

9 ПРИРОДА

1982



ПРИРОДА

Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1912 году



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

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

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Академик
Д. К. БЕЛЯЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук
А. А. ВЕЛИЧКО

Член-корреспондент АН СССР
В. А. ГОВЫРИН

Член-корреспондент АН СССР
И. Р. ГРИГУЛЕВИЧ

Член-корреспондент АН СССР
Г. А. ЗАВАРЗИН

Член-корреспондент АН СССР
В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук
Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук
А. А. КОМАР

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор геолого-минералогических наук
И. Н. КРЫЛОВ

Доктор философских наук
Н. В. МАРКОВ

Доктор экономических наук
В. А. МЕДВЕДЕВ

Ответственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИН

Доктор исторических наук
П. И. ПУЧКОВ

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

Доктор философских наук
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР
А. А. СОЗИНОВ

Академик
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

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

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР
Р. Б. ХЕСИН

Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАЩУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ



— 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.

На первой странице обложки: Косуля — частый гость в Карадагском заповеднике. См. в номере: Ена А. В., Дубонос В. Н. Карадагский заповедник.

Фото Н. П. Орлова.

На четвертой странице обложки: Взаимодействие тканевого макрофага с лимфоцитами. Лимфоциты садятся на макрофаг, и контакт этот длится 20—40 минут. Фотография получена в сканирующем электронном микроскопе (увел. 3500). См. в номере: Галактионов В. Г. Всемогущий макрофаг.

Фото Е. Л. Игонина и Е. П. Сенченкова.

© Издательство «Наука»
«Природа», 1982 г.

В НОМЕРЕ

К 125-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ К. Э. ЦИОЛКОВСКОГО

С. П. Королев о К. Э. Циолковском 2

Никитин С. А. Космический полет советско-французского международного экипажа 6

Шкловский И. С. 20 лет рентгеновской астрономии 10

Галактионов В. Г. Всемогущий макрофаг 21

Фролов И. Т. Социология и этика познания жизни и человека 29

Семенчинский С. Г., Эдельман В. С. Полевой транзистор и постоянная тонкой структуры 38

Гайсинович А. Е. Восприятие менделизма в России и его роль в развитии дарвинизма 42

Гольдин Л. Л., Рудерман А. И., Чувило И. В. Тяжелые заряженные частицы в лучевой терапии 53

Френкель М. Я., Кадик А. А. Роль воды в образовании магмы 64

Кочубей Б. И. Дифференцированная организация симпатической нервной системы 74

Остапенко В. А., Игнатъев Р. П. Бородача разводят в зоопарке 75

Франк А. Г. Взрывное разрушение токового слоя и вспышки на Солнце 78

Ена А. В., Дубонос В. Н. Карадагский заповедник 80

Гуляев В. И. Земледелие древних майя 88

Сузюмов А. Е. Геологическая история материкового склона Африки. 79-й рейс «Гломара Челленджера» 98

ЗАМЕТКИ, НАБЛЮДЕНИЯ Хохлов А. Н. Грач в роли наседки 100
Сребродольский Б. И. Почему «болеет» жемчуг? 100

НОВОСТИ НАУКИ 63, 73, 102

КНИГИ, ЖУРНАЛЫ Г. А. Заварзин. Энциклопедия бактериологии 120

НОВЫЕ КНИГИ 37, 123

В КОНЦЕ НОМЕРА Гельман Э. Е. Сервантес и химия ОТДЕЛЕНИЕ 125



Человек во что бы то ни стало должен одолеть земную
тяжесть и иметь в запасе пространство хотя бы Солнечной
системы.
К. Э. Циолковский

К 125-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ К. Э. ЦИОЛКОВСКОГО

Исполняется 125 лет со дня рождения Константина Эдуардовича Циолковского (5/17.IX.1857 — 19.IX.1935).

Научная и изобретательская деятельность К. Э. Циолковского продолжалась более полувека. Он внес ощутимый вклад в решение многих задач науки и техники: аэродинамики, ракетодинамики, теории самолета и дирижабля. Им была создана теория реактивного движения, получены важные результаты, нашедшие применение в ракетостроении, показана возможность достижения ракетами космических скоростей, высказана идея создания околоземных станций — искусственных спутников Земли, обоснована реальность межпланетных сообщений, рассмотрены медико-биологические проблемы, возникающие при длительных космических полетах. Своими трудами К. Э. Циолковский заложил основы теоретической космонавтики.

С юбилеем К. Э. Циолковского совпадает другой «космический» юбилей. В 1982 г. исполняется 25 лет со дня запуска первого искусственного спутника Земли (4.X.1957), по-

ложившего начало космической эре. Освоение космического пространства связано с именем Сергея Павловича Королева (1907—1966). О влиянии работ К. Э. Циолковского на развитие практической космонавтики рассказывалось в выступлении С. П. Королева на праздновании 100-летия со дня рождения К. Э. Циолковского. Оно было опубликовано под названием «О практическом значении научных и технических предложений К. Э. Циолковского в области ракетной техники» (1957) в книге «Творческое наследие академика Сергея Павловича Королева» (М.: Наука, 1980, с. 375—386). Ниже мы помещаем его с небольшими сокращениями.

Празднованию юбилея предшествовали крупные события в освоении космоса. Одним из них стал запуск корабля «Союз Т-6», работа международного советско-французского экипажа на борту орбитального комплекса «Салют-7» — «Союз Т-5» — «Союз Т-6». Научным результатам этого полета посвящается сообщение С. А. Никитина.

С. П. Королев о К. Э. Циолковском

В наши дни ракетная техника является одной из ведущих областей науки и техники. Давно минуло то время, когда с ракетой связывались далекие представления об «огненных стрелах» Древнего Китая и Индии, о ракетных снарядах англичанина Конгрева и русского генерала К. И. Константинова... Сбиваются замечательные предсказания Константина Эдуардовича Циолковского о полетах ракет и полетах в межпланетное пространство...

Самое замечательное, смелое и оригинальное создание творческого ума Циолковского — это его идеи и работы в области ракетной техники. Здесь он не имеет предшественников и намного опере-

жает ученых всех стран и современную ему эпоху..., принцип реактивного движения был осознан Циолковским в самом начале его самостоятельной научной деятельности.

В статье «Свободное пространство» еще нет количественных результатов, все заключения строятся на качественных выводах из закона сохранения количества движения для замкнутых механических систем, но целесообразность использования реакции истекающей струи для перемещений в свободном пространстве сформулирована отчетливо и ясно.

В 1896 г. Циолковский окончательно приходит к выводу, что единственным

техническим средством для вылета в надатмосферное пространство является ракета. В 1903 г. Циолковский опубликовал свою работу «Исследование мировых пространств реактивными приборами». Эта классическая работа по праву считается первой в мире научной работой, посвященной вопросам теории движения и целому ряду важнейших принципиальных технических предложений в области ракетной техники...

При разработке теории, при исследовании законов движения ракет Циолковский придерживается в своих работах строгой последовательности. Вначале он решает простейшую задачу в предположении, что при полете ракеты отсутствуют сила тяжести и сопротивление воздуха. Эта задача называется сейчас первой задачей Циолковского.

Им вводится предположение о постоянстве относительной скорости отброса частиц для определенных веществ отброса. Это предположение называется гипотезой Циолковского.

Им написано основное уравнение движения ракеты в среде без воздействия внешних сил, известное под названием формулы Циолковского. В этом уравнении член, обозначающий отношение веса топлива к конечному весу пустой ракеты, называется числом Циолковского. Им написан ряд теорем, носящих его имя.

Рассмотрев движение ракеты в среде без воздействия внешних сил, Циолковский тщательно исследует влияние сил тяжести и сил сопротивления воздуха на полет ракеты. Необходимо отметить характерную черту Константина Эдуардовича — он был упорным борцом за преодоление силы тяжести, считал силу земного тяготения как бы цепью, приковывающей человечество к поверхности нашей планеты. Область действия тяготения он называл панцирем тяготения...

Значительное место в исследованиях занял вопрос и о влиянии сил сопротивления воздуха движению ракеты, о запасах топлива и наиболее выгодных условиях полета, необходимых для того, чтобы пробить толщу земной атмосферы. Циолковский называл область действия сил сопротивления воздуха панцирем атмосферы.

В своих теоретических работах Циолковский приходит к целому ряду фундаментальных выводов, которые и по сей день широко используются в ракетной технике.

Более того, по мере все большего развития практических работ и совершенст-

вования ракетной техники все больше и все точнее подтверждаются многие выводы и предположения Константина Эдуардовича, высказанные им очень давно.

Его исследования показали, что скорость, а следовательно, и дальность полета ракеты возрастают с увеличением относительного запаса взрывчатых веществ (топлива) на борту ракеты. Запасаясь разными количествами их, возможно достигнуть любой конечной скорости движения и любой дальности полета.

Скорость движения в конце горения (в конце активного участка траектории полета ракеты) оказывается тем больше, чем выше относительная скорость отбрасываемых частиц. Скорость ракеты в конце активного участка увеличивается также с ростом отношения начального веса ракеты к весу ее в конце горения.

Из формулы Циолковского следует весьма важный практический вывод: осуществление возможно более высоких скоростей движения ракеты достигается эффективнее путем увеличения относительного запаса топлива на борту ракеты, т. е. путем совершенствования ее конструкции.

Циолковский впервые определил степень полезной утилизации или коэффициент полезного действия ракеты, указав на выгодность применения ракетных двигателей лишь при больших скоростях движения. Он пришел к отрицательным выводам, рассматривая вопросы использования жидкостных ракет для полета в плотных слоях атмосферы.

Циолковским были произведены расчеты и исследования, относящиеся к старту ракеты и выбору оптимальных условий старта, был рассмотрен старт вертикальный, наклонный и старт с заданной начальной высоты.

Им были выполнены первые вычисления по выбору наиболее выгодного угла подъема ракеты с учетом потерь на преодоление сил тяготения, сил сопротивления воздуха при полете в среде переменной плотности и изменения высотных характеристик двигателя и многие другие расчеты и исследования...

Константин Эдуардович много занимался исследованием энергетики ракеты, выбором топлива для двигателей и их устройством. Им были сформулированы основные требования к топливам и предложения о выборе топлив по наибольшей энергопроизводительности на единицу массы, по возможно большей плотности топлива и по ряду других важных характеристик. Циолковский остановил свой выбор на

жидком топливе с использованием жидкого кислорода и, поначалу, жидкого водорода, а затем нефти и ее производных. Им была предложена специальная взрывная труба в виде расширяющегося конуса и камеры сгорания, в которые топливо подавалось насосами, при этом предполагалось автоматическое регулирование процессов горения в двигателе, связывающее режим его работы с определенными условиями движения ракеты по траектории...

В работах Циолковского можно найти упоминание о вероятном использовании для сообщения движения ракете атомной энергии, лучистой энергии Солнца и энергии космических излучений.

Циолковским была высказана интересная мысль об управлении полетом ракеты путем использования энергии струи вытекающих газов. Им предлагалось устройство для поворачивания конца раструбы взрывной трубы либо газовых рулей в виде поворачивающихся пластинок, устанавливаемых в потоке вытекающих газов. Циолковский предвидел, что ручное управление полетом ракеты окажется не только затруднительным, но и практически невозможным. Поэтому для вырабатывания нужных сигналов управления должны были устанавливаться на борту ракеты автоматические аппараты и гироскопические приборы... Ориентирование в пространстве при полете ракеты могло производиться автоматической следящей системой, использующей магнитные свойства либо настроенной на Солнце или на какую-нибудь звезду...

Трудно переоценить все значение предложений Константина Эдуардовича о составных многоступенчатых ракетах и ракетных поездах. По существу, это предложение открыло дорогу человечеству в космическое пространство...

Разве не очевидно сейчас, в наше время использование ракеты как летательного аппарата, жидкого кислорода — как одного из компонентов топлива и, например, газовых рулей — для управления полетом...

Наиболее интересным и увлекательным разделом в трудах Константина Эдуардовича, несомненно, являются работы, относящиеся к проблеме межпланетных путешествий. Вернее было бы сказать, что почти все работы Циолковского целенаправленно направлены и связаны с тематикой межпланетных полетов.

Даже свои работы над реактивными аппаратами для полетов в атмосфере Циолковский рассматривал лишь как этап

к вылету в космическое пространство. Он предсказал, что за эрой аэропланов винтовых последуют стратопланы реактивные и, наконец, ракетные поезда будущего и искусственные спутники Земли в виде обитаемых межпланетных станций.

