ударных волн с помощью целого ряда специально разработанных научных приборов, и, во-вторых, наличие бортовой ЭВМ, которая обеспечивает адаптивный режим измерений и управления работой научных приборов. Это позволяет разработчикам проекта «Интершок» надеяться на качественный скачок в изучении межпланетных и околоземных ударных волн, в частности на выяснение тонкой структуры ударных волн в плазме.

«Прогноз-10 — Интеркосмос» стал 23-м спутником серии «Интеркосмос». Советские и чехословацкие ученые посвятили его запуск 40-летнему юбилею Великой Победы.

С. А. Никитин
Москва

Планетология

Откуда «реки» на Марсе?

Известно, что в атмосфере Марса влага имеется лишь в очень малых количествах; в то же время многие детали поверхности планеты выглядят так, как будто они подвергались медленной водяной эрозии или даже катастрофическим наводнениям. Согласно одной из гипотез, климат на Марсе около 3,5 млрд лет назад был близок к земному и потоки талой воды весной могли преобразовать его ландшафт; на планете могли возникнуть дожди и снегопады, послужившие причиной эрозии.

Эту гипотезу опровергают планетологи М. Х. Карр (М. Н. Carr; Управление геологической съемки США, Менло-Парк, Калифорния) и Б. Якоски (B. Jakosky; Университет штата Колорадо, Боулдер, США). По их мнению, на Марсе периодические наступали моменты, когда происходила сублимация — переход полярных льдов в водные пары, которые затем конденсировались на низких широтах, образуя там лед и снег.

Глубинные процессы могли затем вызвать медленное таяние снегового покрова, что и приводило к эрозии и возникновению долин и русел («реки»), наблюдаемых в пределах 40° от экватора Марса, на его возвышенностях, усеянных многочисленными кратерами.

Предполагавшиеся, согласно первой гипотезе, на Марсе потоки воды требовали для своего существования атмосферы, плотность которой в 2—3 раза превышала бы плотность земной, что представляется маловероятным. Новая гипотеза может «примириться» даже с атмосферой, уступающей в 10 раз плотности воздушной оболочки нашей планеты.

Образование более мелких долин и русел на Марсе Карр и Якоски связывают с периодическими наступающими моментами наибольшего наклона оси вращения планеты. Такие моменты возникают раз в несколько миллионов лет и длятся примерно 10 тыс. лет каждый, пока ось вращения Марса наклоняется в сторону Солнца. В такие периоды энергии Солнца за дли-

тельный летний сезон оказывается достаточно, чтобы вызвать сублимацию воды на планете, в остальное время подвергающейся воздействию низких температур. Подсчеты показывают, что 3,8 млрд лет назад, в период, когда наклон оси вращения был максимальным (около 46°), каждое марсианское лето сублимировалось слоем воды толщиной в несколько десятков сантиметров. Таким образом, за 10 тыс. лет из района полюсов мог удаляться слой льда толщиной до 2 км. В этот период и могла возникнуть целая сеть долин и русел.

Затем геологические процессы привели к образованию возвышенности Тарсис (поперечником 5 тыс. км), лежащей у экватора и достигающей 10 км в высоту. Это изменило распределение масс в теле планеты и уменьшило возможность смещения ее оси в сторону Солнца до максимума в 35°. В результате снизилось количество водяного пара, поступающего из приполюсных областей и, тем самым, уменьшился процесс эрозии.

New Scientist, 1984, v. 104, № 1437, p. 21 (Великобритания).

Астрономия

Из центра Галактики сигналы не приняты

Подведены итоги еще одного эксперимента по поиску сигналов внеземных цивилизаций. Этот эксперимент был не совсем обычным: если раньше в основном изучались ближайшие к Солнцу звезды, то в наблюдениях, проведенных канадскими радиоастрономами, исследовалась центральная область Галактики — ядро нашей звездной системы, находящееся на расстоянии 30 тыс. св. лет от Солнца.

В период с сентября 1982 по май 1983 г., используя 46-метровую параболическую антенну Алгонкинской радиообсерватории (Канада), Дж. Валли и М. Симард-Нормандин (J. Vallee, M. Semard-Normandin) в общей сложности более 200 часов «слушали» сигналы из центра

Галактики. Поиски проводились только на одной волне длиной 2,8 см в полосе частот шириной около 200 МГц. Ученые стремились зарегистрировать сильно поляризованное излучение, аналогичное излучению наших телевизионных передатчиков. Достигнутая в эксперименте чувствительность (около 10^{-20} Вт/м²) могла обеспечить регистрацию передатчика мощностью 10^{14} Вт/Гц, расположенного в центре Галактики. Но, к сожалению, кроме одного сомнительного сигнала, связанного, судя по всему, с наземными помехами, ничего интересного обнаружено не было.

Однако авторы эксперимента собираются в ближайшее время исследовать с той же целью ядро Туманности Андромеды. Канадские радиоастрономы уверены, что ядра галактик — наиболее перспективное место для поиска разумных сигналов.

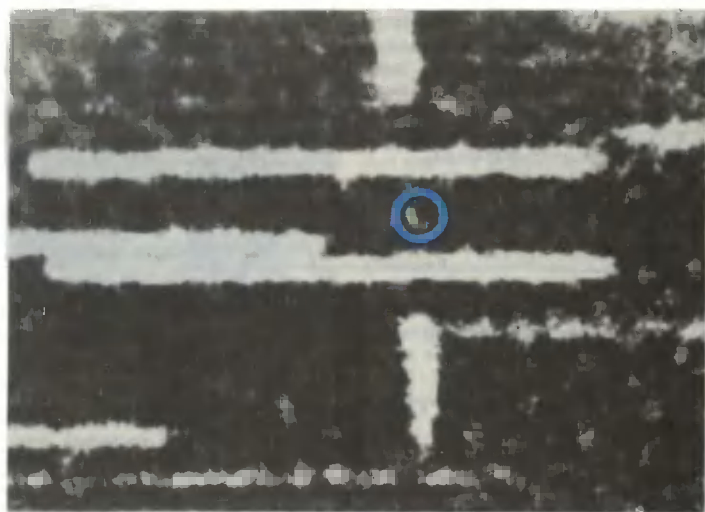
Astronomy and Astrophysics, 1985, v. 143, № 2, p. 274—276 (ФРГ).

Астрономия

На обсерватории Санглок сфотографирована комета Галлея

С помощью метрового телескопа-рефлектора обсерватории Санглок (филиала Астрофизического института АН Тадж ССР) в сентябре — ноябре 1984 г. получены снимки кометы Галлея.

Санглок — одна из трех среднеазиатских обсерваторий, возникших в конце 70-х годов. Она расположена в 70 км к востоку от Душанбе на изолированной горной вершине высотой 2300 м над ур. м. Основной инструмент обсерватории — рефлектор с диаметром главного зеркала 1 м; он изготовлен на Народном предприятии К. Цейс Йена. Для увеличения поля зрения телескопа его главному зеркалу придана форма гиперболоида вращения; со вспомогательной линзой, расположенной перед фотопластинкой, поле зрения инструмента имеет размер 40'. Телескоп



Снимок кометы Галлея, полученный на обсерватории в ночь с 27 на 28 ноября 1984 г. с экспозицией 2 часа. Положение кометы отмечено кружком.

установлен в железобетонной башне высотой 15 м; он снабжен комплектом приемной аппаратуры, часть которой разработана и изготовлена в Астрофизическом институте и СКБ АН ТаджССР.

На гору Санглок, как на место с исключительно благоприятными атмосферными условиями для установки крупного телескопа, внимание астрономов обратили гидрометеорологи Таджикистана. Для Санглока характерно значительное количество ночей со штилевой погодой, малый перепад температуры от дня к ночи и слабые нисходящие движения в атмосфере, способствующие уменьшению ее турбулентности. Атмосферная турбулентность бывает здесь иногда настолько слабой, что изображение искажается неизбежными дефектами оптической системы телескопа сильнее, чем атмосферой.

Чтобы сфотографировать предельно слабые точечные объекты, необходимо, как известно, зарегистрировать фон свечения ночного неба, на котором эти объекты наблюдаются. Метровый телескоп Цейса не

очень светосилен, поэтому используемые на нем для решения «предельных» астрономических задач фотопластинки предварительно подвергаются обработке газообразным водородом для повышения их чувствительности. При использовании таких пластинок предельная звездная величина звезд, которые могут быть зарегистрированы телескопом, составила 22^m, 6.

Вся работа по оптимизации метрового Санглокского телескопа была проведена совместно астрономами нескольких обсерваторий, а также специалистами по радиоэлектронике, механике и фотохимии. Естественно было применить ее результаты при наблюдении тест-объекта наземной оптической астрономии 1984 г. — кометы Галлея. Первые снимки области, где ожидалась комета, были получены в конце сентября. В октябре, с приближением к Земле, яркость кометы увеличилась. Поскольку при фотографировании кометы телескоп сопровождает ее, а не окружающие звезды, то на фотографии комета получается в виде точки, а звезды — в виде линий. Измеренные в Государственном астрономическом институте им. П. К. Штернберга координаты кометы показали отличное согласие с расчетными данными.

Таким образом, в руках квалифицированных наблюдате-

лей даже небольшой инструмент, работающий в оптимальных условиях с хорошими приемниками изображения, позволил решить задачу, оказавшуюся трудной для телескопов значительно большего размера.

Н. Н. Киселев,
кандидат физико-математических наук
Душанбе

П. В. Щеглов,
доктор физико-математических наук

Москва

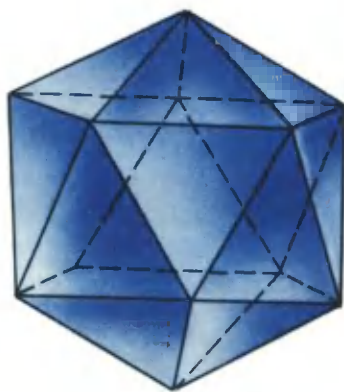
Физика

Квазикристаллы — структуры с симметрией 5-го порядка

Обнаружено твердое тело, в котором атомы, как и в кристалле, расположены упорядоченно, но которое обладает симметрией 5-го порядка, в кристаллах невозможной.

Как известно, в кристалле атомы располагаются упорядоченно, так что смещение на определенный вектор (трансляцию решетки) совмещает решетку атомов саму с собой. Кристалл обладает и симметрией по отношению к вращению; так, в кубических кристаллах существуют оси симметрии 3-го и 4-го порядков. Легко показать, что трансляционная симметрия совместима с осями симметрии только 2-го, 3-го, 4-го и 6-го порядков и, скажем, ось 5-го порядка невозможна.

В неупорядоченных твердых телах (стеклах) и в жидкостях может существовать ближний порядок с любой симметрией, однако стекло очень легко отличить от кристалла. Дело в том, что дифракционная картина при рассеянии на решетке рентгеновских лучей или электронов отражает симметрию решетки. Если решетка упорядочена, как в кристалле, дифракционная картина состоит из отдельных ярко выраженных узких пиков. Чем меньше упорядоченность, тем сильнее раз-



Икосаэдр — фигура, состоящая из двух правильных 5-угольных пирамид, между которыми расположен «поясок».

мыты эти пики. Более того, если на дифракционной картине обнаруживается ось симметрии 5-го порядка, это говорит о том, что такая ось имеется и в самой решетке.

Именно поэтому считалось, что нельзя получить четкую дифракционную картину, соответствующую симметрии 5-го порядка. Однако в ноябре 1984 г. группа исследователей из Израиля, Франции и США сообщила результаты экспериментов по дифракции медленных электронов на веществе, полученном быстрым охлаждением сплава алюминий — марганец ($Al_{86}Mn_{14}$). Оказалось, что решетка атомов ведет себя как правильный кристалл, но дифракционная картина включает симметрию 5-го порядка, не совместимую с трансляционной!

Независимые объяснения этого явления были вскоре даны Д. Левиним и П. Стейнхардтом (D. Levin, P. Steinhardt; Университет штата Пенсильвания, США) и П. А. Калугиним, А. Ю. Китаевым и Л. С. Левитовым (Институт теоретической физики им. Л. Д. Ландау АН СССР). Оказалось, что $Al_{86}Mn_{14}$ не обладает трансляционной симметрией в обычном смысле, почему он и был назван американскими исследователями квазикристаллом. Квазикристалл состоит как бы из двух кристаллов, «наложенных» друг на друга и обладающих трансляционной симметрией.

Чтобы понять это, представим себе трехмерную периодическую структуру (кристалл) как сумму трех одномерных: $q(\vec{r}) = \sum_{i=1}^3 \cos \vec{a}_i \cdot \vec{r}$, где $\vec{a}_i$ — три произвольных вектора. А теперь представим себе сумму шести одномерных структур: $q(\vec{r}) = \sum_{i=1}^6 \cos \vec{a}_i \cdot \vec{r}$, т. е. два

кристалла, «наложенных» друг на друга. Такая структура, вообще говоря, не обладает трансляционной симметрией. В то же время при дифракции излучения на такой системе будут возникать абсолютно четкие, настоящие пики. В такой системе возможна и симметрия 5-го порядка. В икосаэдре — последнем из правильных многогранников (см. рис.) — векторы, соединяющие центр с вершинами, лежат на 6 осях. Сам икосаэдр обладает симметрией 5-го порядка. Поэтому, если все векторы $\vec{a}_i$ выбрать равными по модулю и направленными вдоль этих 6 осей, то $q(\vec{r})$ будет обладать симметрией 5-го порядка.

В определенном смысле квазикристаллы представляют собой новое состояние вещества, и можно полагать, что их электронные и структурные свойства окажутся весьма необычными.

Physical Review Letters, 1984, v. 53, No 20, p. 1951—1953; No 26, p. 2477—2480; Письма в ЖЭТФ, 1985, т. 41, No 3, с. 119—121.

Физика

Ускорители XXI века!

В то время как физики не сомневаются, что существенное повышение энергии ускоряемых частиц позволит выявить новые фундаментальные законы природы, колоссальные размеры современных ускорительных машин, по существу, оставляют мало надежд на радикальный прогресс в этом направлении.

Поэтому специалисты с особым интересом обратились к идее «ускорителя на плазменных биевнях», высказанной в 1979 г. Дж. Доусоном (J. Dawson) и Т. Тидзимой (T. Tjijma) из Калифорнийского университета. Принцип работы устройства

следующий. Через плазму проходят два лазерных луча, слегка различающиеся по частоте излучения. В плазме возникает волна плотности, длина которой связана с разностью частот лазерных лучей (вариант известного явления «биений» в колебательных процессах с близкими частотами). Плазменные биения, связанные с вариациями плотности заряженных частиц, порождают электрические поля, которые в принципе могут достигать очень высоких значений. Эти поля и предлагается использовать для ускорения электронов и протонов.

Проведенное недавно численное моделирование ускорителя на плазменных биениях показало, что из-за расфазировки ускоряемых частиц и волны биений верхний предел энергии ускорения в одной ступени ограничен пределом в несколько ГэВ. Однако, как было показано Дюссоном и его коллегами, введение поперечного магнитного поля подавляет эффект расфазировки. Соответствующее устройство — исследователи называют его «серфатрон» (surfatron) — позволит, например, ускорить электроны до энергии 100 ГэВ на длине 3,16 м. (Для сравнения, длина Стэнфордского линейного ускорителя электронов на 30 ГэВ составляет около 3 км.)

Конечно, на пути реализации серфатрона ТэВ-ного диапазона энергий множество трудностей. Так, в частности, требуются лазеры более мощные, чем те, которые предполагается использовать в лазерных термоядерных установках.

New Scientist, 1984, v. 104, № 1432, p. 20 (Великобритания).

метр (м), килограмм (кг), секунда (с), ампер (А), кельвин (К), кандела (кд), моль (моль).

Точность определения основных единиц в системе СИ указана в табл. 1.

С помощью основных единиц можно образовать 33

ти Парижского меридиана; за единицу массы — килограмм — масса 1 дм³ дистиллированной воды.

Более точный способ определения системы единиц был предложен в 1870 г. Дж. Максвеллом и основывался на исполь-

Таблица 1

Основные единицы	с	м	кг*	А	К	моль	кд
------------------	---	---	-----	---	---	------	----

Относительная погрешность

10^{-14} 10^{-10} 0 $6 \cdot 10^{-6}$ 10^{-4} 10^{-6} $5 \cdot 10^{-3}$

* Погрешность условно принята равной нулю в силу определения килограмма: «Килограмм равен массе Международного эталона килограмма».

согласованные производные единицы по соотношениям, не содержащим численных коэффициентов пропорциональности.

Определение, реализация и воспроизведение основных и производных единиц — одна из главных задач современной метрологии. Метрологические лаборатории многих стран ведут работы по созданию наиболее совершенных методов решения этих задач. Достигаемая точность зависит от выбора конкретных физических законов, на которых базируется данная система, и методов определения, реализации и воспроизведения единиц. С давних пор за основу брались макроскопические величины. Так, в 1791 г. за единицу длины — метр — была принята одна десятиллионная часть четвер-

зовании характеристик электромагнитных явлений (длины волны, периода электромагнитных колебаний, скорости света). «По Максвеллу» были приняты определения секунды (1967 г.) и метра (1983 г.), обладающие более высокой точностью: «Метр — длина пути, пройденного светом в вакууме в течение интервала времени в $1/299\,792\,458$ секунды»; «Секунда равна $9\,192\,631\,770$ периодам излучения, соответствующего переходу между двумя уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома цезия $^{133}\text{Cs}_{55}\text{S}$ ».

Возможен и другой подход. Так, в 1899 г. М. Планк предложил определять основные единицы через комбинации фундаментальных постоянных, таких, например, как гравитационная постоянная G , ско-

Таблица 2

Основные единицы	А	В	Ом
------------------	---	---	----

Определение 1 А $\text{В}=1\text{ с}^{-3}\text{ м}^2\text{ кг А}^{-1}$ $1\text{ Ом}=1\text{ с}^{-3}\text{ м}^2\text{ кг А}^{-2}$

Реализация Токовые весы Весы напряжения Вычисление через емкостное сопротивление

Воспроизведение Гиромангнитное отношение $I=\text{const} \cdot f/\gamma$ Эффект Джозефсона: напряжение $u=(f/2) \cdot (h/e)$ Эффект Клитзинга: квантованное сопротивление Холла $R=h/e^2$

Система единиц СИ и фундаментальные постоянные

Международная система единиц (СИ), принятая в 1960 г. на 11-й Генеральной конференции по мерам и весам, включает 7 основных единиц:

Физика

рость света c , постоянная Планка h , постоянная Больцмана k .

В последнее время сделан новый шаг в этом направлении. Использование квантовых эффектов Джозефсона (1963 г.) и Клитзинга (1980 г.) позволяет осуществить достаточно точное воспроизведение вольты и ома, соответственно.

Пользуясь квантовым эффектом Джозефсона, можно воспроизводить напряжение через отношение h/e , точность определения которого оценивается как 10^{-6} . Предполагается, что в недалеком будущем эта точность, а следовательно и точность воспроизведения вольты, будет повышена до 10^{-10} .

Аналогично, с помощью квантового эффекта Клитзинга, можно воспроизводить единицу сопротивления через величину квантованного сопротивления Холла $R=h/e^2$. Точность, с которой определяется отношение h/e^2 , а следовательно и ом, в настоящее время составляет $3 \cdot 10^{-8}$. В 1986 г. Комитет международной метровой конвенции собирается рассмотреть вопрос о рекомендации использовать величину h/e^2 для воспроизведения ома.

В настоящее время через фундаментальные постоянные с использованием квантовых эффектов достаточно точно могут быть воспроизведены все основные единицы системы СИ, за исключением единицы массы (кг). Метрологи пытаются найти подход к определению килограмма через такую фундаментальную постоянную, как число Авогадро (N_A). После решения этой проблемы может стать обоснованным предложение об иной, более совершенной системе единиц, определяемой через конкретный набор фундаментальных постоянных.

Europhysics News, 1984, v. 14, № 7, p. 8—10.

Иммунология

Витамины А и Е активируют иммунные реакции

В последние годы стало известно о влиянии жирорастворимых витаминов А и Е на им-

мунные реакции организма. Кроме того, в экспериментах на животных и из наблюдений за людьми установлено, что как сами витамины, так и производные витамина А (ретиноиды) могут тормозить рост опухолей. Однако пока не изучено влияние витамина Е на защитные функции организма, неясны также ни способ действия витамина А на опухолевые клетки, ни механизм, с помощью которого он усиливает или, наоборот, угнетает активность Т-лимфоцитов. (Установлено только, что именно на них действует витамин А, осуществляя иммунорегуляцию.)

Новые данные получены группой сотрудников Института общей и патологической физиологии АМН СССР. В экспериментах по выяснению действия витамина А они следили за числом антителообразующих клеток и синтезом различных субпопуляций Т-лимфоцитов: определяли активность Т-киллеров и количество Т-супрессоров после скарирования мышам, крысам и кроликам масляного раствора витамина А в течение трех суток¹.

Судя по результатам работы, витамин А стимулирует Т-независимый иммунный ответ. При этом в большой дозе он усиливает работу Т-хелперов, а в малой — Т-киллеров. Такая избирательность действия на различные субпопуляции лимфоцитов позволяет, варьируя дозы витамина А, стимулировать какую-либо одну субпопуляцию, не затрагивая деятельности других.

Изучив на кроликах, мышах и морских свинках влияние витамина Е на содержание Т- и В-лимфоцитов в периферической крови, на активность Т-киллеров, исследователи пришли к выводу, что витамин Е увеличивает относительное и абсолютное число Т-лимфоцитов и существенно стимулирует (в среднем в 1,5 раза) активность Т-киллеров.

Механизм действия витамина Е все же неясен. По мне-

нию авторов работы, существуют два способа, которыми он может оказывать влияние на иммунную систему. Согласно первому, увеличение числа Т-лимфоцитов можно объяснить тем, что витамин Е выключает механизмы, ограничивающие синтез и (или) дифференцировку Т-лимфоцитов. С этим же может быть связано и усиление активности Т-киллеров. Согласно второму способу, усиление иммунного ответа витамином Е может быть связано с регуляцией уровня простагландинов. Вполне возможно, что, подавляя биосинтез этих соединений (факт уже известный), он снимает их депрессионное влияние на деятельность Т-киллеров, а в таком случае их активность должна увеличиваться.

Таким образом, витамины А и Е, поступающие в организм с пищей, стимулируют систему Т-иммунной защиты. Их противоопухолевое действие, видимо, связано с усилением естественной активности Т-киллеров.

Доклады АН СССР, 1984, т. 278, № 4, с. 1017—1019; Вопросы питания, 1984, № 4, с. 42—44.

Биохимия

Пенициллин и стрептомицин изменяют тканевое дыхание

Из экспериментов В. И. Вайчекониса (Вильнюсский университет им. В. Касюкаса) стало известно, что пенициллин и стрептомицин изменяют дыхательный процесс в тканях легких и печени.

Изучая на кроликах действие этих антибиотиков, В. И. Вайчеконис установил, что они влияют на некоторые ферменты дыхательной цепи и на концентрацию соединений, которые участвуют в ней. Пенициллин, например, угнетает синтез молочной кислоты, цитохрома c , снижает количество свободных SH-групп, но стимулирует при этом работу цитохрома c -оксидазы и синтез пировиноградной кислоты. Стрептомицин вызывает еще более значительные

¹ Подробнее о дифференцировке Т-лимфоцитов см.: Галактионов В. Г. Дарвиновский принцип в иммунологии. — Природа, 1980, № 8, с. 28.

изменения, причем, в отличие от пенициллина, не повышает синтез пировиноградной кислоты в легочной ткани, а угнетает его. Изменения в тканевом дыхании, которые вызывают пенициллин и стрептомицин, сохраняются в течение довольно длительного периода.

По мнению авторов работы, при лечении пенициллином и стрептомицином целесообразно применять средства, которые способны нормализовать тканевое дыхание. Препаратами, предотвращающими побочное действие этих антибиотиков, могут быть, например, соли янтарной кислоты.

Антибиотики, 1984, т. XXIX, № 9, с. 662—666.

Медицина

Дибунол и старение организма

Имеются данные, что лабораторные животные, регулярно получающие с пищей дибунол (синонимы: 4-метил-2,6-дитретбутилфенол, ионол, бутилированный гидрокситолуол), живут дольше обычного. Из опытов известны также антиокислительные свойства этого соединения: оно «перехватывает» активные свободные радикалы и тем самым предотвращает окисление липидов.

Эти сведения навели В. К. Кольтовера, Е. Н. Горбаня и П. С. Майора (Институт химической физики АН СССР, Институт геронтологии АМН СССР) на мысль, что дибунол каким-то образом влияет на систему нейрогуморальной регуляции организма, поскольку по мере старения в ней происходят существенные изменения. Известно, что цепь нервных и гуморальных реакций в организме вызывается кортикостероидами, синтез которых стимулирует адренокортикотропный гормон (АКТГ), вырабатываемый в повышенном количестве в ответ на стрессорные факторы. Иными словами, существует цепочка: стресс → АКТГ → кортикостероиды → нейрогуморальные реакции.

Для проверки своей гипотезы исследователи изучали влияние дибунола на две подсистемы нейрогуморальной регуляции — кровь и корковое вещество надпочечников. В опытах на взрослых (5—6-месячных) и старых (28—30-месячных) самцах крыс было обнаружено, что введение дибунола приводит к изменению интенсивности некоторых сигналов в спектре электронного парамагнитного резонанса. Эти сигналы обусловлены транспортными белками крови и одной из форм цитохрома P-450 — ключевого фермента в синтезе стероидов. Мало того, оказалось, что действие дибунола и АКТГ (естественного активатора нейрогуморальных реакций в организме) одинаково.

Отсюда авторы делают вывод: дибунол как бы тренирует нейрогуморальную систему организма, мобилизует его защитные силы, повышает его надежность. Именно этот своеобразный «тренинг-эффект», вероятно, и лежит в основе свойства дибунола продлевать жизнь лабораторных животных.

Доклады АН СССР, 1984, т. 277, № 2, с. 497—500.

Физиология

Социальное взаимодействие смягчает стресс

Чехословацкие физиологи В. Голда и Р. Петр (Медицинская школа в Градец-Кралове) проводили эксперименты с крысами четырех генетических линий. Они установили, что хотя стресс, вызванный у крыс электрическим током или помещением в открытое пространство, и ведет к резкому подавлению двигательной активности животных (уменьшается число их поисковых движений), этот эффект значительно ослабевает, если они подвергаются воздействию не «одиночке, а группой».

По другим, более ранним представлениям, стресс в таких случаях снижается за счет усиления агрессивности животных и возможности проявить ее в группе: увеличивается частота

драк между животными¹. Чехословацкие исследователи установили, однако, что существенное смягчение стресса, не зависящее от генетических особенностей крыс, наблюдается и при незначительном увеличении их агрессивности. Только у самцов одной из четырех линий обнаружена невысокая корреляция (0,5) между частотой драк и степенью смягчения стресса при переходе от одиночного к групповому содержанию в ходе эксперимента.