С появлением и разработкой идеи составных многоступенчатых ракет и ракетных поездов стала достаточно реальной технической задачей и проблема космических полетов с использованием известных в настоящее время химических источников энергии.

Циолковским были проведены обширные исследования и расчеты, относящиеся к задачам вылета межпланетной ракеты за пределы земного тяготения, ее дальнейшему движению в свободном пространстве и возможности обратного возвращения на Землю..., были впервые исследованы варианты траекторий и характеристики различных орбит движения космических ракет при взлете с Земли, а также с поверхности планет и астероидов. Им были рассмотрены вероятные жизненные условия будущих межпланетных путешественников в ракете. Для предохранения людей от воздействия ускорения при взлете и торможении ракеты им предлагалось погружать их в особые костюмы в ванны с жидкостью, обладающей плотностью, близкой к плотности человеческого тела...

Циолковским было предложено очень интересное решение задачи о спуске ракеты на Землю почти без затраты топлива. В этом случае ракета, войдя в атмосферу Земли, тормозится, совершая движение по орбите земного шара в течение времени, достаточного для того, чтобы погасить огромные скорости входа, при сохранении при этом приемлемых для ракеты режимов нагревания и перегрузок при торможении. Эта мысль в дальнейшем была развита Ю. В. Кондратьевым...

Циолковский расширил границы человеческого знания, и его идеи о проникновении на ракету в мировое пространство только в наши дни начинают познаваться во всей их грандиозности...

Он дожил до тех дней, когда его заветные мысли о ракетах и о покорении человеком звездных пространств перестали считаться несбыточной фантазией и сделались научной технической проблемой нашего времени...

Константин Эдуардович Циолковский был человеком, жившим намного впереди своего века, как и должно жить истинному и большому ученому.

Космический полет советско-французского международного экипажа

С. А. Никитин

Совет «Интеркосмос» при АН СССР
Москва

Этот полет состоялся в год целого ряда «космических» юбилеев. 17 сентября 1982 г. исполняется 125 лет со дня рождения К. Э. Циолковского — гениального русского ученого, основоположника теоретической космонавтики и ракетной техники. 4 октября 1982 г. отмечается 25 лет со дня запуска первого советского искусственного спутника Земли — исторического события в жизни человечества, положившего начало космической эре. 5 октября 1982 г. исполняется 100 лет со дня рождения Р. Х. Годдарда — выдающегося американского ученого, одного из пионеров ракетной техники. Можно привести и примеры менее «громких» юбилеев. Так, 20 лет назад, в марте 1962 г. был запущен первый спутник серии «Космос» — серии, играющей такую важную роль в развитии советской космонавтики.

Разумеется, не следует видеть в этом совпадении какую-то символику, однако в юбилейные годы принято подводить итоги и намечать новые рубежи, и в эту традицию хорошо «вписывается» полет советско-французского международного экипажа.

Сотрудничество СССР и Франции в изучении и освоении космического пространства в мирных целях основывается на межправительственном Соглашении, подписанном в Москве министрами иностранных дел двух государств 30 июня 1966 г. во время визита в Советский Союз делегации Франции во главе с президентом Франции Ш. де Голлем.

Соглашением предусматривалось проведение совместных работ по изучению физи-

ческих свойств космического пространства, в области космической метеорологии, космической связи через искусственные спутники Земли, а также обмен научной информацией, стажерами, научными делегациями. Впоследствии сотрудничество было распространено на новые области исследований — космическую биологию и медицину, космическое материаловедение, в связи с чем заключались специальные междуведомственные соглашения по отдельным проектам и программам.

Практическая работа по организации совместных космических исследований была возложена на Совет «Интеркосмос» при АН СССР и Национальный центр космических исследований Франции (КНЕС).

Совместные советско-французские исследования в космосе охватывают практически все области современной космической науки. Для этого используются разнообразные средства ракетно-космической техники СССР и Франции: лунные и межпланетные автоматические станции, искусственные спутники Земли, орбитальные пилотируемые станции, исследовательские и метеорологические ракеты, высотные дрейфующие аэростаты и самолеты-лаборатории, а также наземные средства — радиотелескопы, специальные фотографические камеры и другие инструменты.

За 16 лет совместной работы советскими и французскими исследователями выполнено около 40 крупных проектов и программ; в каждой из областей сотрудничества получены интересные научные результаты, имеющие к тому же важное практическое значение. Эти результаты, нашедшие широкое признание мировой научной общественности, отражены в сотнях совместных публикаций. Закономерно, что на протяжении многих лет на сессиях «Большой» комиссии по экономическому и научно-техническому

сотрудничеству между СССР и Францией, а также во время встреч на высшем уровне советско-французское сотрудничество в космосе характеризуется как образцовое. Оно базируется на долгосрочной основе, программа космических экспериментов тщательно выработана совместно специалистами двух стран, периодически уточняется и дополняется.

В короткой статье невозможно сколько-нибудь подробно рассказать об огромной совместной работе советских и французских исследователей более чем за полтора десятка лет, поэтому читателей, интересующихся этим, отсылаю к брошюре, в которой наиболее полно изложено существо и результаты советско-французского сотрудничества в изучении и освоении космического пространства.¹

Космическому полету советско-французского международного экипажа предшествовала большая подготовительная работа, которая велась как в Советском Союзе, так и во Франции. Выступая на пресс-конференции 7 июля 1982 г., президент Академии наук СССР академик А. П. Александров отметил работу по подготовке научной программы этого полета, проделанную совместно французскими специалистами и специалистами из Института космических исследований АН СССР, Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР, Института медико-биологических проблем Министерства здравоохранения СССР. С французской стороны в подготовке исследовательской программы полета и создании научной аппаратуры принимали участие 22 научно-исследователь-

¹ Петрунин С. В. Советско-французское сотрудничество в космосе. М., 1980.

ских организации и 6 промышленных фирм.

В итоге в научную программу советско-французского международного экипажа вошло 14 экспериментов: 9 — в области космической биологии и медицины, 2 — по астрофизике и 3 — по космическому материаловедению. Все они относятся к важнейшим направлениям космических исследований. Необходимая для них научная аппаратура весом 242 кг была доставлена на борт орбитальной станции «Салют-7» автоматическим грузовым кораблем «Прогресс-13». Члены основной экспедиции — космонавты А. Н. Березовой и В. В. Лебедев — перенесли приборы в станцию, проверили их и подготовили к работе.

Советско-французский международный экипаж стартовал в космическом транспортном корабле «Союз Т-6» с космодрома Байконур 24 июня 1982 г. в 20 ч 30 мин (здесь и далее время московское). В состав экипажа вошли: командир корабля летчик-космонавт СССР В. А. Джанибеков, бортинженер летчик-космонавт СССР А. С. Иванченко и космонавт-исследователь гражданин Французской Республики Жан-Лу Кретьен.² 25 июня в 21 ч 46 мин «Союз Т-6» состыковался с орбитальным комплексом «Салют-7» — «Союз Т-5»; 26 июня в час ночи члены советско-французского экипажа перешли в помещение станции.

Международный экипаж начал исследовательскую работу с проведения медицинского эксперимента «Браслет», цель которого — изучить возможности нормализации кровообращения, а тем самым и улучшения самочувствия космонавтов в острый период адаптации. Устройство «Браслет» представляет собой индивидуальные набедренные пережимные манжеты из эластичного упругого материала с фиксирующим поясом, надеваемые поверх полетного



Советско-французский экипаж во время тренировок в учебно-тренировочном макете станции «Салют». На снимке (слева направо): В. А. Джанибеков, Ж.-Л. Кретьен и А. С. Иванченко. Фото А. А. Пушкарева (ТАСС).

костюма. Манжеты обеспечивают депонирование крови в конечностях, уменьшая ее приток к верхней половине тела. С помощью ремней манжеты затягиваются по индивидуальным ощущениям космонавта (на затяжных ремнях нанесены деления 1, 2, 3, соответствующие давлению приблизительно 30, 40 и 50 мм рт. ст.) и, в зависимости от самочувствия, используются в течение 30—60 мин; в течение суток прово-

дится до 5 таких циклов. При нормализации самочувствия время нахождения под воздействием манжет и количество циклов может быть уменьшено. В конце рабочего дня профилактическое устройство «Браслет» снимается.

В эксперименте «Поза» исследовалось взаимодействие органов чувств и двигательной системы космонавта в орбитальном полете. В земных условиях всякому движению непременно сопутствует необходимость активного противодействия силе тяжести, поддержания определенного устойчивого положения тела (позы). Если зарегистрировать биоэлектрическую активность мышц спокойно

² Дублирующий экипаж: командир корабля летчик-космонавт СССР Л. Д. Кизим (СССР), бортинженер В. А. Соловьев (СССР), космонавт-исследователь П. Бодри (Франция).

стоящего человека и проанализировать ее, становится ясно, что даже вертикальная поза обеспечивается за счет сложных динамических процессов управления.

Центральная нервная система, координируя работу мышц, использует информацию об ориентации в пространстве и перемещении отдельных частей тела, а также о действующих на них силах. Эта информация поступает от многочисленных рецепторов сенсорных систем: вестибулярной, зрительной, мышечно-суставной и кожной. В земных условиях сигналы рецепторов, взаимно дополняя друг друга, позволяют человеку хорошо ориентироваться в пространстве и поддерживать нужное положение тела.

В условиях космического полета, в отсутствие привычной силы тяжести, возможно рассогласование перечисленных систем, ослабление функций одних и усиление других. Вестибулярные, мышечные, суставные и кожные рецепторы передают измененную, резко отличающуюся от обычной информацию. Сведения о положении тела поступают в основном от зрительного анализатора; таким образом, роль зрения в пространственной ориентации человека и, следовательно, в управлении работой мышц резко возрастает.

В эксперименте в качестве двигательной задачи было выбрано простое естественное движение — быстрый подъем руки, выполняемый в положении стоя. В этом движении участвуют не только мышцы руки, но и мышцы, обеспечивающие поддержание позы, прежде всего — мышцы ног. Особый интерес представляет то обстоятельство, что активность мышц ног при этом движении зависит и от состояния зрительной системы. Исследование этого движения в различных условиях зрительного контроля (нормальное, «центральное», выключенное зрение) может дать ценную информацию об относительном вкладе зрительной и других систем в перестройку сенсомоторного взаимодействия.

Аппаратура, с помощью которой проводился этот эксперимент, разработана и изготовлена во Франции. В ее состав

входят платформа для фиксации стоп обследуемого, блок электроники и укладки с принадлежностями. Аппаратура позволяет записывать на цифровой магнитный регистратор биоэлектрическую активность основных мышц, участвующих в поддержании устойчивости тела, и некоторые параметры, характеризующие перемещение тела при выполнении заданного движения.

Эксперимент «Поза» позволит дополнить результаты исследований в области физиологии движений, полученные на Земле, и разработать новые тесты, пригодные для использования в клинической нейрофизиологии.

Большой интерес вызвал эксперимент «Эхография», в котором исследовались влияние факторов космического полета на распределение кровотока в крупных сосудах тела человека, а также сердечный выброс, объем сердца и сократительная функция миокарда в остром периоде адаптации, когда происходит основное перераспределение массы циркулирующей жидкости в верхнюю часть тела. Особое внимание уделялось изучению кровотока в сосудах, питающих головной мозг.

Был использован метод ультразвуковой эхолокации и доплерографии сердца и магистральных сосудов, с помощью которого оценивалось изменение основных показателей, характеризующих насосную и сократительную функцию сердца, а также скорость кровотока в крупных сосудах и их геометрические размеры.

Комплект аппаратуры «Эхограф» разработан французскими специалистами, профессором клинической физиологии — советскими специалистами; он представляет собой переименованные набедренные манжеты для перераспределения крови в нижних конечностях. За время полета эксперимент проводился несколько раз как в состоянии покоя без «Пневматика», так и при функциональной пробе с применением этого комплекта.

Два медицинских эксперимента предназначались для изучения различных аспектов зрения человека в условиях

космического полета. В эксперименте «Нептун» исследовались глубинное зрение и разрешающая способность глаза при различных уровнях освещенности. Характер и механизмы утомления зрительного анализатора у космонавта в полете определялись в эксперименте «Марс». Сущность метода заключается в выравнивании яркости фонов двух объектов при наблюдении их через двоякопреломляющую призму и поляриoid. Изменяя угол поворота поляриоида, добиваются одинаковых яркостей двух тест-объектов. Исследования проводились с объектами черного, зеленого, красного и желтого цвета. Показания счетчика при каждом обследовании записывались в бортовой журнал и передавались на Землю. По результатам обработки информации определялась степень утомляемости глаз.

В эксперименте «Анкета» продолжалось изучение симптоматики вестибулярных расстройств в полете и в период реадaptации, а также выявление определенных связей с чувствительностью к вестибулярным раздражителям в предполетных условиях (ранее этот эксперимент уже проводился международными экипажами, совершившими орбитальные полеты по программе «Интеркосмос»). Для «Анкет» был подготовлен специальный перечень вопросов, на которые космонавты должны были ответить до, во время и после полета. Вопросы помогли экипажу сосредоточить внимание на динамике своих ощущений, связанных с развитием болезни движения, и на зависимости их возникновения от конкретных условий полета и характера деятельности.

В эксперименте «Микробный обмен» исследовались процессы «прижизненного» микрофлоры в организме нового хозяина в условиях «перекрестного» обмена микроорганизмами между космонавтами — членами основного и международного экипажей. Цель эксперимента — оценить санитарно-гигиеническую обстановку на станции при совместном пребывании членов двух экспедиций. Уровень микробной обсемененности кожных покровов и верхних дыхательных путей кос-

монавтов определялся путем взятия мазков в пробирки с консервантом.

Два эксперимента носили биологический характер. В эксперименте «Биоблок-3» исследовалось биологическое воздействие тяжелых заряженных частиц из галактических космических лучей. Пронизывая биологическую клетку, такие частицы ионизируют вещество на своем пути; это может повредить структуру клетки и нарушить ее функционирование. Для проведения эксперимента используется прибор «Биоблок-3», состоящий из шести отдельных сборок (по три сборки, созданные советскими и французскими учеными). Биологические объекты (семена растений) располагались вместе с детекторами космических частиц таким образом, что после обработки детекторов можно было определить, через какой конкретно объект прошла частица. Такая обработка проводится уже на Земле, после возвращения образцов из полета: семена растений проращивают и выясняют, имеются ли в них какие-либо отклонения по сравнению с контрольными семенами, оставшимися на Земле.

Предусмотрена различная продолжительность экспонирования биоблоков на борту станции — от одного месяца до одного года. Эксперимент проводится в три этапа; после каждого на Землю будет возвращаться по два блока — один советский и один французский. Обработка полетного материала будет проводиться в лабораториях Советского Союза и Франции. Специалисты надеются расширить современные представления о действии космической радиации, что позволит оценить степень опасности воздействия космических лучей на биологические системы и предусмотреть необходимые защитные мероприятия. Это особенно важно при длительных космических полетах. Результаты эксперимента помогут также в решении вопросов, касающихся создания биологических систем жизнеобеспечения на орбитальных станциях будущего.

В биологическом эксперименте «Цитос-2» изучалось изменение свойств микроорга-

низмов в условиях космического полета, а также их чувствительность к различным антибиотикам. Предполагается получить новые сведения о влиянии факторов космического полета, в частности невесомости, на биологические свойства микробной клетки, что является важным вкладом в разработку вопросов профилактики и лечения возможных инфекционных заболеваний у космонавтов в полете.

Международный экипаж провел и цикл технологических экспериментов. Данные о тепловых характеристиках печи «Магма-Ф» установки «Кристалл» были получены в эксперименте «Калибровка». Эти данные необходимы для уточнения математической модели теплового поля печи и определения конвективной составляющей теплопереноса в трубчатых печах, работающих в условиях замкнутых отсеков орбитальных станций. Суть эксперимента заключалась в измерении термического профиля печи в различных режимах ее работы с одновременной регистрацией ускорений, возникающих по осям орбитальной станции.

Эксперимент «Диффузия» предназначался для уточнения коэффициентов диффузии меди, контактирующей с расплавом свинца при различных температурах. Сравнение результатов космических экспериментов с земными позволит оценить влияние локальной конвекции (в непосредственной близости от границы твердого тела) на диффузионный перенос вещества в жидкой фазе.

В эксперименте «Ликвация» исследовались процессы коалесценции (слияния капель жидкости или пузырьков газа при их соприкосновении) измельченного индия в расплаве алюминия и кристаллизация измельченных (диспергированных) структур несмешивающихся жидких металлов при разных скоростях охлаждения. В земных условиях создать такие композиции невозможно из-за так называемой ликвации элементов — неоднородности химического состава сплава, возникающей при его кристаллизации. Результаты эксперимента интересны с точки зрения

получения композиционных материалов нового класса, состоящих из элементов с существенно различными плотностями и температурами плавления.

Цель астрофизических экспериментов «ПИРАМИГ» и «ПСН» — получить информацию об атмосфере Земли (полярные сияния, эмиссионные слои земной атмосферы, серебристые облака, молнии, метеоры), о межпланетной среде (зодиакальный свет, точки Лагранжа, противосияние, полюсы эклиптики), о галактических и внегалактических источниках (туманность Ориона, Магеллановы Облака), а также фотографирование новых источников (комет и т. п.), если они наблюдались в период проведения экспериментов.

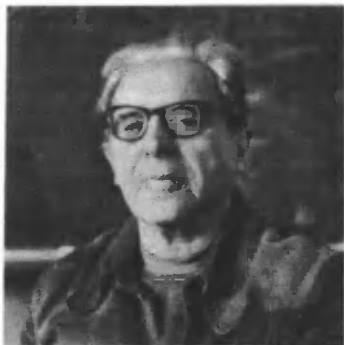
Эксперименты проводились на ночных участках орбиты с помощью фотографической аппаратуры высокой чувствительности; в течение одной «орбитальной ночи» выполнено фотографирование перечисленных выше объектов или явлений, при этом съемки повторялись на нескольких участках орбиты.

Полностью выполнив научную программу полета, советско-французский международный экипаж 2 июля 1982 г. вернулся на Землю: спускаемый аппарат космического корабля «Союз Т-6» с космонавтами В. А. Джанибековым, А. С. Иванченковым и Ж.-Л. Кретьеном совершил мягкую посадку в 18 ч 21 мин в заданном районе территории Советского Союза, в 65 км северо-восточнее г. Аркалыка.

В результате полета получена большая научная информация, которая, несомненно, внесет важный вклад в быстро прогрессирующие науки о космосе. Как сказал в своем выступлении на пресс-конференции 7 июля 1982 г., посвященной итогам полета, президент Академии наук СССР академик А. П. Александров, «...полет нового международного экипажа стал на данном этапе своеобразной вершиной, венчающей многолетние усилия, и с этой вершины ученые Советского Союза и Франции могут шире и дальше видеть перспективы нашего сотрудничества».

20 лет рентгеновской астрономии

И. С. Шкловский



Иосиф Самуилович Шкловский, член-корреспондент АН СССР, профессор Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, заведующий отделом радиоастрономии Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга и отделом астрофизики Института космических исследований АН СССР. Автор работ по теории солнечной короны, спектральной радиоастрономии, квазарам, радиогалактикам, сверхновым звездам, пульсарам, ядрам сейфертовских галактик. Член Королевского астрономического общества (Англия), Национальной академии наук США и Американской академии искусств и наук. Лауреат Ленинской премии. Неоднократно публиковался в «Природе» (1977, № 10; 1978, № 5; 1981, № 7).

РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ СОЛНЦА

Собственно говоря, рентгеновская внеатмосферная астрономия имеет возраст не двадцать лет, как сейчас принято считать, а все тридцать шесть. Ведь рентгеновское излучение Солнца было открыто сразу же после войны, в 1946 г., когда для научных исследований стали использовать немецкие трофейные ракеты «Фау-2». Нельзя сказать, чтобы это открытие было неожиданным. Ему предшествовало радикальное изменение представлений астрономов о природе самых наружных слоев солнечной атмосферы — короны. После того как У. Гроттриан и Б. Эдлен отождествили эмиссионные корональные линии с запрещенными переходами в спектре высокоионизированных атомов железа, никеля, аргона и кальция (этот вопрос оставался нерешенным в течение 70 лет), впервые было доказано существование космической плазмы с температурой порядка 10^6K у ближайшей к нам ординарнейшей звезды. Столь высокая температура непосредственно следовала из того факта, что энергия, необходимая для образования ионов, ответственных за излучение корональных линий, составляет несколько сот электрон-вольт, между тем как ионизация в условиях

солнечной короны может происходить только за счет неупругих столкновений с электронами плазмы. Современная теория ионизации плазмы солнечной короны была развита автором этой статьи как раз в 1945 г. Тогда же мною был сделан вывод, что корона обязательно должна давать жесткое фотонное излучение, в том числе и рентгеновское; этим непринужденно объяснялось образование ионосферных слоев земной атмосферы.

Обнаружение рентгеновского излучения солнечной короны, предсказанного теорией, имело важное принципиальное значение: именно в этот момент и возникла внеатмосферная астрономия, достигшая в последующие десятилетия столь поразительных успехов. Вначале были примитивные наблюдения жесткого излучения Солнца, проводившиеся на маленьких ракетах и длившиеся всего несколько минут, но они уже содержали, как в зародыше, будущую рафинированную технику, обеспечившую в наши дни подлинный расцвет внеатмосферной астрономии. При этом уже тогда исследователи пользовались такого же типа детекторами — счетчиками квантов, — что и в наши дни; возникали те же специфические проблемы «бортовой» астрономии на автоматических платформах, что и сейчас, и прежде всего — проблемы

ориентации и наведения приборов на объект исследования. Однако, несмотря на большие трудности, неизбежно сопровождающие всякое новое дело, достигнутые результаты были весьма обнадеживающими: к началу космической эры, датируемой историческим запуском первого советского спутника 4 октября 1957 г., рентгеновское излучение Солнца было уже довольно хорошо исследовано.

ОБНАРУЖЕНИЕ ГАЛАКТИЧЕСКИХ И МЕТАГАЛАКТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ

1962 г. ознаменовал собой новый этап в развитии внеатмосферной, прежде всего рентгеновской, астрономии. С помощью все тех же ракет, благодаря серьезному усовершенствованию приемников радиации, впервые было обнаружено рентгеновское излучение от космических источников, находящихся далеко за пределами Солнечной системы. Вот с этого момента — и, пожалуй, справедливо — обычно и датируется возникновение рентгеновской астрономии.

Мы находимся достаточно близко от карликовой звезды спектрального класса G_2 — нашего дневного светила, поэтому Солнце можно изучать так детально, как ни одну ближайшую к нам звезду. Если бы все звезды (вернее, их короны) излучали в рентгеновском диапазоне тем же «способом», что и Солнце, то их излучение можно было бы обнаружить никак не раньше 1975 г. Дело в том, что рентгеновское излучение звездных корон составляет 10^{-5} — 10^{-4} их полного излучения. Потоки мягкого рентгеновского излучения от ближайших звезд не превышали бы 10^{-10} эрг/см² · с, и в те времена их невозможно было обнаружить. Между тем открытый в 1962 г. первый галактический источник рентгеновского излучения посылал поток в тысячи раз больший, а его положение на небе вблизи Млечного Пути явно указывало, что он находится от нас на расстоянии, значительно превышающем несколько сот парсек. В те времена разрешающая способность рентгеновских счетчиков была очень низкой, порядка 10° , поэтому координаты этого космического источника можно было определить лишь очень грубо. Нельзя было, например, исключить возможности того, что объект находится в центре Галактики, расположенном, как известно, в направлении созвездия Стрельца. Вскоре, однако, выяснилось, что источник рентгеновского излучения находится в созвездии Скорпион, причем

расстояние до него меньше, чем до галактического центра.

Вновь открытый рентгеновский источник получил название Скорпион X-1. Это самый яркий (после Солнца) из «перманентно» излучающих рентгеновских источников на небе. Оговорка насчет «перманентности» существенна, так как время от времени на небе вспыхивают и излучают в течение десятка секунд источники значительно более жестких квантов, потоки от которых в сотни и даже тысячи раз больше, чем от Скорпиона X-1. Их природа еще не вполне ясна.

В том же 1962 г. было открыто рентгеновское излучение от знаменитой Крабовидной туманности, с которой связаны многие открытия в астрономии. Одновременно в созвездии Лебедь были открыты два новых рентгеновских источника, получившие название Лебедь X-1 и Лебедь X-2. В последующие восемь лет, т. е. до конца 1970 г., удалось обнаружить еще около 30 рентгеновских источников, среди них несколько метagalacticких.