Таким образом, вопреки предыдущим сообщениям, уменьшение последствий стресса, вызванное социальным взаимодействием, не определяется агрессивностью.

Activitas Nervosa Superior, 1984, v. 26, № 3, p. 218—219 (ЧССР).

Психология

Переживание ребенком разлуки

Американские психологи Дж. Л. Джекобсон и Д. Уилл (J. L. Jacobson, D. Will; Университет Уэйна, Детройт) показали, что реакция ребенка полугода лет на разлуку с матерью зависит от частоты пребывания ребенка вне дома, широты его общения. Они регистрировали (по дневникам матерей) время нахождения ребенка в яслях, общения с другими родственниками, кроме матери и отца, со сверстниками. Затем проводились наблюдения за поведением детей, оставленных без матерей в незнакомой комнате с игрушками на 6 минут. Реакция ребенка считалась тем более адаптивной, чем большая часть времени была занята игрой и меньшая — плачем.

Была обнаружена немотивная зависимость реакции ребенка от его предшествующего опыта пребывания вне дома, которая удачно аппроксимировалась уравнением параболы.

¹ См., напр.: Weiss J. M. et al. — J. Comparative Psychology, 1978, v. 90, № 3, p. 252.

Наиболее сильный страх в новой обстановке без матери испытывали дети, находившиеся вне дома либо более 20, либо менее 4 часов в неделю; оптимальная адаптация соответствовала 6—10 часам в неделю.

Различают два типа привязанности матери к ребенку: спокойную и тревожную. Как и ожидалось, спокойная привязанность способствует более быстрой адаптации детей в ситуации разлуки.

По мнению авторов, промежуточный по частоте опыт пребывания вне семьи развивает познавательные механизмы ребенка (в частности, способность представлять себе мать и ее местонахождение во время разлуки с ней), его интерес к новым предметам и людям, что делает поведение ребенка в разлуке более спокойным и активным.

Development Psychology, 1984, v. 20, № 3, p. 477—484 (США).

Биология

Бактериальный токсин подавляет лактацию у свиной

Впервые получены данные, свидетельствующие о влиянии токсинов, выделяемых бактериями, на уровень содержания гормонов в крови животных. Б. Смит и В. Вагнер (B. Smith, W. Wagner; отдел ветеринарии Иллинойского университета, США) изучали заболевание у маток свиней, выражающееся в лихорадке, отсутствии аппетита, в сонливости, развитии мастита. В результате этого заболевания гибнет от 6 до 17 % новорожденных поросят. Проведенный бактериологический анализ пораженных тканей молочной железы показал, что в них содержатся различные бактерии, в том числе кишечная палочка (*Escherichia coli*).

Авторы экспериментально исследовали, как влияет выделенный из *E. coli* токсин на содержание в крови больных животных гормона передней доли гипофиза — пролактина, стимулирующего процесс лактации,

и его антагонистов — глюкокортикоидов. Оказалось, что введение этого токсина приводит к развитию характерных для данного заболевания симптомов и одновременно вызывает сильное (в 1,5—2 раза) снижение концентрации пролактина в крови животных; концентрация глюкокортикоидов при этом повышается по сравнению с исходным уровнем.

Таким образом, удалось лучше понять патогенез заболевания и выяснить причину ослабления лактации у свиней, что дает возможность в дальнейшем разработать эффективные меры лечения животных.

Science, 1984, v. 224, № 4649, p. 605—607 (США).

Биология

Насекомые запоминают опасность

Не так давно считалось, что многие беспозвоночные неспособны запоминать и использовать в дальнейшем свой индивидуальный опыт. Предполагали, например, что большинство из них не умеют «делать вывод» об опасности нападения на ядовитых насекомых, как это свойственно многим птицам. Но вот недавно энтомологи М. Р. Беренбаум и Ю. Милицкий (M. R. Berenbaum, E. Miliczky; Университет штата Иллинойс, США) провели эксперимент, в котором участвовали насекомые, обычно живущие на молочае (растении, содержащем в своих тканях большое количество высокотоксичных карденолидов), и чрезвычайно прожорливое хищное насекомое богомол. Результаты этого эксперимента, как и ряда других исследований¹, вызывают серьезные сомнения в верности прежних представлений.

¹ См., напр.: Карцев В. М. Может ли пчела поступать разумно? — Природа, 1984, № 1, с. 113.

Часть насекомых, живущих на молочае, получала обычную для себя пищу, содержащую карденолиды, а контрольная группа была переведена на питание семенами подсолнечника. Затем и те и другие были предложены в пищу богомолу, который обычно с ними в природе не встречается. Поначалу богомол преследовал, ловил и охотно поедал насекомых, в теле которых содержалось ядовитое вещество. Однако после того как яд подействовал и богомол изверг отравленную пищу, он уже избегал не только всех насекомых, живущих на молочае, но и внешне их напоминающих. В случаях же, когда богомолу давали насекомых, питавшихся исключительно семенами подсолнечника, такой реакции не возникало, и хищник охотно поедал их при следующих встречах.

Другим исследователям ранее уже удавалось обучить пауков и скорпионов избегать вредной для них пищи. Теперь эти эксперименты подкреплены опытами еще на одном представителе мира беспозвоночных.

Science News, 1984, v. 165, № 11, p. 167 (США).

Этология

Осы подле разрушенного гнезда

Многие вопросы, связанные с изучением образа жизни общественных насекомых, до сих пор еще далеки от разрешения, несмотря на усилия многих ученых-энтомологов. Не вполне ясно, например, что же удерживает членов одной семьи вместе. Относительно ос можно, во всяком случае, утверждать, что это не инстинктивное стремление кормить и воспитывать расплод, продолжая себя в потомстве. Подобный вывод позволяют сделать недавно опубликованные австрийским энтомологом Ф. Шреммером (F. Schremmer) наблюдения за поведением рабочих особей обыкновенной осы *Vespa vulgaris*.

garis после того, как их подземное гнездо было выкопано и разрушено барсуком.

Это произошло в конце сентября, когда осы уже достигли максимальной численности, а время существования рабочих особей подходило к концу. После нападения барсука уцелело 206 из них. Оставшиеся осы вновь собрались на старом месте в раскопанной норе, но отстроили лишь один фрагмент гнездовой оболочки. Разделение функций между осами сохранилось. Фуражиры по-прежнему приносили пищу, позволяя сохранившейся части семьи существовать совместно. Однако строить ячейки и выводить расплод осы уже не пытались, хотя известно, что в отсутствие оплодотворенной самки рабочие особи приобретают способность откладывать неоплодотворенные яйца, из которых выводятся самцы. Более десяти дней рабочие прожили вместе без контакта с личинками или получения от них каких-либо продуктов.

Таким образом, осиное сообщество сохранилось, хотя с биологической точки зрения его существование было бессмысленным.

Entomofauna, 1984, В. 5, № 3, С. 33 (Австрия).



Биогеохимия

Кадмий в океанских фосфоритах

Кадмий, наряду с ртутью и свинцом, относится к числу наиболее токсичных тяжелых металлов. В последние годы проводится их детальное исследование в различных объектах в связи с проблемами биогеохимии и охраны природной среды от загрязнений. Этими исследованиями охвачен и Мировой океан: концентрация и формы нахождения кадмия определяются в морской воде, морских организмах, взвешях, донных отложениях и породах. В нашей стране эти работы ведутся Институтом океанологии

им. П. П. Ширшова АН СССР совместно с Институтом агрохимии и почвоведения АН СССР; в них принимает участие и автор.

Предыдущими исследованиями было установлено, что среднее содержание кадмия в породах земной коры составляет около 0,1 г/т, но в некоторых породах, в частности фосфоритах, оно значительно выше. Это может оказаться важным для сельского хозяйства, поскольку фосфориты служат основным сырьем для производства фосфорных удобрений и примесью тяжелых металлов в них нежелательна.

Каким образом кадмий попадает в фосфориты? Для выяснения этого вопроса были изучены наиболее молодые из всех известных фосфоритов, обнаруженные автором несколько лет назад на дне океана — на шельфах Юго-Западной Африки, Чили и Перу. Современные фосфориты формируются в илах, которые состоят главным образом из остатков организмов, сохранивших биохимически активные белковые и липидные компоненты. Разлагаясь, эти компоненты активно извлекают кадмий из придонной воды и накапливают его до 20—30 г/т — в сотни раз больше по сравнению со средним содержанием в земной коре. Образующиеся в илах фосфатные стяжения — компоненты будущих фосфоритов — извлекают из окружающего их материала не только фосфор, но и органическое вещество, и кадмий, и ряд других сопутствующих фосфоритам элементов. В дальнейшем, по мере окаменения фосфатных стяжений и превращения их в плотную породу, органические компоненты частично разлагаются и может происходить частичная «детоксикация» фосфоритов. Но остаточное органическое вещество (обычно менее 1 %) прочно удерживает часть кадмия, который превращается в геохимический спутник фосфора — индикатор изначальных условий образования фосфоритов. В окаменелых фосфоритах на дне океана содержание прочно связанного кадмия составляет 1—6 г/т.

Наряду с фосфатными стяжениями, на дне океана распространен и другой вид

фосфатного материала — кости рыб и морских млекопитающих, которые также состоят из фосфата кальция. Кости живых организмов не концентрируют кадмий и содержат его не в больших количествах, чем обычные осадочные породы. Но когда животные погибают, органическое вещество костей (составляющее около половины их массы) начинает разлагаться и, как и в случае с осадками, извлекает кадмий из придонных вод. Остаточное содержание неразложившегося органического вещества в окаменелых костях примерно такое же, как и в окаменелых фосфатных стяжениях, — около 1 %. Сходно по абсолютным величинам и содержание кадмия — от 1 до 7 г/т.

Таким образом, итог геохимической судьбы кадмия в фосфатном материале оказывается в обоих случаях одинаковым, независимо от того, образовался ли этот материал при участии химических или исключительно биологических процессов.

Г. Н. Батурин,
доктор геолого-минералогических наук
Москва

Геотектоника

Международные исследования дуги Скотия

Островная дуга Скотия, представляющая собой цепь вулканических островов и возвышенностей, соединяет молодые складчатые области Южной Америки и Антарктиды. В 1983—1984 гг. там проведена очередная международная экспедиция под руководством А. У. Д. Далзила (A. W. D. Dalziel; Геологическая обсерватория им. Ламонта и Доэрти при Колумбийском университете, штата Нью-Йорк, США). Помимо специалистов из США, в исследованиях участвовали ученые из Великобритании, Аргентины, Чили.

Экспедицией установлено, что принадлежащие хребту

Скотия (подводному продолжению Патагонских Анд Южной Америки) о-в Южная Георгия, скалы Блейк, Шаг, Клерк имеют континентальное (островодужное) происхождение. Это же относится и к Южным Оркнейским о-вам: слагающие их породы неотличимы от пород крайних восточных островов Южно-Шетландской группы. И только Южные Сандвичевы о-ва, составляющие восточный край дуги Скотия, принципиально отличны по строению: они сложены примитивными лавами, характерными для ранних стадий образования островных дуг. Вулканическая деятельность, продолжающаяся и в настоящее время, началась здесь не ранее 10 млн лет назад; возраст пород, обнажающихся на островах, дает еще меньшую цифру — 4 млн лет.

Район сочленения Южной Америки и Антарктиды, по данным экспедиции, пережил сложную тектоническую историю. Древние островные дуги, заложившиеся на тихоокеанской окраине Гондваны более 100 млн лет назад, в период среднемерной (андской) орогенции, прекратили свое существование, образовав складчатый пояс, который проходил вдоль западной окраины теперешних Южной Америки и Антарктиды. Дуга Скотия составляла часть этого пояса. 30 млн лет назад в результате активного спрединга образовался пролив Дрейка — Южная Америка была отделена от Антарктиды. В результате этих процессов Южные Оркнейские о-ва и о-в Южная Георгия оказались выдвинутыми далеко на восток. 8—10 млн лет назад начала формироваться Южно-Сандвичева островная дуга, и в ее тылу возникла зона расширения дна, ориентированная в направлении север—юг. Около 4 млн лет назад зона спрединга, образовавшая пролив Дрейка, прекратила свое существование.

Участники экспедиции делают вывод, что в целом тектоника дуги Скотия определяется относительным движением Южно-Американской и Антарктической плит литосферы.

Episodes, 1984, v. 7, № 3, p. 8—13 (Канада).

Геология

Нефтяные запасы США истощаются

По поручению правительства США группа сотрудников Библиотеки Конгресса во главе с Дж. Ривой (J. Riva) проанализировала все имеющиеся данные относительно добычи, потребления и разведки нефти на территории страны.

К 2000 г. в США, согласно выводам этой группы, можно ожидать сокращения добычи нефти на 17 %. Если в ближайшее время не будут разведаны новые крупные запасы, снижение добычи достигнет 29 % по сравнению с нынешней. Причем такое сокращение может произойти даже в случае открытия на Аляске нового месторождения, сравнимого по масштабам с ее гигантским нефтеносным бассейном в бухте Прадро.

Последние неудачные результаты бурения на нефть в районах Скалистых гор, Атлантического побережья и Аляски заставляют признать излишне оптимистичными оценки, сделанные Управлением геологической съемки США относительно перспективности этих регионов.