Наблюдения проводились с борта небольших ракет, которые запускались довольно редко. Тем не менее даже такие далекие от совершенства наблюдения выявили важный факт переменности излучения многих источников и дали ценную информацию об их спектрах. Усовершенствование техники наблюдений позволило в 1967—1968 гг. определить координаты источников с точностью до нескольких угловых минут, после чего их можно было отождествлять с оптическими объектами. Так, самый яркий источник, Скорпион X-1, удалось отождествить с переменной звездой 12—13-й величины, довольно необычный спектр которой содержит яркие линии. Поток (а следовательно, и мощность) рентгеновского излучения этого источника в тысячу раз больше его оптического излучения. Уже один этот факт означал, что механизм излучения нечего общего с солнечным (корональным) не имеет. Другой источник, Лебедь X-1, был отождествлен с довольно яркой звездой 9-й величины (т. е. на пределе видимости невооруженным глазом), оказавшейся весьма удаленным от нас горячим голубым гигантом спектрального класса В.

В эти первые годы развития рентгеновской астрономии, разумеется, не было недостатка в гипотезах о природе рентгеновских источников. В 1966 г., сразу же после отождествления Скорпиона X-1 с пекулярной звездой 12—13-й величины, я выдвинул гипотезу, согласно которой «рентгеновские звезды» представляют собой

тесные двойные системы, одним из компонентов которых является нейтронная звезда. Следует иметь в виду, что радиопульсары тогда еще не были открыты. До этого делались попытки связать рентгеновские источники с одиночными нейтронными звездами, однако они оказались несостоятельными. Дело в том, что время остывания поверхности нейтронных звезд до температуры ниже 10^6 К короче нескольких сотен лет и только ничтожное количество «ново-рожденных» нейтронных звезд могут излучать рентгеновские кванты. Поэтому делались предположения, что такие объекты должны быть погружены в особые туманности — остатки вспышек сверхновых. Однако в случае Скорпиона X-1 и сходных с ним объектов этого не наблюдалось.

Между тем для тесной двойной системы, одним из компонентов которой является нейтронная звезда с огромным гравитационным потенциалом, можно ожидать выпадения (т. е. аккреции) газа на эту звезду, а аккреция должна сопровождаться сильным нагревом поверхности нейтронной звезды. Астрономам уже давно известно, что в такой системе вокруг компактной звезды в соответствии с законом сохранения вращательного момента должен образоваться плазменный диск. (Такие диски и «питающие» их газовые струи уже давно наблюдаются в оптическом диапазоне.) В случае, когда компактным компонентом двойной системы является нейтронная звезда, температура газа в диске должна быть порядка нескольких десятков миллионов градусов, а плотность его достаточно велика, чтобы излучать рентгеновские кванты с наблюдаемой мощностью. Согласно моим тогдашним оценкам, размеры излучающей области плазмы (диска) должны составлять около 1000 км, а плотность плазмы будет порядка 10^{16} см⁻³. Кроме того, я отмечал также, что рентгеновское излучение диска будет сильно разогревать обращенную к нему полусферу сравнительно протяженного оптического компонента системы¹.

ЗАПУСК «УХУРУ»

В декабре 1970 г. началась новая эпоха в развитии рентгеновской астрономии — был запущен первый специализированный американский рентгеновский астрономический спутник, получивший название «Уху-ру»².

Пожалуй, это был один из наиболее успешных космических экспериментов в семидесятых годах, столь богатых выдающимися достижениями в этой области науки. «Ухуру» был оснащен совершеннейшим для своего времени оборудованием: в качестве приемников рентгеновских квантов использовались счетчики фотонов; разрешающая способность двух его детекторов была, соответственно, $5' \times 5'$ и $5' \times 0,5'$; основные наблюдения проводились в диапазоне энергий 2—6 кэВ.

Если до запуска «Ухуру» было обнаружено всего около 30 космических источников рентгеновского излучения, то в результате выполнения программы исследований на первом специализированном спутнике их количество увеличилось до 200. При этом предельная величина регистрируемого потока в диапазоне 1—10 кэВ была около 10^{-14} эрг/см² · с, т. е. в 10^4 раз меньше, чем от Скорпиона X-1.

Наиболее впечатляющие результаты, однако, были получены при дальнейшем исследовании уже открытых ранее источников. Самый важный из них — доказательство двойственности ряда таких источников. Как хорошо известно, в «тесных» двойных звездных системах, где расстояния между компонентами в десятки раз меньше астрономической единицы ($1 \text{ а. е.} \approx 1,5 \times 10^{13}$ см — среднее расстояние Земли от Солнца), часто наблюдаются затмения, т. е. возникает ситуация, когда один компонент при своем орбитальном движении закрывается другим. Это бывает, когда угол между плоскостью орбиты и лучом зрения достаточно мал. Очевидно, если сравнительно протяженный оптический компонент закроет компактный компонент, излучающий рентгеновские кванты, источник рентгеновского излучения как бы «выключится». Именно такое явление наблюдалось на «Ухуру» при исследовании рентгеновских источников Центавр X-3 и Геркулес X-1. Из «кривых блеска», полученных для этих источников, были определены орбитальные периоды этих систем: 2,087 и 1,70 дня, соответственно. В настоящее время известно уже довольно много «затменных» рентгеновских источников. Тем самым наша гипотеза о природе этих объектов (нейтрон-

¹ Несколькими месяцами раньше сходные идеи в самом общем виде были высказаны Я. Б. Зельдовичем и И. Д. Новиковым.

² На языке суахили это слово означает «свобода»; спутник был выведен на экваториальную орбиту с американского полигона в Кении. Подробнее об этом аппарате см., напр.: Курт В. Д. Перспективы внеатмосферных астрономических исследований. — Природа, 1972, № 5.

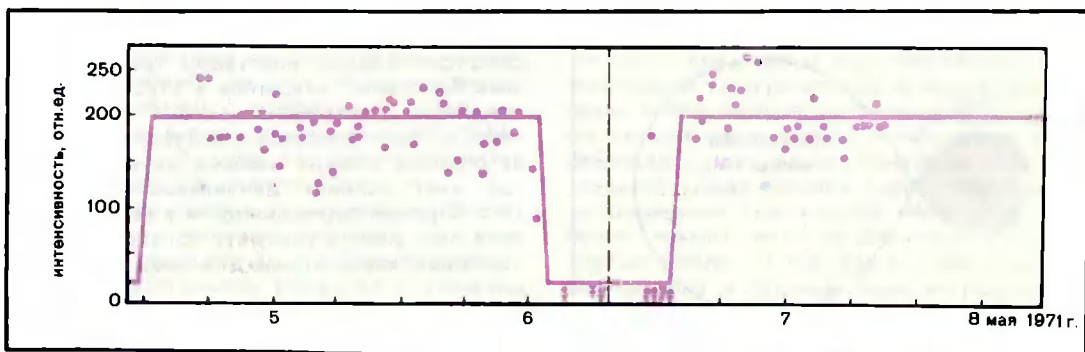
ная звезда в тесной двойной системе) получила серьезное подтверждение.

Однако решающим подтверждением этой гипотезы было обнаружение у ряда источников «пульсационной» периодичности, на которую накладывается «орбитальная» периодичность, обусловленная затмениями. У Центавра X-1 период таких пульсаций равен 4,84239 с, а у Геркулеса X-1 — 1,24 с. Сейчас известно около 20 рентгеновских пульсаров, причем до недавнего времени самым короткопериодическим источником такого типа (с периодом около 0,7 с)

наблюдается у источника 4U 0352+30.

Полученные из наблюдений значения параметров рентгеновского, а также оптического излучения источников в ряде случаев позволили определить основные характеристики соответствующих двойных систем: формы и размеры орбит, величины масс нейтронных и оптических звезд.

Таким образом, в результате большого количества исследований был выделен довольно однородный класс источников, представляющих собой тесные двойные системы, одним из компонентов которых



«Кривая блеска» рентгеновского источника Центавр X-3, входящего в двойную звездную систему. Минимум на кривой связан с затмением рентгеновского компонента более массивным оптическим.

считался объект в Малом Магеллановом Облаке. Столь короткие периоды, которые так же, как и у радиопулсаров, объясняются осевым вращением, могут быть только у нейтронных звезд.

Были обнаружены также изменения периодов пульсаций. Интересно, что в отличие от радиопулсаров, представляющих собой, как правило, одиночные нейтронные звезды, периоды пульсаций рентгеновских источников обычно **уменьшаются**. У сильно намагниченных одиночных нейтронных звезд энергия мощного магнитно-дипольного излучения черпается из запаса кинетической энергии вращения, поэтому такие нейтронные звезды могут только **замедлять** свое вращение. Между тем в тесных двойных системах из-за аккреции газа нейтронные звезды могут, наоборот, «раскручиваться» сильнее. Как правило, изменение периода пульсаций носит довольно неправильный характер. Самый длинный из известных периодов пульсации — 835 с —

является весьма компактный объект, обычно (хотя и не всегда) представляющий собой нейтронную звезду, в то время как оптический объект — достаточно массивный голубой сверхгигант. Нейтронные звезды быстро вращаются, что является причиной пульсаций их рентгеновского излучения, а само излучение возникает из-за аккреции на нейтронные звезды малой доли ($\sim 0,1\%$) вещества звездного ветра от горячих сверхгигантов. Детальная теория явления была разработана в ряде работ главным образом советскими исследователями — Р. А. Сюняевым, Н. И. Шакурой, А. Ф. Илларионовым (Институт космических исследований АН СССР и Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга) и др.

Для объяснения деталей явления необходимо было ввести представление о сильных магнитных полях у нейтронных звезд, порядка 10^{12} — 10^{13} Э. Такие же поля присутствуют и у одиночных нейтронных звезд — радиопулсаров. Сильное магнитное поле у нейтронных звезд естественно объясняется сохранением магнитного потока у катастрофически сжимающегося ядра звезды в процессе вспышки сверхновой II типа. Образование нейтронной звезды в процессе эволюции тесной звездной системы представляет собой естественный и

даже неизбежный процесс, вполне поддающийся теоретическому анализу.

В Галактике насчитывается примерно 10^3 массивных голубых сверхгигантов, причем большинство из них входит в тесные двойные системы. Из того факта, что длительность стадии сверхгиганта при эволюции массивной звезды составляет несколько сотен тысяч лет, т. е. около $1/30$ времени жизни этих звезд, следует, что полное число рентгеновских источников такого типа в Галактике должно быть порядка 30, что как

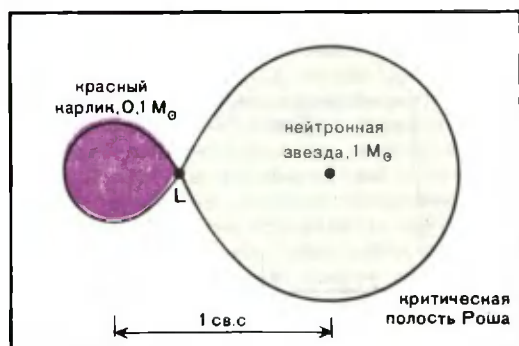


Схема тесной двойной звездной системы, содержащей нейтронную звезду; L — точка Лагранжа, через которую происходит перетекание вещества.

раз и наблюдается. Мощность рентгеновского излучения таких источников составляет 10^{37} — 10^{38} эрг/с, т. е. в 10^4 раз превышает болометрическую светимость Солнца! Столь мощные рентгеновские маяки видны с огромных расстояний. Однако следует иметь в виду, что мощность оптического и ультрафиолетового излучения голубых сверхгигантов, чей звездный ветер «питает» рентгеновское излучение связанных с ними нейтронных звезд, вполне сравнима и иногда даже превосходит рентгеновское излучение от этих источников.

Среди немногочисленных объектов этого типа особый интерес представляет Лебедь X-1. Дело в том, что, как следует из анализа характеристик этой двойной системы, масса компактного объекта, на которой идет аккреция газа, во всяком случае, превосходит шесть солнечных масс. Между тем не может быть нейтронных звезд столь большой массы. Отсюда был сделан вывод, что этот компактный объект — не нейтронная звезда (как у других подобных рентгеновских источников), а черная дыра. Существование таких объектов давно уже

предсказано теоретиками; но все же сто процентной уверенности, что в двойной системе Лебедь X-1 один из компонентов является черной дырой, пока нет.

Другой выявленный с помощью «Ухуру» класс галактических рентгеновских источников — объекты со сравнительно низкой оптической светимостью, наблюдаемые в галактическом диске и сильно концентрирующиеся к галактическому ядру. По своему пространственному распределению они сходны со старыми объектами II типа населения галактики. Весьма вероятно, что к этому классу объектов относится и самый яркий источник, Скорпион X-1, обнаруженный первым. Среди них выделяются своими специфическими свойствами так называемые барстеры³, открытые в 1975 г. на голландском астрономическом спутнике «АНС». Рентгеновское излучение от этих источников обычно каждые несколько часов дает всплеск длительностью около 10 с. Строгой периодичности у таких всплесков нет, можно говорить только о квазипериодах, характерных для каждого источника.

Существенно, что энергия, излученная барстерами за время между всплесками, примерно в сто раз превышает энергию, излученную при всплесках. Это обстоятельство имеет решающее значение для понимания природы рентгеновского излучения барстеров. Они представляют собой тесные двойные системы, оптическим компонентом которых является красный карлик, а компактным — нейтронная звезда. Так же, как и в случае источников, получающихся в результате эволюции двойных систем с большой массой компонентов, стационарное излучение барстеров обусловлено аккрецией. Однако по мере накопления вещества на поверхности нейтронной звезды возникают благоприятные условия для термоядерной вспышки на ее поверхности и генерации мощного короткого всплеска излучения. Так как при такой вспышке выделяется энергия порядка αc^2 эрг на грамм вещества (где $\alpha = 10^{-3}$ — «упаковочный эффект» при синтезе ядер), а при аккреции на нейтронную звезду выделяется $0,1 \text{ с}^2$ эрг/г, то становится понятным, почему энергия, излученная между всплесками, примерно в сто раз превышает энергию, излученную во всплесках.

Итак, всплески рентгеновского излучения барстеров объясняются термоядер-

³ Подробнее о барстерах см.: Льюин У. Решена ли загадка рентгеновских барстеров? — Природа, 1981, № 10.

ным сгоранием выпадающего на поверхность нейтронной звезды аккреционного вещества. В этом отношении барстеры аналогичны Новым звездам, вспышки которых обусловлены термоядерными взрывами водорода, скопившегося на поверхности белого карлика. Оптической астрономии уже давно известны пекулярные звездные объекты, являющиеся тесными двойными системами, один из компонентов которых представляет собой белый карлик. Можно провести интересную аналогию между такими системами и системами, содержащими нейтронную звезду. Заметим, кроме того, что свойства тесных двойных систем зависят еще от характера перетекания вещества на компактный компонент; оно может происходить либо за счет звездного ветра от некомпактного компонента, либо — через так называемую лагранжеву точку L (см. рис.). В этом случае компоненты должны быть достаточно близки.

У классических Новых звезд некомпактным компонентом является красный карлик, а компактным — белый карлик, причем перетекание вещества осуществляется через лагранжеву точку. Если же компонентом белого карлика является красный гигант, то наблюдаются «новоподобные» звезды. Их рентгеновским аналогом могут служить некоторые из уже давно известных так называемых транзитных источников. У карликовых новых, представителем которых является известная система U Близнецов, ядерных вспышек на поверхности белого карлика не происходит. Поэтому рентгеновским аналогом таких систем являются «старые» источники галактического диска, а также излучение барстеров между вспышками.

Едва ли не самая примечательная особенность барстеров заключается в том, что 10 из 30 таких объектов наблюдаются в шаровых звездных скоплениях. Такая ситуация весьма удивительна, так как полное количество звезд в шаровых скоплениях (которых в нашей Галактике насчитывается 130) в тысячи раз меньше числа всех старых звезд диска. Похоже, что такие тесные двойные системы (комбинация красного карлика и нейтронной звезды) могут образовываться в шаровых звездных скоплениях путем взаимного захвата звезд при их близком прохождении. Захват возможен только тогда, когда часть энергии звезд расходуется на возбуждение колебаний красного карлика.

Важным направлением в рентгеновской астрономии было исследование остатков вспышек сверхновых звезд. Первым из

отождествленных космических рентгеновских источников была Крабовидная туманность — остаток вспышки сверхновой 1054 г. По этой туманности было выполнено много работ. В частности, была обнаружена поляризация ее рентгеновского излучения, доказывающая его нетепловую синхротронную природу. «Звездным» остатком взорвавшейся в 1054 г. звезды является знаменитый пульсар NPO 525, находящийся в центре Крабовидной туманности. Среди известных пульсаров он имеет самый короткий период — 0,033 с. Этот источник испускает пульсирующее излучение в очень широком диапазоне энергий — от радиоволн до жестких γ -квантов. Его рентгеновское излучение было предметом многочисленных исследований. Другие остатки вспышек сверхновых также являются мощными источниками мягкого рентгеновского излучения, возникающего при распространении в межзвездной среде сильной ударной волны от выброшенной при взрыве наружной оболочки звезды, которая движется со скоростью около 10 тыс. км/с. Теория этого важнейшего в современной астрофизике явления была развита нами еще в 1960 г. На ее основе удалось предсказать необходимость мягкого рентгеновского излучения, которое и наблюдается с большим успехом начиная с 1965 г.

Наконец, большое развитие получила метagalактическая рентгеновская астрономия. Первые межгалактические источники — знаменитая радиогалактика NGC 4486 (Дева A) и сейфертовская галактика NGC 4151 — были открыты еще на заре рентгеновской астрономии. Из величин потока следовало, что мощность рентгеновского излучения этих галактик вполне сравнима с мощностью оптического излучения. На спутнике «Ухуру» был открыт ряд метagalактических источников. Но, пожалуй, самым выдающимся открытием в области метagalактической астрономии, сделанном на этом спутнике, было обнаружение рентгеновского излучения от скопления галактик. Довольно скоро было убедительно доказано, что это излучение имеет тепловую природу и обусловлено очень горячим ($T \sim 10^8$ K) газом, заполняющим межгалактическое пространство в скоплении⁴. Детальное изучение этого феномена, а так-

⁴ Главное доказательство — наличие в спектрах рентгеновского излучения скоплений галактик линии двадцатипятикратно ионизированного железа FeXXV с энергией квантов 6,7 кэВ.

же многих других проблем галактической и метagalacticкой рентгеновской астрономии настоятельно требовали новых, более совершенных средств исследования. Нужны были рентгеновские телескопы нового поколения — и они были разработаны.

ЗАПУСК «НЕАО-2»

В конце 1978 г. в США был запущен специальный рентгеновский спутник «НЕАО-2», получивший название «Обсерватория им. Эйнштейна», в ознаменование 100-летия со дня рождения А. Эйнштейна. Он был оснащен значительно более совершенным оборудованием, чем «Ухуру»; его основной прибор — тщательно разработанный рентгеновский телескоп косого падения, который позволил строить в фокальной плоскости изображение точечного рентгеновского источника с «кружком рассеяния» порядка $2''$; поле телескопа составило $1^\circ \times 1^\circ$. Прибор работает в мягком диапазоне энергий 0,1–4,5 кэВ.

Телескоп был рассчитан на два режима работы: получение изображений источников с помощью счетчиков (угловое разрешение $1'$ и поле $1^\circ \times 1^\circ$) и затем — грубый спектральный анализ приходящего излучения; а также получение изображений источников с угловым разрешением $2''$ без информации о спектральном составе излучения; поле зрения в этом случае раза в три меньше.

Чувствительность рентгеновских телескопов, установленных на борту «НЕАО-2», почти в 1000 раз выше, чем на «Ухуру». Следует иметь в виду, что такая высокая чувствительность получается при очень длительном времени экспозиции (или лучше сказать — времени накопления квантов), порой достигающем суток. При таких экспозициях и наведении на произвольную «пустую» площадку, достаточно удаленную от Млечного Пути, как правило, наблюдаются 3–4 слабых источника с потоками порядка $3 \cdot 10^{-14}$ эрг/см² · с. Все источники — квазары, причем весьма удаленные, с красным смещением $Z \sim 2$ –2,5. Однако столь длительными временами экспозиции приходилось распорядиться очень экономно, так как обсерватория работала всего около двух лет. За это время удалось осмотреть примерно 1% всего неба. Большая часть времени, естественно, ушла на изучение отдельных интересных объектов.

Колоссальное увеличение чувствительности рентгеновских телескопов прежде всего открыло возможность изучать же-

сткое фотонное излучение от обычных, «нормальных», одиночных звезд. Результаты превосходили самые смелые ожидания. Следует иметь в виду, что детекторы «НЕАО-2» на пределе своей чувствительности могут принимать от звезд в 10 млн раз меньшие потоки рентгеновского излучения, чем от Скорпиона X-1, рентгеновская мощность которого в 10^9 раз превышает мощность рентгеновского излучения Солнца.

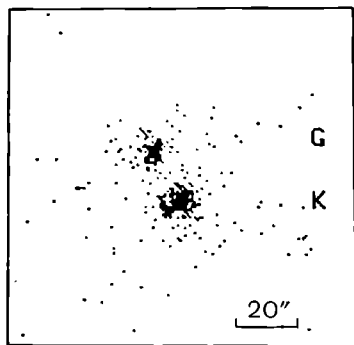
Всего было обнаружено свыше 140 звезд, излучающих рентгеновские кванты. Почти все исследованные «нормальные» звезды — это сравнительно близкие к нам объекты до 8,5-й видимой величины. На основании существовавших до последнего времени теоретических предположений следовало ожидать рентгеновское излучение от звездных корон. Сам феномен «короны», т. е. нагрев наружных слоев звездной атмосферы до температуры в несколько миллионов градусов, связывался с генерацией ударных акустических волн, возникающих при конвективной турбулентности в подфотосферных слоях. Отсюда делался вывод, что нагрев наружных слоев атмосферы звезды происходит только в случае звезд «солнечного» типа, т. е. спектральных классов G и F, что он не зависит от вращения звезды и звездного магнетизма.

Однако уже первые наблюдения опровергли эти теоретические предположения. Оказалось, что почти все «нормальные» звезды разных спектральных классов и светимостей являются источниками рентгеновского излучения. Излучают все звезды главной последовательности, гиганты до спектрального класса K включительно, сверхгиганты класса G, субкарлики и даже белые карлики. Очень слабо излучают только красные сверхгиганты класса M. В ближайшей к нам кратной системе α Центавра, оба компонента которой являются звездами главной последовательности спектральных классов G₂ и K0, компонент класса K оказался в рентгеновских лучах, вопреки старой теории, ярче.

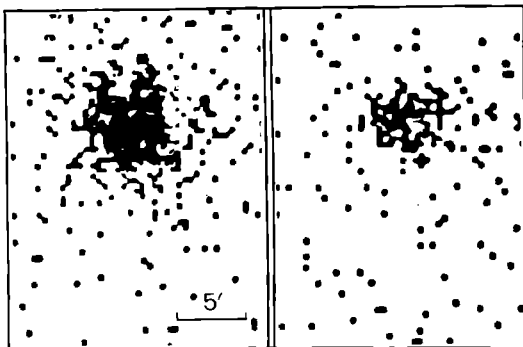
Особый интерес представляет обнаружение рентгеновского излучения от третьего компонента этой системы, знаменитой Проксимы Центавра, ближайшей к нам звезды. Это красный карлик типа M₃, на котором (как и на других звездах этого типа) происходят вспышки. Мощность рентгеновского излучения от него во время вспышек достигает 10^{29} эрг/с, что всего лишь в несколько десятков раз меньше его болометрической мощности, а температура короны во время вспышек превышает

10^7 К. Такие вспышки можно наблюдать, даже когда звезда-карлик удалена от нас на расстояние до 100 пс, а Проксима Центавра удалена всего лишь на 1 пс.

Полное несогласие этих результатов со старыми теориями заставляет радикально пересмотреть последние. Необходимо понять, какие свойства «нормальных» звезд определяют мощности их корон. Похоже, что такими свойствами должны быть их осевое вращение и магнетизм. Этот вопрос имеет исключительно важное значение для



Снимок в рентгеновских лучах ближайшей к нам кратной системы «Центавра». Вопреки старой теории, яркость компонента К выше, чем G.



Рентгеновский снимок третьего компонента «Центавра» — звезды Проксима Центавра: слева — в момент вспышки, справа — в спокойном состоянии.

актуальной проблемы солнечной активности, основы теории которой также должны быть пересмотрены.