Отчетливое падение кривой добычи нефти в США должно проявиться в ближайшие годы — по мере того как истощение разработанных скважин перестанет компенсироваться за счет беспрецедентно широкого бурения новых, как это имело место в последнее пятилетие.

Episodes, 1984, v. 7, № 4, p. 33 (Канада).

Океанология

«Красный прилив» в Черном море

Н. И. Туманцева (Институт океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР) сообщает, что весной 1984 г. во время 6-го рейса научно-исследовательского судна «Витязь» в западной

части Черного моря у побережья Болгарии впервые был отмечен так называемый «красный прилив». С борта судна на поверхности моря наблюдались пятна и полосы воды ярко-красного цвета; одна из полос шириной 100—150 м тянулась на 6—7 км вдоль побережья, в нескольких милях от него. Вызывается это явление массовым развитием ресничных инфузорий *Mesodinium rubrum*, придающих воде красный цвет.

Инфузории *M. rubrum* широко распространены в умеренных и тропических водах Тихого и Атлантического океанов и во внутренних водоемах. Это обычный планктонный компонент. Однако в высокопродуктивных или эвтрофированных районах моря, наиболее богатых биогенными элементами, *M. rubrum* в периоды, когда хорошо выражена плотная стратификация водного столба, могут образовывать огромные скопления. Этому способствует необычайно высокая скорость размножения инфузорий, а особенности их экологии и физиологии (совмещение авто- и гетеротрофного типов питания, синхронизированный ритм деления, вертикальные суточные миграции для восполнения пищевых запасов) обеспечивают им преимущество в освоении биотопа и позволяют вытеснять конкурентов.

За последние десятилетия «красные приливы» неоднократно наблюдались в зонах калифорнийского и перуанского апвеллингов, на атлантическом побережье Северной и Южной Америки, на Балтийском море. Они сопровождаются накоплением огромной массы органического вещества в поверхностных слоях моря. Численность инфузорий в пятнах «красной воды» может достигать гигантских величин — до 250 млн экземпляров в одном литре.

Наблюдавшийся «красный прилив» в Черном море был оценен количественно. Отбор проб в зоне пятна показал, что инфузориями заселен весь верхний плимиметровый слой, при этом биомасса под 1 м² составляла 232 г (заметьте, что длина инфузорий 50 мкм), достигая в слое максимума, расположенного на глубине 2 м, величины

167 г/м³ при численности организмов 2,9 млн/л. На поверхности моря скопления инфузорий были еще более плотными: 3,2—4,6 млн экз/л при биомассе 180—280 г/м³. Эти цифры более чем в два раза превышают количество *M. rubrum* в таком мощном «красном приливе», каким был наблюдавшийся у побережья Перу в 1977—1978 гг. в период Эль-Ниньо.

Отмирание огромной массы инфузорий сопровождается гниением. Это ухудшает качество морской воды и может вызвать заморы водных животных. Сам факт появления «красных приливов» служит тревожным симптомом состояния экосистемы прибрежных вод, свидетельствующим о возросшей эвтрофикации этого участка водоема.

Океанология, 1985, т. XXV, вып. 1, с. 130—132.

Палеоокеанология

История формирования Евразийского бассейна Арктики

Используя дрейфующие льды в качестве временных аэродромов, советские магнитологи в течение нескольких сезонов вели аэромагнитную съемку Евразийского бассейна Северного Ледовитого океана, заключенного между шельфом морей Баренцева, Карского и Лаптевых, северо-восточной окраиной Гренландии и подводным поднятием Ломоносова. Вдоль продольной оси бассейна протягивается хребт Гаккеля — продолжение срединно-океанических хребтов Норвежско-Гренландского бассейна, а через них — Атлантического океана. Вдоль осей всех этих хребтов проходит граница крупных литосферных плит — почти исключительно Северо-Американской и Евразийской.

Благодаря аэромагнитным съемкам была открыта система линейных магнитных аномалий океанического типа, расположенных между поднятием Ломоносова и Баренцево-Карским шельфом в целом сим-

метрично относительно хребта Гаккеля. Поскольку оси магнитных аномалий, возникших в процессе раздвижения океанического дна, представляют собой линии равного его возраста, можно определить движение литосферных плит. Их относительное положение наилучшим образом описывается двумя параметрами — полюсом конечного вращения и углом поворота. Совмещение парных (одновозрастных) аномалий, а также границ противоположных бортов Евразийского бассейна, выполненное на ЭВМ, позволило А. М. Карасику, Л. А. Савостину и Л. П. Зоненшайну найти параметры конечных вращений Северо-Американской и Евразийской плит, граничащих по оси хребта Гаккеля, на эпохи 20, 36 и 56 млн лет назад и в время первичного раскола этих плит, обозначившего начало отделения от основного тела Евразии узкой полоски, образующей ныне подводное поднятие Ломоносова. Несовпадение найденных полюсов с одновозрастными полюсами, рассчитанными по магнитным аномалиям Норвежско-Гренландского бассейна, свидетельствует в пользу предположения о существовании в прошлом самостоятельной Гренландской плиты. В течение последних 36 млн лет Северо-Американская и Евразийская плиты граничат друг с другом почти на всем протяжении оси срединно-океанических хребтов от Азорских о-вов до моря Лаптевых. Полюс раскрытия Евразийского бассейна в прошлом находился в разных местах, но всегда — на одной прямой с осью бассейна, а угловые скорости вращения плит были и остаются очень малыми — 0,2—0,3 град./млн лет.

По этим расчетным параметрам авторами выполнена серия геодинамических реконструкций Евразийского бассейна и сопредельных территорий на указанные эпохи (20, 36 и 56 млн лет назад), позволявшая наглядно представить историю раскрытия бассейна и перестройку мозаики литосферных плит в Арктике. Геологические данные по шельфу Восточно-Сибирского моря и Северо-Востоку СССР отражают смену тектонических

режимов, обусловленную перемещением полюса раскрытия бассейна с юга на север с начала эоцена до раннего олигоцена и в обратном направлении, с севера на юг, — с олигоцена до плиоцена. Так, смещение полюса на юг повлекло за собой растрескивание континента от шельфа моря Лаптевых до хребта Черского и продвижение рифта вслед за полюсом на юг—юго-восток.

Доклады АН СССР, 1984, т. 275, № 5, с. 1156—1161; 1983, т. 273, № 5, с. 1191—1196.

География

Закончился ли период потепления для Москвы!

Под таким названием в 1974 г. Л. В. Клименко (Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова) опубликовал заметку, в которой сообщалось, что глобальное потепление, охватившее также и Европейскую часть территории СССР, в том числе Москву, достигло максимума во второй половине 30-х годов текущего столетия¹. Дальнейшие наблюдения показывали, что период потепления с некоторым ослаблением продолжался до 1960 г.², а затем и до 1972 г. включительно, при этом особенно существенным потепление в Москве было весной и осенью³. Сохранилась ли такая климатическая тенденция? Проверку этого предпринял Л. В. Клименко для следующего 11-летнего периода — 1973—1983 гг.

Как и прежде, работа проводилась путем сопоставления средней температуры за календарный сезон и за год (т. е. путем определения отклонений от нормы, при этом сезон считался нормальным, если от-

¹ Клименко Л. В. — Вест. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр., 1974, № 1, с. 98.

² Климат Москвы. Л., 1969.

³ Паршин В. Н. — Метеорология и гидрология, 1980, № 5, с. 37.

клонение его температуры не превышало $\pm 0,4^\circ$, где σ — величина среднего квадратичного отклонения). Наблюдения велись в районе Тимирязевской сельскохозяйственной академии, на обсерватории им. Михельсона.

Средняя за указанные 11 лет температура зимних сезонов составила $-7,0^\circ$, что на $2,1^\circ$ выше соответствующей температуры в предшествующем 11-летнем периоде (1962—1972). Средняя температура весенних сезонов ($5,8^\circ$) была на $0,8^\circ$ выше; осенние сезоны (средняя температура $5,0^\circ$) оказались на $0,2^\circ$ холоднее, а летние (средняя температура $16,9^\circ$) — на $0,4^\circ$ холоднее, чем в предыдущем периоде. В целом же за год средняя температура составляла $5,2^\circ$, что на $0,5^\circ$ выше средней температуры 1962—1972 гг.

Таким образом, период потепления не только не закончился, но даже усилился, однако изменилась его структура: если после 1960 г. основной вклад в этот процесс вносили переходные сезоны и существенно меньший — зима, то в 1973—1983 гг. потепление в равной мере шло за счет зимы и весны; значительно меньший вклад дает осенний сезон, а в летнем намечилась тенденция к похолоданию.

Вестник Московского университета. Серия 5. География, 1985, № 1, с. 50—53.

Ныне опустынивание угрожает примерно 35 % всей суши планеты. Среди охваченных этим процессом земель — 3,1 млрд га пастбищ, 3,35 млн га неорошаемых и 40 млн га орошаемых земель. Авторы отчета считают, что до 2000 г. потеря пастбищных земель будет продолжаться с нынешней интенсивностью. В ближайшие 15 лет ожидается усиление процесса опустынивания неорошаемых сельскохозяйственных угодий, причем экономические потери от падения их продуктивности могут достигать примерно 26 млрд долл. в год.

В отчете указывается, что причинами растущего опустынивания в глобальных масштабах служат как естественные колебания климата, так и человеческая деятельность — нерациональное использование земель, нерегулируемая вырубка лесов, выпас растущего поголовья скота в местностях, находящихся в угрожаемом положении, и т. п.

Episodes, 1984, v. 7, № 2, p. 33 (Канада).

Археология

Неолитический человек на севере Европы

До сих пор археологические исследования на Британских о-вах были связаны в основном с доисторическими каменными сооружениями Стоунхенджа. Новое открытие в археологии севера Европы сделано благодаря находке многочисленного остеологического материала, обнаруженного фермером и антропологом-любителем Р. Симисоном (R. Simison) в районе Исбистера, на Оркнейских о-вах, лежащих севернее главного острова Британии.

Раскопки в этой местности, возглавленные профессором археологии Кембриджского университета К. Ренфрю (C. Renfrew), позволили вскрыть уникальное захоронение, служившее человеку эпохи неолита на протяжении 800 лет. Захоронение представляет собой большое помещение, разделенное на отдельные «комнаты» и ряд

примыкающих к ним мелких ячеек. В них найдено ненарушенное скопление человеческих костей и черепов. Многие скелеты разобщены, но все кости сложены в аккуратные, четко очерченные кучи. Вперемешку с ними лежат кости овец, крупного рогатого скота, рыб и трупных птиц. У самого входа в захоронение находилась груда битой керамической посуды общей массой около 30 кг.

Умело собрав и зарегистрировав все найденные костные остатки, Симисон передал около 16 тыс. объектов в Музей Танкернес-Хаус в Керкуолле. Здешние специалисты установили, что каждая группа человеческих костей обязательно сопровождалась остатками птиц (90 % их принадлежит белохвостому орлану, ныне весьма редко здесь встречающемуся). На всех человеческих костях имеются следы очищения от мягких тканей, произошедшего перед захоронением.

Обычай выставлять тела покойников на специальных помостах, где они становятся добычей хищных птиц, встречался у древних людей в различных районах земного шара. В данном случае он, несомненно, сопровождался ритуалом, связанным с почитанием белохвостого орлана, возможно, служившего тотемом — племенным символом древнейших оркнейцев.

Специалисты считают, что исбистерское захоронение использовалось между 3150 и 2400 гг. до н. э. Таким образом, его можно отнести не только к числу немногих хорошо сохранившихся, но и к числу древнейших свидетельств жизни неолитического человека в столь северных районах Европы.

New Scientist, 1984, v. 104, № 1433, p. 43 (Великобритания).



Экология

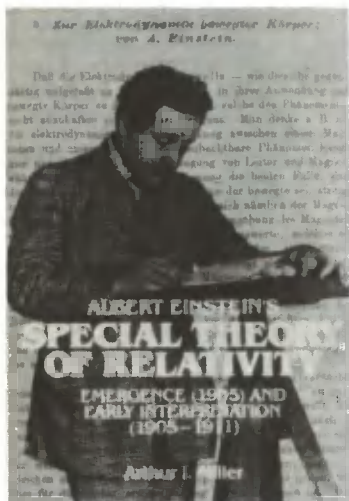
Пустыни наступают

Международный комитет Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) опубликовал итоги начатого в 1977 г. изучения проблемы опустынивания на земном шаре.

Установлено, что площадь земной поверхности с нулевой продуктивностью ежегодно увеличивается на 21 млн га. Число людей, живущих в засушливых условиях, возросло с 650 млн в 1977 г. до 850 млн в 1983 г.

Еще раз о специальной теории относительности Эйнштейна в историческом контексте

М. В. Терентьев,
доктор физико-математических наук



Arthur I. Miller. ALBERT EINSTEIN'S SPECIAL THEORY OF RELATIVITY. EMERGENCE (1905) AND EARLY INTERPRETATION (1905-1911). Inc. USA: Addison — Wesley, 1981, 466 p.

В истории каждой культуры есть замечательные периоды, когда среда созревает для восприятия гения, и с его появлением накопленная в обществе энергия освобождается взрывом. Реализация, полное воплощение мощи гения иногда происходит без видимых усилий и, на первый взгляд, в совершенно неподходящих условиях. Таким моментом были два чумных года (1665—1666), когда молодой Ньютон пришел к формулировке

основных физических и математических идей, разработка которых заняла потом большую часть его жизни. Таким же моментом были несколько месяцев 1905 г., когда 25-летний Эйнштейн в законченном и ясном виде сформулировал идеи, определившие развитие физики XX в. Специальная теория относительности (СТО) была одним из достижений этого периода.

Явление «гений в силе», помимо естественной реакции благоговейного удивления, заслуживает в каждом случае того, чтобы быть изученным с самых разных точек зрения. Скажем, творческий взрыв в селе Болдино в холерную осень 1830 г. известен нам не только по итоговому списку сочинений Пушкина. Мы знаем много о действующих лицах сцены, на которой все произошло, и нам кажется, что мы ощущаем обстановку на этой сцене.

Но в физике ситуация другая. Героические моменты в ее истории мы часто воспринимаем и оцениваем исключительно по результатам. Несмотря на то что ценность новых достижений в физике относительна в том смысле, что она определяется фоном, уровнем их понимания в соответствующий момент, всем, что объединяется понятием научной атмосферы, тем не менее проблема передачи этой атмосферы в ретроспективе, передачи историко-психологических факторов, сопровождающих научное открытие, только в редких случаях решается успешно. Например, явление «Эйнштейн в Берне» с указанной точки зрения разработано намного хуже, чем «Пушкин в Болдино», хотя его историческое и общечеловеческое значение не меньше.

Есть много причин, в силу которых приходится с разными критериями подходить к изучению творчества физика и поэта. Несомненно, что революционные события в физике оказывают глубокое влияние на раз-

витие цивилизации и касаются всех людей. Это в особенности относится к принципиально новым идеям в теоретической физике, которые приводят к изменению представлений о месте человека в мире и, в конечном счете, отражаются во многих сферах, часто очень далеких от науки. Но все-таки физика, даже с учетом бума последних десятилетий, по-прежнему остается относительно замкнутой областью, если число причастных к ней людей сравнивать с числом тех, кому доступна и интересна гуманитарная сфера.

Поэтому правильно и точно оценить в физике и выразить спустя много лет относительный масштаб и значение деятельности «гения в силе» гораздо труднее, чем, скажем, в литературе. Чтобы это сделать, нужно, прежде всего, быть физиком по образованию и роду деятельности, а также специалистом в истории физики. Эти два качества редко совместимы, так как каждая сфера обычно требует человека целиком. Нужно еще, помимо всего прочего, иметь литературный талант, хотя это требование в силу его очевидности, может быть, и не заслуживает отдельного упоминания. Не случайно хорошие исследования по истории физики — большая редкость.

По первому впечатлению книга А. Миллера «Теория относительности Альберта Эйнштейна. Возникновение (1905) и ранняя интерпретация (1905—1911)», вышедшая в 1981 г. в США, отвечает самым высоким требованиям и является как раз таким прекрасным редким исключением (хотя при более глубоком погружении в предмет впечатление от нее несколько снижается).

В рецензируемой книге А. Миллер ставит задачу проанализировать статью Эйнштейна «Об электродинамике движущихся объектов» (в которой сформулирована специальная теория относительности) так, как

до сих пор анализировались тексты классических литературных произведений. Его цель — понять происхождение и смысл каждой фразы. Какая обстановка, какой образ мышления заставляли Эйнштейна в каждом случае говорить так, а не иначе, или же вообще воздерживаться от высказываний? Чтобы выполнить такую программу, требуется описание исторического фона. Оно дается с необычайной тщательностью и занимает половину объема книги. В результате с полным правом можно сформулировать цель книги и как изложение определенного этапа в истории физики, рассматривая его «через окно», каким является статья Эйнштейна.

Книга состоит из введения, 12 глав, эпилога и приложения, представляющего собой авторский перевод на английский язык статьи Эйнштейна «Об электродинамике движущихся объектов», в которой А. Миллер изменил некоторые обозначения, приведя их к принятым в современной литературе. Каждая глава снабжена большим количеством сносок и примечаний (их объем сравним с основным текстом). Такая структура позволяет разгрузить текст и сделать его легко читаемым, несмотря на то что книга передает очень большой объем фактической информации.

Исследование проведено высокопрофессионально. У А. Миллера не встретишь легковесных, недокументированных высказываний или поверхностного цитирования.

Введение — это краткие сведения из биографии Эйнштейна и история написания и публикации трех знаменитых статей, появившихся в 17 томе журнала *"Annalen der Physik"* и полученных редакцией в Берлине соответственно 18 марта, 11 мая и 30 июня 1905 г. Третья из этих статей, содержащая формулировку СТО, составляет предмет изучения.

Первая глава подробно описывает развитие электродинамики в период с 1890 по 1905 г. Здесь рассмотрены электромагнитная теория Максвелла — Герца, основные работы Х. Лоренца, М. Абрагама, А. Пуанкаре, попытки построения единой

электромагнитной картины мира. Рассмотрены также основные экспериментальные факты, касающиеся оптики и электродинамики движущихся объектов.

Глава завершается обсуждением того, на каком уровне знал Эйнштейн электродинамику в 1905 г. Эта тема часто затрагивается, и одна из причин — в том, что Эйнштейн, с точки зрения обычных критериев, не был аккуратен в литературных ссылках. (Заметим, что в обсуждаемой статье 1905 г. их попросту не было.) Существуют свидетельства, что Эйнштейн не знал некоторых важных работ своих предшественников. Как известно, незнание не освобождает от ответственности за нарушение законов и не снимает с Эйнштейна вину за пренебрежение к традиционным правилам при публикации научной статьи, проявившееся в отсутствии ссылок. Но, на самом деле, так ли уж велик этот грех?

Работа Эйнштейна основывается на двух принципах: физической эквивалентности всех инерциальных систем координат (что при последовательной интерпретации исключает существование выделенной системы, связанной с эфиром) и постоянстве скорости света во всех таких системах. Изобретение этих принципов для Эйнштейна — творческий акт, основанный на внутренних критериях красоты. Конечно, экспериментальные факты лежат в их основе, но только на «фольклорном» уровне. В столь общем виде и в таком сочетании эти принципы раньше никем не формулировались. Все дальнейшее содержание работы, все многочисленные физические приложения являются логическим следствием. Так что, в определенном смысле, для построения теории больше ничего уже не нужно знать. Отсутствие ссылок только подчеркивает этот факт.

Нужно еще учесть, что в 1905 г. Эйнштейн понимал принципиальные проблемы в физике значительно глубже, чем все его современники. Возможно, это еще одна причина отсутствия ссылок. Резко осуждать Эйнштейна можно, лишь не сознавая в полной мере, какой глубокий разрыв со всем строем

мысли предшественников означала его работа. Высказанные соображения совпадают по существу с позицией автора книги, хотя А. Миллер не формулирует ее буквально в таком виде.

Вторая глава посвящена философским взглядам Эйнштейна в то время. А далее, в главах с третьей по двенадцатую, идет детальный анализ всех разделов статьи Эйнштейна.

Часть двенадцатой главы и эпилог касаются дальнейшего развития взглядов Эйнштейна, а также фактов его научной биографии до 1915 г. Параллельно проводится описание дискуссий по отдельным проблемам теории относительности в период с 1905 по 1911 г., анализируются новые эксперименты и важнейшие теоретические работы, сделанные в этот период. Здесь опыты В. Кауфмана и А. Бухерера, работы А. Пуанкаре, Г. Минковского, М. Планка, М. Борна, М. Лауэ, П. Эренфеста.

После прочтения книги, прежде всего, возникает желание отдать дань уважения автору, переработавшему и аккуратно представившему огромный материал — обилие теорий, фактов, высказываний, ссылок. Мне кажется, на русском языке нет сочинений по истории физики с такой же широкой и подробной разработкой темы. Но вместе с тем к книге можно предъявить и серьезные претензии.

У читателя остается неудовлетворение из-за невозможности в ряде случаев понять на простом уровне, что же сделали предшественники Эйнштейна. Например, на десятках страниц идет подробное описание развития теории Лоренца — от работы к работе. Но все касается в основном технических аспектов, преобразований в формулах. Что же сделал Лоренц по существу, о чем и как он думал? Как оценить его вклад с современных позиций? Это трудно извлечь из книги.

Более того, как мне кажется, А. Миллер в некоторых отношениях неверно воспринимает содержание работ Лоренца и Пуанкаре. Он говорит (основываясь на неаккуратном утверждении, сделанном в

1908 г. А. Эйнштейном и Дж. Лаубом), что теория Лоренца не описывает правильно электромагнитные явления в движущихся диэлектриках. Отсюда он заключает (фактически без дополнительной аргументации), что эта теория противоречит принципу относительности (это верно, если имеется в виду, что Лоренц неправильно преобразовывал поля и токи в высших приближениях по отношению скорости тел к скорости света, но утверждение А. Миллера сформулировано так, что оно относится к методу Лоренца в целом). В этом (ошибочном) мнении он укрепляется, используя недостаточно продуманные высказывания Лоренца и Пуанкаре о том, что замедление физических процессов, вызванное относительным движением, ненаблюдаемо.

Проблема соотношения вкладов в создание специальной теории относительности трех авторов — Лоренца, Эйнштейна и Пуанкаре — обсуждалась в физической и исторической литературе на протяжении многих лет в прошлом и обсуждается в последние годы. При этом существуют люди, занимающие в этой дискуссии крайние позиции. В каком-то смысле А. Миллер тоже является «экстремистом». В его книге роль Лоренца и особенно Пуанкаре, с нашей точки зрения, сильно и неоправданно занижена. Но «решение треугольника» Лоренц — Эйнштейн — Пуанкаре действительно непростая и очень интересная задача. Поэтому в связи с книгой А. Миллера имеет смысл подробнее обсудить разные стороны этой проблемы.

В исторических исследованиях есть препятствие, которое полностью преодолеть невозможно. (А. Миллер это вполне осознает.) Оно имеет общий характер и иллюстрируется следующим примером: трудно понять образ мышления средневекового человека, как так невозможно воссоздать только усилиями разума тот психологический фон, на котором протекала его жизнь.

После крупных научных преобразований уже через несколько поколений люди так привыкают к новым концепциям,

что не понимают, как можно было думать иначе. Поэтому, описывая исторический фон, трудно удержаться, чтобы не вкладывать в работы предшественников смысл, которого в них не было. Почти невозможно также избежать удивления перед примерами, когда изощренный ум проявляет бессилие в понимании простых, с современной точки зрения, вещей.

Теория относительности (здесь и далее опускается слово «специальная») является хорошей иллюстрацией сказанного. Она устранила из физики чрезвычайный хаос, а между тем выглядит сейчас настолько естественной и логически неизбежной, что трудно осознать препятствия, которые в свое время требовалось преодолеть. Сам принцип относительности — гипотеза о независимости физических явлений от системы отсчета — возник очень давно (в определенной форме известен еще Декарту и Галилею), а в применении к электромагнитным и оптическим явлениям сформулирован Пуанкаре в 1895—1905 гг. как утверждение о невозможности измерить скорость объектов относительно эфира. Преобразования Лоренца — формальный математический аппарат СТО — были найдены Лоренцом уже в работах 1892—1895 гг. и в наиболее последовательной форме использованы им в 1904 г.

Не случайно имеются статьи и книги, в которых авторы, обсуждая проблемы приоритета, готовы придавать равное, если не большее, значение вкладам Лоренца и Пуанкаре по сравнению с вкладом Эйнштейна. В то же время некоторые современники Эйнштейна вполне правильно оценивали его как «Коперника XX в.»: они с детства еще не были «испорчены» теорией относительности и помнили проблемы, с которыми мучалась физика до 1905 г., помнили неуклюжие модели эфира, каждая из которых строилась для объяснения отдельного экспериментального факта.

Разногласия в оценках вклада основных создателей теории относительности, которые наблюдались как в начале века, так и теперь, не случай-

ны. Они связаны с тем, что различие между относительностью в духе Лоренца — Пуанкаре (именно Пуанкаре привел теорию Лоренца к завершенной форме) и СТО Эйнштейна «лежит в компетенции теории познания», как отмечал сам Лоренц в 1912 г. Имеется в виду, что, с точки зрения экспериментальных следствий, теории совершенно эквивалентны. Особая проблема, «добавляющая масла в огонь», в том, что Лоренц и Пуанкаре не рассматривали ряд наблюдаемых явлений, которые представляли собой автоматическое следствие развитаго ими же математического аппарата (в основном это касается замедления хода часов). Более того, они часто без подробной аргументации говорили вещи, которые противоречат следствиям ими же созданной теории. Все это поначалу не может не вводить в заблуждение. Ряд авторов остается в этом заблуждении до конца. В частности, А. Миллер, по-видимому, не признает, что теория Лоренца — Пуанкаре, основанная на концепции эфира, ни в одном пункте не противоречит эксперименту.

Но с точки зрения эвристической, различия между СТО Эйнштейна и теорией Лоренца — Пуанкаре чрезвычайно глубоки, и именно этот факт, а не случайное стечение обстоятельств, является причиной того, что СТО Эйнштейна стала рабочим аппаратом, а теория Лоренца сейчас представляет только исторический интерес.

Эти различия в том, что: 1) в СТО все инерциальные системы координат физически эквивалентны (во всех прежних теориях существует выделенная система, связанная с эфиром), а пространственно-временные координаты во всех системах имеют физическую интерпретацию (ранее в преобразованиях Лоренца фигурировали координаты фиктивных воображаемых тел; не был понят существенный факт, что эти координаты являются физическими координатами реальных тел, рассматриваемых с точки зрения движущегося наблюдателя); 2) в СТО время — относительное понятие (раньше времени придавался абсолютный

смысл; относительность одновременности событий, рассматриваемых из разных систем отсчета, не была понятна); 3) СТО формулируется универсально и справедлива в применении ко всей физике (возможность существования принципа относительности как всеобщего закона обсуждалась Пуанкаре, но свои основные результаты он, как и Лоренц, выводил в качестве конструктивного следствия из уравнений Дж. Максвелла); 4) в СТО эффекты сокращения длины и времени имеют кинематическую интерпретацию (а не динамическую — как следствие взаимодействия с эфиром), при этом снимаются вопросы, как физически моделировать такое сокращение; 5) СТО обходит проблему электромагнитного объяснения массы протяженного электрона и вывода законов механики из уравнений Максвелла (Лоренц и Пуанкаре, так же как Абрагам, исходили из такой картины и тратили силы на преодоление содержащихся в ней трудностей).