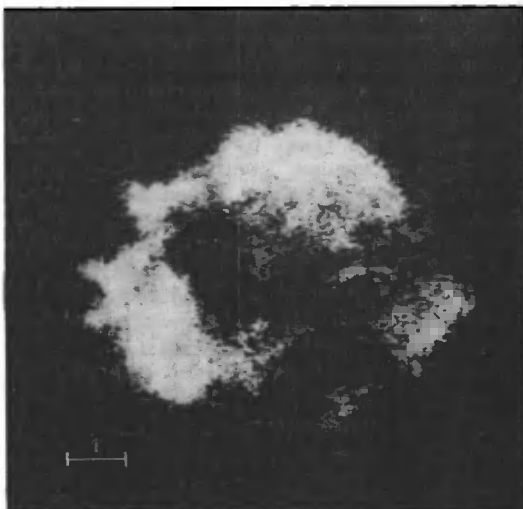
Важные результаты были получены при изучении уже известных рентгеновских источников: пульсаров, транзитных источников, источников в шаровых звездных скоплениях и т. д. Одно из таких наблюдений относится к очень интересному транзитному источнику АО 538—66, вспышки которого проявляются как в рентгеновском, так и в оптическом диапазонах и следуют с периодом около 17 дней. Оказалось, что этот источник является пульсаром с периодом 0,069 с. Он вышел на третье место по короткопериодичности среди всех известных пульсаров, пропустив вперед только пульсар NPO 535 в Крабовидной туманности (0,033 с) и двойной радиопульсар PSR 1913+16 (0,059 с), и на первое место — среди рентгеновских пульсаров в двойных системах.

Выше речь уже шла об открытии мягкого рентгеновского излучения от остатков вспышек сверхновых звезд. На обсервато-

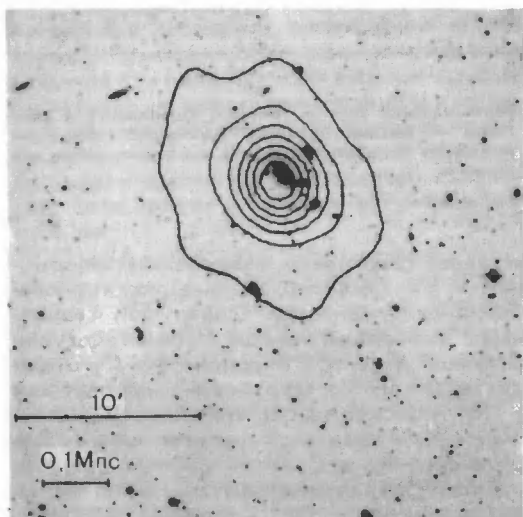
рии Эйнштейна оказалось возможным выполнить **систематические** исследования этих важных для астрофизики источников. Было получено свыше 100 их рентгеновских изображений, т. е. столько, сколько их известно в Галактике. Благодаря изучению остатков вспышек сверхновых, удалось получить много новых важных результатов. В частности, построена эволюционная последовательность таких остатков, основанная на анализе их морфологии. Особый интерес представляет редкий тип остатков

вспышек сверхновых, называемых «плерионами», к числу которых принадлежит и Крабовидная туманность. Обнаружен «точечный» (размерами меньше $1'$) рентгеновский источник в центре плериона 3С 58, отождествляемого со сверхновой, вспыхнувшей в 1181 г. Весьма важно, что в спектре источника не наблюдается никаких линий. Это означает, что его жесткое излучение, так же как и у Крабовидной туманности, имеет не тепловую, а синхротронную природу. В Большом Магеллановом Облаке обнаружено около 20 остатков вспышек, возраст которых колеблется от 1 до 20 тыс. лет. Тем самым подтверждается вывод, что в этой ближайшей к нам галактике сверхновые вспыхивают примерно раз в тысячу лет.

Особый интерес представляет вопрос о «звездных» остатках вспышек сверхновых, связываемых с образовавшимися при таких вспышках нейтронными звездами. Как мы уже говорили, к числу таких остатков принадлежит пульсар в Крабовидной туманности. Пока, кроме него, обнаружены еще два «точечных», скорее всего, звездных



Рентгеновское изображение Кассиопеи А — одного из ярчайших объектов среди остатков вспышек сверхновых звезд.



Распределение яркости рентгеновского излучения [сплошные линии] в скоплении галактик А 262. Рентгеновские изофоты наложены на оптическое изображение этого скопления.

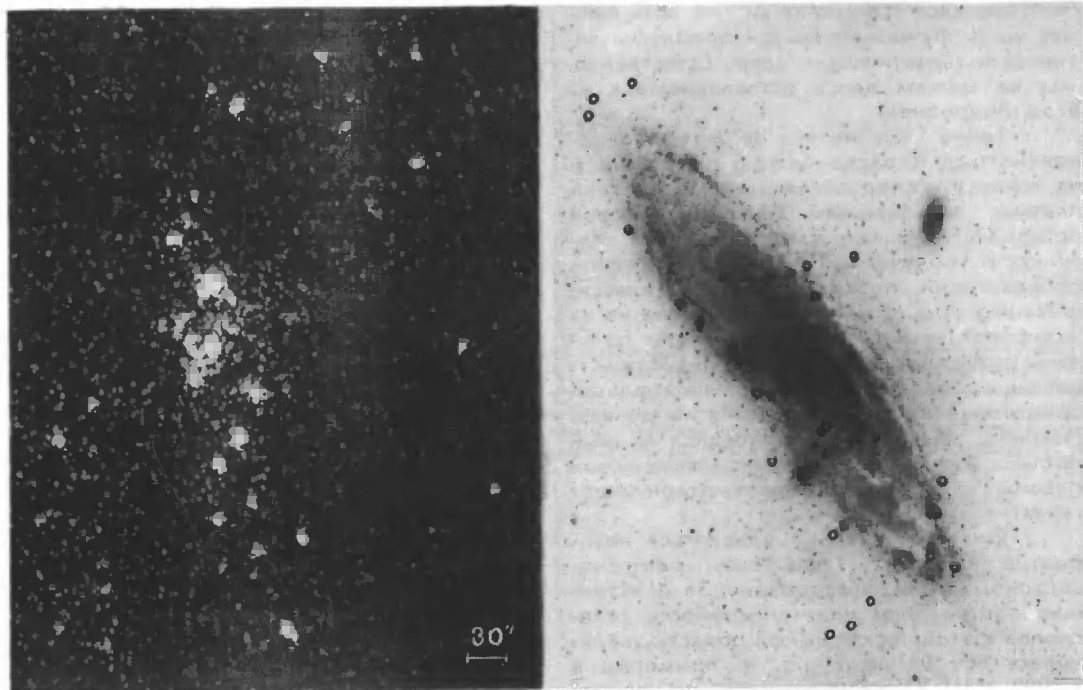
источника: один находится внутри остатка Вела-Х, второй — внутри RCW 103. В рентгеновских лучах эти остатки имеют оболочечную структуру. Важно, что у других молодых «исторических» остатков (вспыхнувших за последние 2 тыс. лет и зарегистрированных в различных хрониках) никаких звездных остатков не обнаружено, хотя вполне можно было ожидать тепловое излу-

чение от еще не успевших остыть нейтронных звезд. Очень похоже, что там вообще нет звездных остатков, т. е. что соответствующие звезды взорвались полностью. Согласно современным теориям, этого можно ожидать в случае взрывов маломассивных звезд, так называемых сверхновых I типа. Однако при взрывах этих звезд должно образовываться огромное количество ядер железа — до 30% от массы взорвавшейся звезды.

С помощью установленного на борту «НЕАО-2» специального кристаллического спектрометра удалось получить превосходные рентгеновские спектры остатков сверхновых. Их анализ (особенно у остатка вспышки сверхновой 1272 г.) выявил интересные аномалии в концентрациях ряда распространенных химических элементов, однако — увы! — никакой аномально высокой концентрации ядер железа обнаружено не было. Астрономия столкнулась с трудной проблемой, которая, можно надеяться, будет решена в ближайшие годы.

Совершенно уникальные результаты были получены при исследовании рентгеновских источников в ближайших галактиках. Так, в туманности Андромеды обнаружено около сотни рентгеновских источников, самые слабые из которых, регистрируемые на пределе чувствительности аппаратурой «НЕАО-2», имеют мощность 10^{37} эрг/с; 17 из них отождествляют с шаровыми скоплениями, которых в туманности Андромеды 225 — почти в два раза больше, чем в нашей Галактике. Любопытно, что мощность рентгеновского излучения таких источников заметно выше, чем у их «братьев» в шаровых скоплениях нашей Галактики. (При сравнении рентгеновских источников в Галактике и туманности Андромеды следует иметь в виду, что полная масса последней раза в два больше.) Пока трудно сказать, к какому классу объектов относятся эти источники. Так как в туманности Андромеды скорость образования звезд из межзвездной среды в несколько раз меньше, чем в Галактике, там должно быть мало массивных голубых сверхгигантов, а следовательно — источников рентгеновского излучения типа Центавр X-1, Лебедь X-1 и пр.

Не меньший интерес представляет выполненное с помощью «НЕАО-2» детальное исследование рентгеновских источников в двух ближайших галактиках — Большом и Малом Магеллановых Облаках. Масса Большого Магелланова Облака (БМО) примерно в 10 раз меньше, чем туманности Андромеды, но зато оно в 10 раз ближе к



Рентгеновские источники в центральной части туманности Андромеды (слева). Схема расположения рентгеновских источников (кружки), совмещенная с оптическим изображением туманности Андромеды (справа).

нам. По характеру звездного населения эта галактика значительно отличается как от туманности Андромеды, так и от нашей Галактики. Всего в БМО обнаружено около 200 рентгеновских источников. По-видимому, большая их часть связана с массивными двойными системами. В Малом Магеллановом Облаке обнаружено свыше 20 источников.

Рентгеновские источники наблюдались и в других галактиках Местной системы, например в М 83 (10 источников). У гигантской спиральной галактики М 101 обнаружено на удивление мало источников — всего 4, в то время как у карликовой галактики М 33—9 источников, причем эта галактика имеет очень яркое рентгеновское ядро, мощность излучения которого $5 \cdot 10^{38}$ эрг/с — в десятки раз больше, чем у М 31. Что касается нашей Галактики, то рентгеновская мощность ее ядра совершенно ничтожна, меньше $5 \cdot 10^{35}$ эрг/с. У более удаленных галактик уже нет

возможности наблюдать отдельные рентгеновские источники. «Интегральное» рентгеновское излучение обнаружено от 35 из 43 обследованных галактик. Мощность этого излучения составляет 10^{-3} — 10^{-4} от оптической мощности, но бывает и меньше.

Ядра некоторых нормальных галактик аномально сильно излучают в рентгеновском диапазоне, в котором их мощность уже начинает сравниться с мощностью активных ядер сейфертовских галактик. Наиболее сильно этот феномен выражен у квазаров. Как уже упоминалось выше, чувствительность детекторов рентгеновского излучения, установленных на «НЕАО-2», позволяет зарегистрировать десятки тысяч квазаров, удаленных от нас на космологические расстояния, соответствующие красному смещению $Z \sim 2$ — $2,5$. Поэтому многие квазары были открыты сначала в рентгеновском диапазоне, а уж потом подтверждены оптическими наблюдениями. В этом отношении методы рентгеновской астрономии уже сегодня вполне конкурируют с радиоастрономическими методами. Статистика рентгеновских источников, отождествляемых с квазарами и сейфертовскими галактиками, позволяет сделать вывод, что изотропный фон в мягком рентгеновском диапазоне объясняется суммарным излучением этих метagalактических источников.

Рентгеновское излучение от них есть важная часть фундаментальной проблемы активности галактических ядер. Естественно, мы не можем здесь останавливаться на этом подробнее.

Точно так же мы не можем останавливаться сколько-нибудь подробно и на важных исследованиях весьма горячей плазмы, заполняющей межгалактическое пространство в скоплениях галактик. Результаты, полученные на эйнштейновской обсерватории, позволили развить классификацию этих объектов, основанную на их морфологических признаках. Были получены серьезные аргументы в пользу существования невидимой, «скрытой» массы, сосредоточенной в галактических «коронах». Наконец, тщательно исследовался важный процесс взаимодействия межгалактической плазмы и породивших ее «материнских» галактик.

Приходится только удивляться невероятно быстрому прогрессу рентгеноастрономических исследований. За 20 истекших лет разрешающая способность телескопов в этой спектральной области увеличилась от 10° до $2''$, т. е. примерно в 10 000 раз! Чувствительность по потоку (в диапазоне энергий квантов 1—10 кэВ) возросла от 10^{-8} до $3 \cdot 10^{-14}$ эрг/см² · с, т. е. в 300 000 раз. Качество рентгеновских спектров от таких объектов, как остатки вспышек сверхновых, достигло «лабораторного» уровня. Количество космических источников, которое потенциально может быть исследовано, увеличилось от немногих единиц до сотен тысяч. Все это означает, что, несмотря на огромные трудности, которые пришлось преодолеть, достигнутый уровень рентгеновской астрономии вполне сравним с уровнем оптической и радиоастрономии.