Нужно еще подчеркнуть, что работа Эйнштейна отличается чрезвычайной ясностью и простотой. Сейчас она совершенно не устарела. Ряд проблем, исследование которых в прежних теориях требует сложных построений, в рамках СТО решается в несколько строк.

Из сказанного совершенно очевидно, насколько подход Эйнштейна является эвристически более плодотворным. Как при этом можно объяснить тот факт, что СТО не была сразу адекватно оценена даже людьми, обладающими редкой проницательностью? Больше того, Лоренц в 1909 г. в книге «Теория электронов» все еще не мог отказаться от искусственной интерпретации своих собственных преобразований, что лишило его подход плодотворности, характерной для СТО Эйнштейна. Пуанкаре, который ближе всех подошел к формулировке СТО, в течение нескольких лет, почти до конца жизни (он умер в 1912 г.) также не мог воспринять точку зрения Эйнштейна.

А. Миллер совершенно правильно отмечает концептуальные достоинства теории Эйнштейна, дает при этом убедительное

объяснение, почему СТО не воспринималась научной общественностью вплоть до 1910—1911 гг., когда слово «эфир» стало быстро исчезать из физической литературы.

Для мышления человека характерно существование психологических барьеров, своего рода «истуканов». Они — нормальное явление не только в политике, философии, но и в области точных знаний. Одним из таких барьеров всегда является принятый в определенный период критерий того, что значит понять или объяснить какой-либо факт. Так, в свое время ньютоновская теория тяготения не устраивала картезианцев из-за того, что уходила от объяснения механизма притяжения и лишь формулировала закон, по которому оно действует. Попытка «понять» этот закон в рамках ньютоновского подхода привела к необходимости мгновенной передачи усилия через пустоту, что представлялось неприемлемым. Аналогичная проблема существовала в 1905 г. Волновая природа света к этому моменту была установлена. Понять же механизм передачи волнового процесса через пустоту казалось невозможным.

Интересно в этой связи высказывание Пуанкаре, сделанное в 1902 г.: «Мы знаем источник нашей веры в эфир. Если свету от далекой звезды требуется несколько лет, чтобы дойти до нас, то он проводит это время не на звезде, так же как и не на Земле. Он должен быть где-то между ними и должен быть, так сказать, поддержан каким-то материальным агентом»¹.

Но именно отказ от эфира, его устранение из физической теории является главным, революционным достижением Эйнштейна при создании специальной теории относительности. Такой шаг был облегчен его взглядом на природу света. Он несомненно понимал, что распространение света — сложный процесс, и представление о нем как о волне или как о потоке корпускул является лишь приближением к действительности.

В такой ситуации было разумно вообще не задавать вопроса о том, как происходит распространение света, аналогично тому как для Ньютона было важно обойти вопрос о механизме действия тяготения.

А. Миллер очень хорошо показывает, что все ранние работы Эйнштейна были тесно взаимосвязаны и не случайно именно Эйнштейн, а не, скажем, Пуанкаре оказался способным на освобождающий шаг — отказ от эфира. Насколько нетривиален такой шаг, — имеет смысл особенно подчеркнуть. Ведь представить, как свет распространяется в пустоте, без эфира, невозможно и сейчас, как нельзя представить себе один электрон проходящим одновременно через две щели. Но мы умеем последовательно описывать эти явления в рамках принципов квантовой механики. Именно в таком, условном и ограниченном смысле следует говорить, что эти явления сейчас понятны.

Нужно сказать, что весь комплекс проблем, связанных с психологией, практически не затрагивается в книге А. Миллера, поскольку он стремится быть точным и опираться на факты и документы. Читатель сам вправе делать выводы и строить гипотезы на основе представленного материала. Но за всем изложением (это неизбежно) стоит исходная, личная позиция автора. Для него не представляет интереса как-то специально акцентировать роль Эйнштейна, защищать его от нападок оппонентов, заниматься полемикой по этому поводу. Место Эйнштейна и его взаимоотношения с теорией относительности, с точки зрения автора книги, определяется очень просто — он ее создал.

Полностью соглашаясь с этим, мы все же снова должны вернуться здесь к упрекам автору в связи с недооценкой вклада Пуанкаре, работам которого в книге посвящено лишь несколько страниц, причем в основном критического содержания. А. Миллер опубликовал в 1973 г. большое исследование статьи Пуанкаре «О динамике электрона», краткая версия которой была напечатана на 25 дней раньше статьи Эйнштейна.

¹ Пуанкаре А. О науке. М., 1983, с. 107.

на (подробный текст был опубликован в 1906 г.). Через восемь лет выводы, сделанные А. Миллером в его исследовании, без существенных изменений и без подробных обоснований были перенесены в обсуждаемую книгу.

Работа Пуанкаре привела теорию Лоренца в точное соответствие с принципом относительности: теория Лоренца фактически удовлетворяла этому принципу лишь с точностью до членов порядка $(v/c)^2$, где v — скорость системы отсчета относительно эфира, c — скорость света; в высших порядках по v/c Лоренц использовал неверные преобразования для скоростей, токов и потенциалов поля. Пуанкаре устранил этот дефект. Работа Пуанкаре является логически возможным, хотя и неудобным способом выразить факт ненаблюдаемости абсолютного движения. В статье содержится полностью разработанный математический аппарат теории относительности (на том же уровне, что и в статье Эйнштейна), но нет никаких вычислений физических эффектов. Поэтому не так просто понять, какое содержание вкладывал Пуанкаре в свою математику.

Пуанкаре много раз подчеркивает свое соответствие с Лоренцом, что подразумевает эфир, абсолютную систему координат, физическое сокращение продольных размеров тел при движении, абсолютное время, ненаблюдаемость, т. е. фиктивный характер эффектов замедления времени, ненаблюдаемость сокращения длин из-за

одновременного сокращения всех измерительных масштабов, непонимание того факта, что лоренцовские преобразования координат соответствуют описанию тел с точки зрения движущегося наблюдателя. Выше отмечалось еще несколько концептуальных отличий теории Лоренца от эйнштейновского подхода. Но большая их часть отражает не внутренние пороки метода Лоренца — Пуанкаре. Эти отличия связаны с существованием у этих авторов психологических препятствий, мешавших им проанализировать проблему измерений в рамках развитого ими же формализма и рассмотреть более широкий класс мыслимых экспериментов.

Подчеркнем, что при доказательстве и использовании группового свойства релятивистских преобразований полей и пространственно-временных координат (что по существу исчерпывает содержание СТО) Пуанкаре идет фактически гораздо дальше Лоренца, никак не акцентируя этот шаг. Напротив, что совершенно поразительно, он говорит: «Результаты, полученные мною, согласуются во всех наиболее важных пунктах с теми, которые получил Лоренц, я стремился только дополнить их и видоизменить в некоторых деталях; некоторые имеющиеся расхождения, как мы увидим, не играют существенной роли»².

² Цит. по: Логунов А. А. К работам Пуанкаре «О динамике электрона». М., 1984, с. 22.

Своеобразие стиля, в котором написана статья Пуанкаре, воспринимается А. Миллером как отсутствие нового глубокого содержания. С таким выводом нельзя согласиться, равно как и с чрезвычайной переоценкой вклада Пуанкаре, которая встречается в некоторых работах по истории физики (нельзя забывать, что относительности в современном, эйнштейновском смысле Пуанкаре не понимал).

Подход А. Миллера в каком-то смысле напоминает «инвентаризацию» всех существенных для подготовки и развития СТО работ периода 1890—1911 гг. В погоне за кажущейся (но недостижимой) объективностью автор аккуратно регистрирует, а главное — безоговорочно принимает любое высказывание классиков.

И все-таки книга стоит того, чтобы найти ее и прочесть. Это будет непросто, так как количество экземпляров, имеющих в нашей стране, исчисляется единицами. Поэтому хотелось бы, чтобы ее перевели на русский язык. Она является заметным вкладом в историю физики, хотя в полной мере А. Миллеру не удалось достичь идеала, который имел в виду сам Эйнштейн, когда в интервью от 4.11.1950 г. (в записи Р. Шанкланда) говорил, что предпочитает исследования, где авторы «пытаются понять, какие цели преследовали физики и как они боролись с трудностями» (с. 10).

НОВЫЕ КНИГИ

Астрономия

С. Миттон. ДНЕВНАЯ ЗВЕЗДА. РАССКАЗ О НАШЕМ СОЛНЦЕ. Пер. с англ. Б. А. Юшпы и Е. В. Иванова. М.: Мир, 1984, 208 с., ц. 65 к.

Это не совсем обычная научно-популярная книга о Солнце. Ее автор, английский астроном и популяризатор Саймон

Миттон, постарался в общедоступной форме рассказать о месте Солнца в ряду других звезд, развитии наших представлений о строении Солнца и о современных методах его изучения.

Необычность книги проявляется по меньшей мере в двух аспектах. Изучение Солнца автор рассматривает как задачу не

только астрономическую, но и науки вообще, «как увлекательную повесть, включающую историю, физику, астрофизику, космические исследования и энергетические проблемы». Объединяющей темой является рассказ о том, как с точки зрения физики можно объяснить большинство наблюдаемых явлений.

Начинается книга истори-

ческим очерком, в котором рассказывается о многочисленных памятниках древней астрономии и среди них — знаменитом Стоунхендже в Англии, культовых сооружениях в Египте и в государствах инков и майя. Ведь именно они позволили нашим далеким предкам решать астрономические задачи, уточнять характерные даты лунно-солнечного календаря и предсказывать землетрясения. Точность, с которой тогда были известны некоторые астрономические постоянные, поражает до сих пор.

С. Миттон стремится довести свой рассказ об исследованиях Солнца до наших дней. Читатель узнает о загадке солнечных нейтрино, данных о колебаниях атмосферы Солнца, выявлении вариаций уровня излучения и активности Солнца, с которыми связаны, как полагают, изменения погодных условий и климата.

Не обойдена в книге и проблема солнечной энергетики. По мнению автора, будущее принадлежит атомным и солнечным установкам.

Астрофизика

В. С. Березинский, С. В. Буланов, В. Л. Гинзбург, В. А. Догель, В. С. Птускин. АСТРОФИЗИКА КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ. Под ред. В. Л. Гинзбурга. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1984, 360 с., ц. 4 р. 70 к.

Астрофизика космических лучей сравнительно молодая, однако ее развитие оказалось необыкновенно бурным. Сейчас она вступает в новый этап своего развития. Доказана галактическая модель происхождения космических лучей, наблюдаемых у Земли, — так называемая галактическая модель с гало. Кроме того, частично введены в строй, а также готовятся или планируются установки, которые позволят получить новую информацию о первичных космических лучах и создаваемом ими электромагнитном и нейтринном излучении. Исследователи надеются выяснить вопрос о происхождении космических лучей сверхвысоких энергий: возникают они

в нашей Галактике или за ее пределами. Помимо астрофизического аспекта, изучение космических лучей сверхвысоких энергий, по-видимому, еще долго будет весьма важным для физики. Ведь до конца этого столетия космические лучи останутся единственным источником частиц с энергией больше 10^{15} — 10^{16} эВ. Поэтому выход книги, подводящей известный итог достигнутому и содержащей теоретические результаты, которые могут быть использованы в дальнейшем, весьма полезен. Следует также подчеркнуть, что это первая обобщающая монография по космическим лучам, вышедшая после книги В. Л. Гинзбурга и С. И. Сыроватского «Происхождение космических лучей» (М., 1963), со времени публикации которой прошло уже более 20 лет.

«Астрофизика космических лучей» — коллективный труд, посвященный широкой области довольно разнородных исследований. Состоит книга из 9 глав, у каждой свой автор. Они сконцентрировали свое внимание на основных вопросах и на достаточно установившемся теоретическом материале. Данные экспериментов и наблюдений лишь резюмируются и используются для иллюстрации разработанных теоретических моделей. Наиболее подробно изложен тот круг теоретических вопросов, которые и в будущем могут быть использованы при обработке и осмыслении новых данных о химическом и изотопном составе космических лучей, о космическом радио- и гамма-излучении. Основное внимание авторы уделяют протонно-ядерной и электронной компонентам космических лучей, процессам их взаимодействия в галактическом пространстве, а также возникающему в результате излучению в радио-, гамма- и рентгеновском диапазонах. Рассматриваются и некоторые вопросы нейтринной астрономии. Как отмечает во введении В. Л. Гинзбург, объясняя принцип отбора и изложения материалов, «особых усилий унифицировать изложение даже не предпринималось. Не стремились мы также избегать повторений. Речь идет не об учебнике,

предоставление же авторам разных глав известной свободы и возможность отдельно читать некоторые главы имеют свои положительные стороны».

Физика

Е. Намбу. КВАРКИ. НА ПЕРЕДНЕМ КРАЕ ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ. Пер. с яп. И. И. Иванчика. Под ред. Р. М. Мир-Касимова. М.: Мир, 1984, 225 с., ц. 60 к.

«Проследить тенденции развития физики элементарных частиц за последние 50 лет и рассказать о ее последних достижениях», — так формулирует цель своей книги Ёитиро Намбу, один из авторов таких ключевых идей современной физики, как спонтанное нарушение симметрии в микромире, цвет кварков.

Кварки были введены в теорию около двух десятилетий назад для классификации многочисленного семейства адронов, которые в результате этого потеряли статус элементарных частиц. В определенном смысле кварки до сих пор можно считать гипотетическими частицами, поскольку никому еще не удалось наблюдать их в свободном состоянии. Не исключено, что этим мы обязаны их совершенно необычным свойствам.

Проблема реальности кварков вынуждает автора судить на первых же страницах книги, что означает «действительно существовать». Это вопрос, который неминуемо встает перед каждым, кто только начинает знакомство с удивительным миром элементарных частиц. Каким же образом физики ищут свободные кварки и вообще какими экспериментальными методами и установками пользуются при исследованиях элементарных частиц? Ответы на эти вопросы тоже ждут читателя.

Автор не строит свое повествование в строгом хронологическом порядке: начав с современного положения вещей, он по ходу дела возвращается к идеям и открытиям прошлых лет. От мезонной теории Юкавы до квантовой хромодинамики (современной теории сильных взаимодействий), единой теории

Вайнберга — Салама и попыток Великого объединения всех фундаментальных взаимодействий — таков путь, по которому ведет нас автор книги, знакомя не только с блестящими и дерзкими идеями физики XX в., но и с их творцами: П. Дираком, Э. Ферми, Х. Юкавой, М. Гелл-Манном, Р. Фейнманом и многими другими.

Остроумно иллюстрированная, легко и занимательно написанная, эта книга будет полезна всем, кто интересуется современным состоянием науки о микромире.

Физика

Дж. Нарьянкар. ГРАВИТАЦИЯ БЕЗ ФОРМУЛ. Пер. с англ. С. И. Блиникова. Предисл. И. Ю. Кобзарева. М.: Мир, 1985, 148 с., ц. 65 к.

Известный индийский астрофизик посвятил свою книгу одной из четырех основных сил природы — многоголовой и вседеющей гравитации. Это слабейшее из основных типов взаимодействий ответственно за самые разнообразные явления — от морских приливов на Земле до расширения Вселенной.

Книга состоит из 11 глав и богато иллюстрирована. Автор «сконцентрировал внимание на астрономических явлениях — ведь именно астрономия была и остается той областью науки, в которой проверяется теория гравитации». Отдельные главы посвящены движению небесных тел (планет, их спутников и комет), приливам на Земле и в двойных звездах, источникам энергии звезд, эффектам общей теории относительности, явлениям, связанным с черными и белыми дырами, и, наконец, крупномасштабной структуре Вселенной. В ткань изложения удачно вплетены древние легенды, сказочные персонажи, исторические события. По сей день гравитация все еще остается весьма таинственной, и физики-теоретики пока безуспешно бьются над тем, чтобы включить ее в теорию великого объединения, связывающую основные силы природы.

Книга рассчитана на широкий круг читателей и доступна школьникам старших классов.

Биология

В. Грант. ВИДООБРАЗОВАНИЕ У РАСТЕНИЙ. Пер. с англ. Н. О. Фоминой. Ред. перев. и авт. предисл. А. Л. Тахтаджян. М.: Мир, 1984, 528 с., ц. 5 р. 60 к.

Автор монографии — видный американский ботаник, профессор Техасского университета, член Национальной академии США — уже знаком советскому читателю по книге «Эволюция организмов», вышедшей в русском переводе в 1980 г. Новая его книга посвящена видообразованию у высших растений, преимущественно цветковых. Хотя в ней затронуты почти все аспекты видообразования, главное внимание уделено генетике (в особенности цитогенетике) и репродуктивной биологии. Автор раскрывает значение внутривидовой изменчивости, изменчивости популяций и географических рас, роль гибридизации, вегетативного размножения и размножения с помощью семян. Посвященные этим вопросам разделы содержат много свежих данных и представляют собой ценный обзор проблемы видообразования у высших растений. По мнению редактора перевода, наиболее спорной в книге является та ее часть, которая касается общей теории вида, или эйдологии. «Я уверен, — пишет тем не менее А. Л. Тахтаджян, — что публикация на русском языке насыщенной фактами и оригинальной по построению книги В. Гранта принесет большую пользу ботаникам-систематикам, эколонам, цитогенетикам, а также растениеводам и селекционерам и стимулирует исследования в этих областях».

Геология

И. М. Дворов, В. И. Дворов. ОСВОЕНИЕ ВНУТРИЗЕМНОГО ТЕПЛА. Отв. ред. А. В. Щербаков. М.: Наука, сер. «Человек и окружающая среда», 1984, 160 с., ц. 55 к.

Количество тепловой энергии, сосредоточенной в горячей воде и пароводяных смесях только верхнего, 5-километрового слоя земной коры, во

много раз, как показывают расчеты, приводимые в книге, превышает потенциальную энергию всего мирового запаса газа, угля, торфа, горючих сланцев.

Авторы начинают свою научно-популярную книгу с истории геотермальных исследований, затем описывают современные представления о термальных водах, их свойствах и географическом распространении, рассказывают о геотермальной теплофикации городов и использовании гидротерм в сельском хозяйстве.

Так называемые минеральные гидротермы нашли широкое применение в лечении различных недугов. Читатель узнает, где и при каких условиях образуются эти углекислые, сероводородные и обогащенные различными микроэлементами теплые минеральные воды.

В книге обсуждаются также перспективы использования тепла глубинных пород верхней мантии, содержащих мало воды и разогретых до высоких температур, отечественные и зарубежные работы в этой области. В Лос-Аламосе (США) в 1971—1973 гг. был поставлен эксперимент по использованию этого петрогенного тепла, который продемонстрировал техническую осуществимость проекта. Однако нерешенных вопросов здесь пока немало.

Геология

Е. А. Радкевич. НАШ ДОМ — ЗЕМЛЯ. М.: Молодая гвардия, сер. «Зарянка», 1984, 208 с., ц. 60 к.

Предваряя книгу, член-корреспондент АН СССР Е. А. Радкевич рассказывает о том, как и почему она стала геологом. Уже более 55 лет она работает в геологии. «... Обездла много стран, осмотрела много рудных месторождений, опускалась в глубочайшие рудники, поднималась на высочайшие горы. Годы идут, а увлеченность геологией не слабеет, и не было часа, — пишет Екатерина Александровна, — чтобы я пожалела о выбранной профессии...»

Читателя ждет обстоятельный рассказ о Земле как

космическом теле, о современной модели глубинного строения Земли, о роли ветра и воды в преобразовании планеты, о действии подземных сил в горообразовании, о минеральном сырье и техническом прогрессе; освещаются такие дискуссионные вопросы, как происхождение жизни, дрейф континентов. В завершающей главе автор страстно призывает береечь наш общий дом — планету Земля.

География

Г. С. Тихомиров. ГЕРОЙ АРКТИКИ ИВАН ПАПАНИН. Документальный очерк. М.: Мысль, 1984, 188 с., ц. 75 к.

Дважды Герою Советского Союза, всемирно известному полярнику, доктору географических наук, контр-адмиралу Ивану Дмитриевичу Папанину исполнилось девяносто лет. Это знаменательное событие издательство «Мысль» отметило изданием книги о нем. Она написана известным советским историком географии Г. С. Тихомировым. Напомним, что этот автор, кроме работ по общим вопросам истории географических наук, уже опубликовал ряд статей и две книги по истории экспедиции Папанина. В новой книге Г. С. Тихомирова впервые столь интересно, основательно и документально изложен весь жизненный путь нашего замечательного современника.

Книга состоит из 17 небольших глав, расположенных в хронологической и, в известной мере, логической последовательности: 1. Вступление в жизнь. 2. В потоке революции и гражданской войны. 3. С юга в Москву и на Север. 4. На Земле Франца-Иосифа. 5. На мысе Челюскин. 6. Северный полюс. 7. Папанин в кругу полярных летчиков. 8. На дрейфующей льдине СП-1. 9. Дружба по льдине СП-1. 10. О тех, кто спас Папанина. 11. Испытание славой. 12. Северный морской путь. 13. Война в Арктике. 14. Мировой океан. 15. В Борке на Волге. 16. Географическое общество. 17. Книги Папанина и книги о нем.

И. Д. Папанин находится в строю активных деятелей Академии наук СССР, ведет созданием океанического научного флота и организацией комплексных экспедиций в Мировой океан, одновременно являясь бессменным председателем Московского филиала Географического общества СССР. Работая в Академии наук вместе с И. Д. Папаниным вот уже 36 лет и довольно часто с ним встречаясь, с удовольствием могу отметить, что автор удачно обрисовал характер и поступки Ивана Дмитриевича. В книге использовано много новых, ранее не публиковавшихся материалов и очень хорошо изложен весь героический путь нашего замечательного современника, являющийся прекрасным и поучительным примером для молодого поколения.

В книге имеется достаточное количество фотографий, многие из которых печатаются впервые.

Академик Г. А. Авсюк

Москва

История науки

ПАМЯТНЫЕ КНИЖНЫЕ ДАТЫ. 1984. М.: Книга, 1984, 288 с., ц. 1 р. 40 к.

Это четвертый выпуск сборника. Содержание его гораздо шире названия. Короткие статьи о книгах и их авторах объединены в шесть разделов: «Политика и публицистика», «Наука и просвещение», «Отечественная дореволюционная литература», «Зарубежная литература», «Советская литература», «Книжное дело». Рассказы о книгах, сыгравших огромную роль в становлении современной науки, не менее остроумны и ярки, чем рассказы о людях, создавших их.

Авторы скрупулезно собирают данные о своих героях, составляя короткие, но емкие портреты. Так, например, «знаменитого автора бесследно пропавших книг» римского ученого Марка Теренция Варрона (116—27 до н. э.), прекрасно характеризуют слова Цицерона: «Мы были чужеземцами в родном городе... твои книги словно приве-

ли нас домой, рассказали нам, кто мы и где живем».

Перу Варрона принадлежали 700 биографий знаменитых греков, сопровождаемых стихотворными панегириками, географический труд «Древности», трактат «О сельском хозяйстве», написанный им в восьмидесятилетнем возрасте. За успешную войну с пиратами Варрон был увенчан почетным «морским венком», по поручению Цезаря он организовал первую в мире государственную библиотеку. К сожалению, труды Варрона, оказавшие огромное влияние на культуру его времени, сохранились лишь в отрывках.

Лев Семенович Выготский (1896—1934) — ученый-психолог XX в. В 1934 г. вышло в свет его самое значительное произведение «Мышление и речь» — книга новаторская, полемичная. Она посвящена, по его собственным словам, «одному из труднейших, запутаннейших и сложнейших вопросов экспериментальной психологии». Однако, хотя эта книга обращена к специалистам, ни один читатель, не чуждый интереса к философским вопросам науки, не сумеет отложить ее, не перевернув последние страницы. Секрет — в личности автора. Л. С. Выготский — юрист и философ по образованию, литературовед по душевной склонности, аналитик по складу ума — всю жизнь работал в различных областях гуманитарного знания. В девятнадцать лет он написал работу «Трагедия о Гамлете, принце Датском», ставшую его диссертацией, а спустя тридцать лет после его смерти вышел в свет огромный труд «Психология искусства».

Сборник иллюстрирован прекрасными портретами, титульными листами книг; он может представлять интерес для самых широких читательских кругов.

Марья Семеновна лечится

А. Л. Рылов, А. Л. Хвесин
Москва

Марья Семеновна никогда раньше не болела. Поэтому почувствовав однажды ночью боль в животе, она в страхе не смогла уснуть до самого утра и даже опоздала на работу. В тот же день это происшествие участливо обсуждалось сотрудницами административно-хозяйственного отдела нашего НИИ. Еще был Все они, кроме Марьи Семеновны, давно и серьезно болели, и хотя дилетант мог бы назвать их цветущими женщинами, это именно от его необразованности. Да, впрочем, мнение дипломированных медиков тоже не в счет. Как могут они, закончившие институт неизвестно с какими баллами и вовсе неискусшенные ни в секретах биополей, ни в загадках астральных знаков, разобраться в том арсенале непризнанных средств, которыми поддерживают свое угасающее здоровье энтузиаст сырьедения Софья Ивановна или специалист по трансцендентному Эльвира Марковна.

— Маша! Взволнованно и немного запыхавшись произнесла Софья Ивановна (она вставляла в комнату пишущую машинку «Ятрань»). — Ты еще не ходила к врачу? И не смей! Знаю хорошую диету. С утра — стакан отвара шиповника, пополам с чесноком и пустырником, а на ночь, как взойдет Венера, съешь сырую луковицу и запей крепким чаем. Перед рассветом съешь вторую и тогда же немного сырого мяса, граммов сто пропустишь через мясорубку.

Дорогой читатель, не удивляйся Венере! Ведь в стародавние времена, когда только и умели лечить по-настоящему, безо всяких там антибиотиков и снотворных, составление рецептов часто зависело от положения светила. А Софья Ивановна пользовалась именно такими рецептами, взятыми из книги

Феофана-врачевателя и проверенными им еще в XVIII в. Теперь эта книга была адаптирована к современности и размножена на папиросной бумаге в соседнем НИИ бетоноконструкций.