Интересно более детально сопоставить темпы развития рентгеновской и радиоастрономии. За первые 20 лет своего развития, от открытия ярчайших космических источников Лебедь А и Кассиопея А до рубежа 1966 г., когда начались первые интерференционные наблюдения на межконтинентальных базах⁵, угловое разрешение радиотелескопов улучшилось с 10° до немногих секунд — т. е. так же, как и в рентгеновской астрономии; чувствительность приемников (по потоку) — от 100 до

0,1 Ян (1 Янский = 10^{-26} Вт/м² · Гц), т. е. в 1000 раз. Прогресс в этой области шел медленней, чем в рентгеновской астрономии. Даже сейчас, спустя 35 лет после открытия первых космических радиоисточников, лучшая чувствительность радиотелескопов остается на уровне 1 мЯн, т. е. за прошедшие десятилетия она улучшилась в 10^5 раз — так же, как и чувствительность рентгеновских телескопов. Зато по угловому разрешению методы межконтинентальной (а в перспективе, и межпланетной) интерферометрии выдвинули радиоастрономию далеко вперед по отношению не только к рентгеновской, но и оптической астрономии. Заметим, однако, что лишь немногие радиоисточники могут быть измерены с помощью такой методики.

Современная рентгеновская астрономия — дорогая наука. Первый рентгеновский телескоп «Ухуру» обошелся в 10^7 долл. «Обсерватория им. Эйнштейна» стоила уже 10^8 долл. Заметим, что 100-метровый высокоточный радиотелескоп сейчас стоит несколько десятков миллионов долларов — столько же, сколько наикрупнейший оптический телескоп. С другой стороны, стоимость системы автоматических станций «Вояджер», столь успешно исследовавших большие планеты Солнечной системы, составила 10^9 долл., а высадки астронавтов на Луне обошлись американскому налогоплательщику в $3 \cdot 10^{10}$ долл. Конечно, для самоутверждения человечества последний эксперимент имеет большое значение. Однако для науки куда большее значение имеют блистательные результаты, полученные на «Ухуру», «HEAO-2», «Копернике» (первый оптический космический телескоп) и «COS-B» (гамма-телескоп). И, конечно, не сдают своих позиций могучие наземные средства исследования, которыми располагают современные оптическая и радиоастрономия.

Времена дешевой науки безвозвратно прошли. Но при всей дороговизне современных средств исследования всегда надо помнить, что расходы на разработку и изготовление варварских средств уничтожения неизмеримо превосходят расходы на истинную науку. Ведь суточного военного бюджета США вполне достаточно, чтобы профинансировать несколько проектов, более совершенных, чем «Обсерватория им. Эйнштейна»!

Вот почему, в частности, нельзя себе представить прогресса науки без неуклонной борьбы за мир и разоружение.

⁵ О методике сверхдальней радиointерферометрии см.: Матвеев Л. И. Сверхдальняя радиointерферометрия. — Природа, 1982, № 11.

Всемогущий макрофаг

В. Г. Галактионов



Вадим Гелиевич Галактионов, доктор биологических наук, иммунолог, зоолог. Заведует лабораторией генетического контроля иммунного ответа в Институте иммунологии АМН СССР. Область научных интересов — молекулярно-генетические основы взаимодействия иммунокомпетентных клеток, генетика и эволюция иммунитета. Автор книги: Очерки современной иммунологии. Ташкент, 1981 (в соавторстве с У. А. Ариповым и Р. М. Хантовым).

Среди сотен различных клеток нашего организма макрофаги занимают особое место. Практически нет такой ткани или органа, где бы не присутствовали эти клетки. Особенно много их в костном мозге, селезенке, лимфатических узлах, легких, печени, брюшной полости, соединительной ткани. Большие размеры макрофагов (до 50 мкм) и обилие в их цитоплазме самых различных белков говорят о значительных функциональных возможностях этих клеток. Изучение макрофагов продолжается около 100 лет. Однако не на всех этапах познания интерес к ним был одинаков.

ИСТОРИЯ ЗАБВЕНИЯ

Наиболее характерное свойство макрофагов — их способность к фагоцитозу, т. е. к поглощению чужеродных частиц, таких, например, как белки, неорганические корпускулы, детрит отмирающих клеток, вирусы, бактерии и многое другое.

Эта отличительная черта макрофагов пришла к нам из очень далекого прошлого, когда около 3 млрд лет назад появились первые одноклеточные организмы. Эволюционно возникшие клетки должны были питаться — усваивать из окружающей сре-

ды разнообразные вещества, и в том числе высокомолекулярные соединения, которые проникали внутрь клетки благодаря фагоцитозу. Способность предковых клеточных форм к активному захвату чужеродного материала сохранилась за макрофагами современных многоклеточных животных от губок и кишечнополостных до человека.

Фагоцитоз впервые обнаружил И. И. Мечников в конце прошлого века у различных групп животных и специально изучил вопрос о «поведении» фагоцитирующих клеток по отношению к микробам. В результате длительных и кропотливых исследований Мечников установил, что фагоциты поглощают, а затем полностью или частично разрушают захваченный микроорганизм. На основании этих наблюдений была сформулирована клеточная теория иммунитета, которая впервые давала разумное и экспериментально хорошо обоснованное толкование одного из механизмов невосприимчивости организма к инфекции.

Параллельно с Мечниковым разрабатывал свою теорию защиты организма от инфекции немецкий фармаколог П. Эрлих. Он обратил внимание на тот факт, что в сыворотке крови животных, зараженных бактериями, появляются белковые вещества, способные убивать патогенные микроорганизмы. Эти вещества впоследствии были

названы антителами. Самое главное свойство антител — их ярко выраженная специфичность: образовавшись как защитное средство против одного микроорганизма, они разрушают только его, оставаясь безразличными к другим. Факты о защитных свойствах антител легли в основу гуморальной («жидкостной») теории иммунитета.

Две теории, фагоцитарная и гуморальная, в период своего возникновения стояли на антагонистических позициях. Школы Мечникова и Эрлиха боролись за научную истину, не подозревая, что каждый удар и каждое его парирование сближало противников. В 1908 г. обоим ученым одновременно была присуждена Нобелевская премия.

Однако в ходе развития иммунологии гуморальная теория приобрела больше сторонников по сравнению с фагоцитарной теорией. И этому обстоятельству были вполне объективные причины. Дело в том, что фагоцитоз — неспецифическая реакция организма на чужеродное вещество. У макрофага отсутствует память о первой встрече с антигеном (микробом, токсином, неродственным белками), т. е. повторный контакт не усиливает фагоцитарной реакции. Образование антител, напротив, характеризуется не только выраженной специфичностью, но и иммунологической памятью. Вторичная встреча организма с антигеном приводит к лавинообразному синтезу антител.

Однако тонкие механизмы образования антител оставались непонятными. Перед исследователями первой трети XX в. стояло много нерешенных проблем: какие клетки продуцируют антитела, как антиген включает в работу эти клетки, какова молекулярная природа антител и иммунологической памяти, с чем связана уникальная способность антител распознавать тысячи самых разнообразных антигенов и многие-много другие.

Началом нового периода в развитии иммунологии следует считать 1950-е — 1960-е годы. Именно в это время было показано, что за синтез антител (иммуноглобулинов) ответственны специальные лимфоидные клетки — плазмочиты. Стала известна общая структура иммуноглобулинов и выяснено, что за нейтрализацию антигена ответствен особый участок молекулы, так называемый активный центр. Доказана иммунологическая природа отторжения чужеродной ткани и роль тимуса (вилочковой железы) в этом процессе. Экспериментально установлено наличие двух систем имму-

нитета — Т-системы, осуществляющей клеточные реакции (разрушение трансплантата, уничтожение раковых клеток и др.), и В-системы, участвующей в формировании гуморального ответа, необходимого в борьбе с инфекцией. В начале 60-х годов одновременно во многих лабораториях мира стали разрабатывать вопросы генетического контроля иммунного ответа, закладывая основы эволюционной иммунологии.

На фоне явных достижений, увлеченности новыми иммунологическими проблемами и идеями о макрофаге «забыли». Клетка со столь древней эволюционной историей, со столь выраженной ролью в противоинфекционном иммунитете была отодвинута в дальний угол фундаментальных исследований. Иногда о макрофаге вспоминали, но лишь для того, чтобы подчеркнуть его несостоятельность в специфических иммунных процессах.

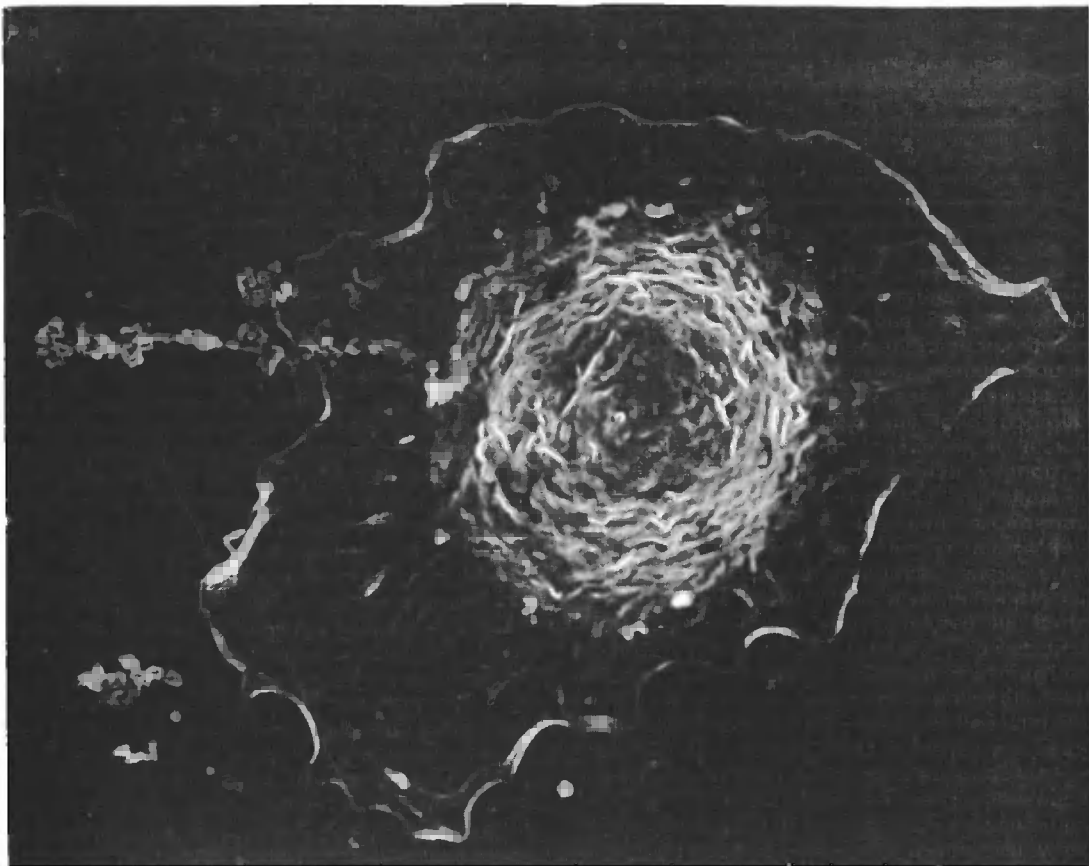
МАКРОФАГ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КЛЕТОК

Заблуждение в отношении макрофагов со временем прошло, и этому во многом способствовало открытие явлений клеточной кооперации при развитии иммунного процесса.

Напомним, что в реакциях иммунной защиты принимают участие два основных типа клеток: Т- и В-лимфоциты. Т-система иммунитета, помимо клеток, непосредственно участвующих в клеточном ответе (например, Т-киллеров, разрушающих трансплантат), содержит клетки-регуляторы. Это Т-хелперы — помощники, содействующие полноценному развитию иммунного ответа, и Т-супрессоры — клетки, угнетающие иммунный процесс на поздних стадиях его развития. В-лимфоциты формируют гуморальный ответ, синтезируя антитела.