Лечение по Феофану отчасти помогло. Боли в животе, однажды потрясшие Марью Семеновну, не повторялись. Но появились новые страшные симптомы. Усиленно занимаясь лечебным питанием и наблюдением планет, Марья Семеновна ночью бодрствовала. Днем же, на работе, постоянно пребывала в болезненном, как бы сомнамбулическом состоянии, которого раньше за ней не наблюдалось. К тому же в столовой она, к удивлению сотрудников, знавших ее любовь плотно поесть, наотрез отказывалась от всего мясного.

— Неужели вы не знаете, — абсолютно случайно проговорила Эльвира Марковна, — что отвращение к мясу — симптом рака желудка? И тут же спохватившись, утешила:

— У меня есть прекрасный экстрасенс, он вам поможет. В тот же вечер Марья Семеновна робко позвонила в дверь чудотворца. Однако страх ее был напрасным. Ничего сверхчеловеческого в экстрасенсе не было. Он даже брал деньги за лечение. Правда, лишь по десятке за визит, но все равно приятно. К тому же это был очень образованный человек. После 12 сеансов Марья Семеновна совершенно излечилась от сомнамбулизма и отвращения к мясу. Зато ее стали доносить поля, мир которых распахнул перед ней экстрасенс. Она чувствовала их в метро, на улице, дома. На работе ее особенно беспокоило поле Петра Петровича, который словно бы мысленно передавал ей какое-то важное сообщение.

Однажды, по совету экстрасенса, она решила немного разрядиться. Достав где-то кусок толстой медной проволо-

ки, Марья Семеновна привязала один его конец в лодыжке, а другой к батарее.

Эффект был сильным. Задремавшую Марью Семеновну внезапно разбудил крик Манечки:

— Девочки! Заказы привезли!

Марья Семеновна вскочила, но удерживаемая проводкой, упала и растянула на ноге сухожилие. С тех пор она перестала ощущать биополя и думала только о том, как бы поудобнее пристроить больную ногу.

Тут Петр Петрович понял, что его час пробил. И решил. И заговорил. Конечно же, о целебных водах. Это наш институтский самородок. От своих приятелей — футбольных болельщиков — он хорошо осведомлен обо всех научных открытиях и изобретениях, призванных служить здоровью. И повышает их практическую значимость в меру скромных возможностей своей мастерской, оборудованной в гараже.

Одно время он распространял среди садоводов самодельные аппараты для намагничивания семян, а затем стал делать из старых подков браслеты против гипертонии. Потом наладил возгонку мумий. Последним детищем самородка были усовершенствованные приборы для синтеза живой и мертвой воды, снабженные специальным тумблером для регуляции крепости ее свойств. Выполнялись водогонные машины настольными, настенными, автомобильными, карманными, детскими и для животных.

Как зачарованная бродила Марья Семеновна в гараже, пока не выбрала водогон, стилизованный под самовар, да еще с портретом Рината Дасаева.

— Электролиз у меня первостатейный! — говорил Петр Петрович, заворачивая изделие. — У директора нашего гаража от моей мертвой воды даже волосы на голом темени

выросли. Три стакана живой воды с утра, а на ночь — один мертвой. И все как рукой снимет!

Марья Семеновна исправно лечилась водами, и иногда ей казалось, что здоровье идет на поправку. Но к этому времени отношение Марьи Семеновны к ее болезням изменилось. Исчезли они, и едва ли бы она почувствовала себя более счастливой. Ведь теперь ее жизнь была полна как никогда. Ей не надо было думать, чем занять себя после работы — она лечилась, о чем говорить с подругами — о недугах, да и рабочее время было расписано без остатка. Как раз в этот период высокого душевного подъема ее позвали в только что организованный у нас кружок аэробики.

Целую неделю сотрудники нашего НИИ не отрывались от своих рабочих мест. И к пятнице уже каждая имела вязаные полосатые гетры. В понедельник в 7 утра они в гетрах и купальниках столпились на чердаке нашего здания, где обычно играют в пинг-понг и бильярд. Марья Семеновна стояла в первом ряду и, слегка припадая на больную ногу, колыхалась в такт музыке.

Постепенно аэробика охватила всех представительниц женского пола. Только что окончившие школу лаборантки и кандидаты наук, многодетные матери и бабушки стекались теперь на чердак, чтобы отжаться наплынувшей спортивной страсти. По утрам НИИ гудел как на-

бат. Дамы на чердаке то кружились в хороводе, то пускались вприсядку, а то и галопом.

Марья Семеновна старалась не отставать от других. С ее больной ногой ей пришлось бы совсем худо, если бы не секретарша директора — ветеран труда, с которой они держались за руки по-балетному, крестнакрест, поддерживая друг друга.

Все закончилось так же неожиданно, как и началось. Придя на работу, наш директор не нашел на месте секретаря, но вместе с тем услышал чугунный топот, доносившийся сверху. Подумав, что между этим шумом и исчезновением сотрудницы может существовать какая-то связь, он отправился на чердак...

В тот же день чердак был заколочен. Неизвестно, как бы продолжалось лечение Марьи Семеновны, которая к этому времени уже едва передвигала ноги, если бы ей не подвернулась путевка в санаторий.

Он был расположен в чудесном уголке средней России. Ее встретили березняки и извилистая речка, старинный особняк на высоком берегу и неистовое мартовское солнце, под лучами которого все недуги Марьи Семеновны и подозрительные биополя вокруг постепенно начали словно бы таять.

Однажды утром, когда она собралась с духом и начала надевать лыжи у дверей корпуса, к ней подошел муж-

чина и как-то многозначительно спросил:

— У вас случайно не найдется пятаков чеканки до шестидесяти первого года?

— Нет. А вы собираете монеты? — улыбнулась Марья Семеновна и поправила волосы, выбившиеся из-под лыжной шапочки.

— Собираю. Вы что-нибудь слышали о медетерапии?

— Ой! Расскажите, пожалуйста!

Вместо лыжной прогулки Марья Семеновна провела весь этот, а также все оставшиеся дни в прокуренной комнате Платона Ивановича, подвижника и мученика науки. Он открыл ей свою великую теорию нервических корпускул, разрушение миграции которых по организму и приводит ко всевозможным катастрофам. Однако прикладывая старые пятаки к перекресткам этого тайного движения, можно перенаправлять корпускулы и восстанавливать здоровье. Под руководством Платона Ивановича Марья Семеновна шила себе пояс, с помощью которого уложенные столбиком монеты прикладывались к самым активным точкам.

В этом-то пояске и с конспектом великой теории Платона Ивановича Марья Семеновна и вернулась из отпуска. Теперь у нее есть свой собственный способ лечения от всех болезней, который она нам время от времени настоятельно рекомендует.

В номере использованы фотографии АЛЕКСЕЕВА Н. Н., ВОЛОДИНА Ю. А., ГИПЕНРЕЙТЕРА В. Е., ДЕНИСОВА И. А., ЛЮБИНСКОГО Е. Г.

Художник П. Г. АБЕЛИН
Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Корректоры:
Э. А. ГЕОРГАДЗЕ, Т. Д. МИРЛИС

Ордена Трудового Красного
Знамени издательство «Наука».

117049, Москва, ГСП-1,
Мароковский пер., 26
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 30.05.85
Подписано к печати 12.07.85
Т—11647

Формат 70×100 1/16
Офсет
Усл.-печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 1429,5 тыс.
Уч.-изд. л. 15,6
Бум. л. 4
Тираж 53 400 экз. Зак. 1493

Ордена Трудового Красного Знамени
Чеховский полиграфический комбинат
ВО «Союзполиграфпром» Государственного комитета СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.
142300, г. Чехов Московской области



— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Этим символом обозначены материалы, которые журнал «Природа» публикует в рамках участия в деятельности этой программы.

АНКЕТА ЧИТАТЕЛЯ

Уважаемый товарищ!

Продолжая работу по изучению читательского мнения (см.: Анкета читателя.— Природа, 1983, № 11; Диалог с читателем.— Природа, 1984, № 2), редакционная коллегия и редакция «Природы» вновь обращаются к Вам с просьбой ответить на ряд вопросов.

Ваши ответы помогут нам внести коррективы в планы работы редакции, сделать журнал более близким, полезным и интересным для Вас.

Заполнить анкету несложно. Внимательно ознакомившись с вопросами, обведите трехзначную цифру варианта ответа, выражающего Вашу точку зрения. Если готовых вариантов ответа нет, запишите свое мнение на свободной строке.

Как Вы получили этот номер журнала?

- 001 По подписке
- 002 В киоске «Союзпечать»
- 003 В магазине или киоске «Академкнига»
- 004 В массовой библиотеке
- 005 В научной библиотеке
- 006 В школьной библиотеке

007—009

Как давно Вы являетесь постоянным читателем «Природы»?

Укажите количество лет

010 011 012

Насколько регулярно Вы читали журнал в этом году?

- 013 Каждый номер
- 014 Большинство номеров
- 015 Отдельные номера
- 016 Не читал, встретился впервые

Какими достоинствами, по Вашему мнению, обладает наш журнал?
(Можно отметить несколько вариантов.)

- 017 Содержит много новых сведений
- 018 Объясняет сложные вопросы

019 Отражает авторитетные мнения по освещаемым вопросам

020 Способствует выработке междисциплинарного подхода в частных науках.

Другие достоинства

021—025

Недостатки

025—030

Как бы Вы могли охарактеризовать причины, по которым Вы обращаетесь к нашему журналу? (Можно отметить несколько вариантов.)

031 Использую информацию журнала для работы

032 Из общего интереса к поднимаемым вопросам

033 «Природа» помогает мне в учебе

034 Использую в общественной работе

035 Семья выписывает «Природу» по давней традиции

Другие причины

036—040



Какие материалы, опубликованные в журнале в этом году, Вы могли бы выделить как особо интересные? (Достаточно указать только фамилию автора и номер журнала.)

041—050

Какие научно-популярные журналы, кроме «Природы», Вы читаете регулярно?

051—060

Какие из разделов нашего журнала Вы читаете постоянно?

061 Философия и история естествознания. Организация науки

062 Астрономия. Астрофизика. Космические исследования

063 Физика. Механика. Математика

064 Химия

065 Биология. Медицина

066 Экология. Охрана природы

067 Геология. География. Геофизика

068 Океанология

069 Археология. Этнография

070 Новости науки

071 Рецензии. Новые книги

072 В конце номера

Какие проблемы, по Вашему мнению, следовало бы осветить в будущем на страницах журнала?

073—082

Удовлетворены ли Вы иллюстративными материалами журнала?

083 Вполне удовлетворен

084 В основном удовлетворен

085 Не удовлетворен

Ваши предложения и замечания по содержанию и оформлению журнала.

086—095

Намерены ли Вы выписывать «Природу»?

096 Нет

097 Да

098 Не знаю

Просим Вас сообщить некоторые сведения о себе.

Возраст

099—106

Образование

107—114

Профессия. Род занятий

115—124

Ученая степень

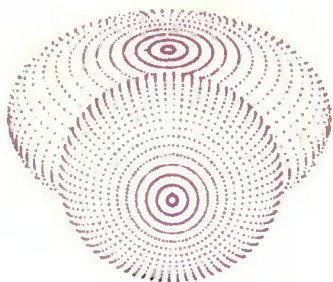
125 126 127

Если сочтете возможным, укажите Вашу фамилию, имя, отчество и полный почтовый адрес

Благодарим Вас за сотрудничество!

Напоминаем наш адрес: 117049, Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26, редакция журнала «Природа».





В следующем номере

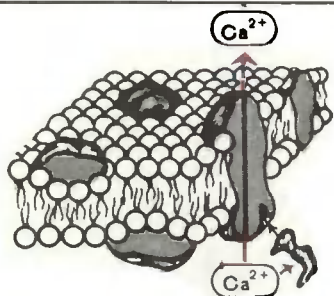
Современные математические методы, примененные к анализу высокоточной наблюдательной информации, позволяют «взвесить» звезды, определить их радиусы, температуру и другие важные характеристики, необходимые для понимания природы и эволюции этих астрофизических объектов.

Гончарский А. В., Черепашук А. М., Ягола А. Г. Некорректные задачи в современной астрофизике.



Русская средневековая культура во многом была анонимной. Поэтому каждое новое открытое имя существенно меняет бытующие представления о системе знания того времени. Иван Рыков, книжник эпохи Ивана Грозного, недавно стал известен исследователям древних рукописей.

Турляев А. А., Чернецов А. В. Новое имя в истории русской культуры.



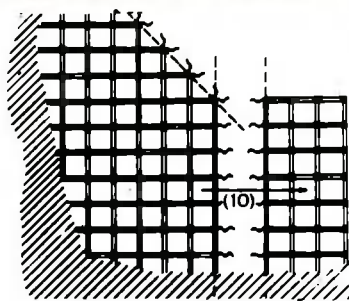
Установлена роль клеточных мембран в развитии гипертонической болезни. Это позволяет вплотную подойти к расшифровке молекулярных основ патологии и наметить новые пути в профилактике одного из самых распространенных заболеваний.

Постнов Ю. В., Орлов С. Н. Новое о природе гипертонической болезни.



Когда зародилась жизнь на Земле и как она развивалась? Каким был облик первых живых существ? Из какого исходного материала они возникли? Все эти вопросы с огромным интересом обсуждали участники 27-й сессии Международного геологического конгресса.

Крылов И. Н. Древнейшие следы жизни.



Сравнительно новый объект физических исследований — поверхность твердого тела — представляет собой двумерную систему, многие явления в которой выглядят совершенно иначе, чем в объеме, а некоторые вообще не имеют трехмерных аналогов.

Келдыш Л. В. Таммовские состояния и физика поверхности твердого тела.

Цена 80 к.

Индекс 70707