До недавнего времени казалось, что В-клетка способна работать самостоятельно, и единственное условие для начала ее деятельности — встреча с антигеном. В самом конце 60-х годов две группы исследователей независимо друг от друга выяснили, что В-клетка, распознав антиген, не приступает к синтезу иммуноглобулинов до тех пор, пока не получит помощь со стороны Т-хелпера¹. Молекулярными помощниками в Т — В кооперации служат белки-регуляторы, секретируемые Т-клетками.

¹ Mosier D. E. — Science, 1967, v. 158, p. 1573; Miller J. F., Mitchell G. F. — J. Exp. Med., 1968, v. 128, p. 801.



Зрелый тканевый макрофаг, выделенный из брюшной полости мышей, имеет неправильную разветвленную форму. Фотография получена в сканирующем электронном микроскопе (увел. 3500).

Фото С. Ф. Чернова и Е. П. Сенченкова.

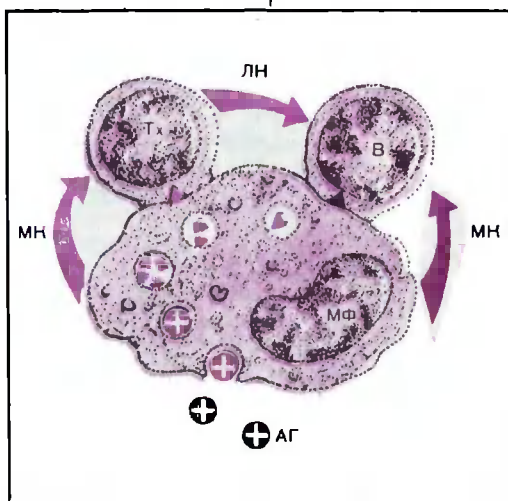
Явление клеточного взаимодействия было открыто на целом организме, но это не исключало участия в реакции каких-либо иных, нелимфоидных клеток. Американский исследователь Д. Мозиер в опытах на культуре клеток показал, что наличие только В- и Т-лимфоцитов не дает иммунного ответа к большинству антигенов. В то же время добавление к этим клеткам очень небольшого количества макрофагов (всего лишь 10%) приводит к бурному развитию иммунной реакции. Эти простые, но демонстративные опыты, всколыхнули целый поток исследований. Различные аспекты трехклеточной системы взаимодействия изучаются до сих пор.

Участие макрофага в формировании специфического ответа на антиген — важ-

ная, но не единственная его функция. Эта вездесущая клетка вступает в такие процессы, как размножение стволовых кроветворных клеток, дифференцировка тимоцитов, созревание Т-клеток, способных осуществлять реакции клеточного иммунитета. Так, например, еще недавно полагали, что созревание тимоцита (функционально незрелой клетки) до зрелого Т-лимфоцита протекает следующим образом. Ближайший потомок стволовой кроветворной клетки проникает в тимус из костного мозга и под влиянием тимостимулирующих гормонов превращается в Т-клетку. Однако в последнее время установлено, что помимо гормонов тимуса в этом процессе участвует белковый посредник (медиатор), синтезируемый тимусными макрофагами, которые входят в состав данного органа.

В нашей лаборатории совсем недавно открыто явление, которое демонстрирует роль макрофагов в созревании эффекторов, участвующих в клеточном типе им-

мунного ответа². В чем суть этого явления? Хорошо известно, что введение в организм так называемых иммунокомпетентных клеток (клеток лимфатического узла, селезенки, периферической крови) от генетически чужеродного донора приводит к иммунологической атаке на организм со стороны введенных клеток. В основе конфликта лежит способность таких клеток, оказавшихся в неродственном организме, распознавать чужеродные антигены и в результате разрушать ткани и органы хозяина. Феномен такой иммунологиче-



Упрощенная схема взаимодействия макрофага (МФ) с В- и Т-клетками. Макрофаг, захвативший и разрушивший антиген (АГ), представляет фрагмент этого антигена на своей клеточной поверхности в иммуногенной форме. Мигрирующие по организму В- и Т-лимфоциты-хелперы (Тх) распознают антиген, связанный с макрофагом, вступая в контактное взаимодействие с фагоцитирующей клеткой, и таким образом получают информацию об антигене. В результате взаимодействия как Т-хелперы, так и макрофаги начинают секретицию белков-регуляторов: лимфокинов (ЛК) и монокинов (МК), которые оказывают помощь В-клетке в синтезе антител, специфичных к данному антигену.

ской агрессии получил название реакции трансплантат против хозяина (РТПХ). Известно, что тимоциты неспособны вступить в реакцию на антигенный стимул. В то же время, как удалось выяснить, совместная инкубация тимоцитов с макрофагами в течение всего 2—4 часов приводит к раз-

витию клеточных форм, дающих реакцию трансплантат против хозяина. Удивляет очень незначительное время взаимодействия макрофага с тимоцитами, достаточное для формирования эффективно работающих клеток. Второй момент, который требует особого внимания, состоит в том, что в процессе созревания Т-клеток — участников РТПХ, активны только генетически родственные макрофаги. Даже незначительные генетические различия между кооперирующими клеточными единицами на уровне внутривидовых индивидуальных колебаний снимают наблюдаемый эффект. Молекулярные процессы явления продолжают изучаться. Однако уже сейчас очевидно его клиническое применение.

Для компенсации иммунологической недостаточности больным, как правило, вводят клетки лимфоидной и кроветворной ткани от эмбрионов или новорожденных доноров, погибших по каким-либо причинам. Такие клетки иммунологически недостаточно зрелы, и поэтому их иммунологическая активность в какой-то степени блокирована. Однако присутствие в трансплантируемой взвеси генетически родственных макрофагов быстро снимает эту блокаду, и введенные клетки начинают работать против хозяина. Ясно, что для успеха трансплантации необходимо освободить вводимые клетки от макрофагов. Технические это сделать довольно просто, поскольку макрофаги в отличие от лимфоцитов легко прикрепляются к различным поверхностям (пластик, стекло и т. д.).

Таким образом, за последние годы обнаружены явления, о которых не так давно совершенно ничего не было известно. Взаимодействие макрофага со стволовой кроветворной клеткой, тимоцитом, а также с Т- и В-лимфоцитами — не просто встреча. Ее следует рассматривать как истинную кооперацию, когда между элементами сообщества возникает та форма отношений, которая приводит к максимально возможному функциональному эффекту.

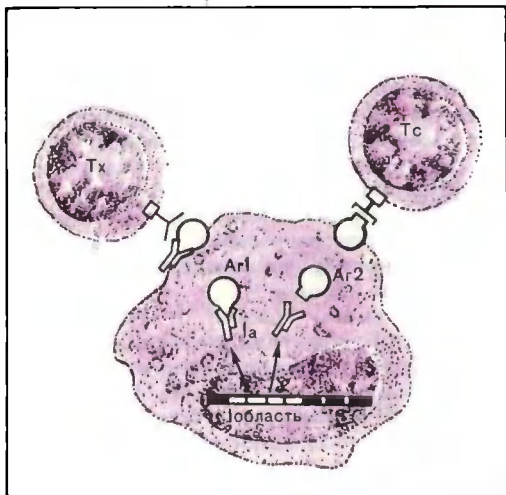
МАКРОФАГ И ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ИММУННОГО ОТВЕТА

В настоящее время известно, что сила иммунного ответа (т. е. количество антител, образующихся к определенному антигену) наследуется как доминантный признак. Выявлены гены иммунного ответа (Iг-гены)³, установлена их локализация в

² Галактионов В. Г., Анфалова Т. В., Луцан Н. И. Взаимодействие макрофагов с тимоцитами при индукции эффекторов РТПХ. — В сб.: Тезисы 9-й Всесоюзной конференции по пересадке органов и тканей. Тбилиси, 1982.

³ Iг-гены — сокр. от англ. Immune response genes — гены иммунного ответа

генетической системе гистосовместимости. Эта генетическая система — достаточно сложный организованный комплекс генных локусов, занимающий значительный участок хромосомы. У мышей, наиболее хорошо изученного вида, этот комплекс расположен в 17-й хромосоме и носит условное название H-2 (от англ. *histocompatibility-2*). Комплекс состоит из четырех областей: K, I, S и D. Области K и S контролируют синтез антигенов, от которых зависит отторжение чужеродного трансплантата, а область S включает гены, от-



Схема, иллюстрирующая конкретные формы генетической регуляции иммунного ответа к различным антигенам [Ar1 и Ar2]. Если белок Ia способен образовать комплекс с антигеном или его ферментами (на рисунке с Ar1), то во взаимодействии вступают Т-хелперы [Tx]. Развивается сильный иммунный ответ. В ситуации, когда Ia белок не может образовать комплекс с антигеном [Ar2] в силу структурных особенностей антигена, последний оказывается на поверхности макрофага в свободной форме. Такой антиген кооперирует с Т-супрессором [Tc] — в результате наблюдается подавление или полное отсутствие иммунного ответа.

ответственные за образование ряда ферментов. Наибольший интерес для изучения механизмов генетического контроля иммуногенеза представляет область I. Именно здесь сконцентрированы основные гены иммунного ответа.

Где, как и когда в иммунном процессе проявляют свою активность эти гены? Первые же опыты показали, что генная активность зависит от структуры антигена и связана с одним из типов клеток или их субпопуляций, участвующих в иммунной реакции. Так, например, в ряде

случаев дефицит иммунного ответа определяется способностью Т-хелперов распознавать антиген. Иначе, у слабо реагирующего организма нет Ig-гена (или он по какой-либо причине не работает), позволяющего Т-хелперам распознать антиген и оказать помощь В-лимфоцитам. Недостаточность иммунного ответа на уровне В-клеток очень часто определяется отсутствием другого гена — гена, контролирующего синтез веществ клеточной поверхности (акцепторов), которые воспринимают дополнительный сигнал от Т-хелперов.

Роль макрофагов в генетическом контроле иммунного ответа некоторое время не учитывалась. Однако в последние годы вскрыт своеобразный и крайне интересный механизм регуляции силы иммунного процесса Ig-генами в макрофагах⁴. Цель событий разворачивается следующим образом. Антиген, захваченный макрофагом, разрушается на отдельные фрагменты гидролитическими ферментами. Затем в работу вступают Ig-гены, которые контролируют образование особого семейства так называемых Ia-белков. У разных индивидуумов или линий животных эти белки отличаются друг от друга по структуре, отражая различия в генах, которые обеспечивают их синтез. Если Ia-белки макрофагов способны вступать во взаимодействие с данным антигеном, то образовавшийся комплекс (антиген + Ia-белок) мигрирует к мембране макрофага и оказывается на ее поверхности. В результате создаются условия для работы Т-клеток-хелперов: Т-хелперы могут «увидеть» антиген, наиболее четко только в ассоциации с Ia-белком. Распознав антиген, измененный Ia-белком, Т-хелперы оказывают необходимую помощь В-клеткам. В результате развивается полноценный иммунный ответ.

Если в организме отсутствуют соответствующие данному антигену Ig-гены, то антиген остается на клеточной поверхности в неизменной форме. Подобная ситуация не позволяет Т-хелперам вступать в контакт с антигеном и, как следствие, обеспечивать эффективную помощь продуцентам антител.

МАКРОФАГ В БОРЬБЕ С РАКОМ

Разносторонние возможности макрофагов проявляются и в таких иммунологических реакциях, как отторжение чужеродной ткани или разрушение раковых

⁴ Benacerraf B., German R. N. — *Immunolog. Rev.*, 1978, v. 38, p. 70.

клеток. Клиницисты постоянно находят множество фагоцитирующих клеток в крови больных в период острого отторжения пересаженного органа, например почки. У экспериментальных животных в ложе отторжения пересаженной ткани помимо лимфоцитов всегда присутствуют макрофаги. Однако эти наблюдения долгое время никак не оценивались. Считалось, что только Т-киллер способен обнаружить чужеродную ткань и уничтожить ее. Однако открытие трехклеточной системы кооперации — синергического взаимодействия макрофага с Т- и В-лимфоцитами и участия макрофагов в генетическом контроле иммунного ответа — заставило задуматься о функции макрофагов в очаге отторжения. В опытах на культуре клеток удалось выяснить, что Т-киллеры неактивны, если в среде нет макрофагов. По-видимому, этот факт можно объяснить тем, что в цитотоксическом разрушении клеток макрофаг выполняет регуляторную функцию, оказывая помощь Т-киллерам. Такое толкование было подтверждено экспериментально⁵.

Может ли сам макрофаг разрушить чужеродные клетки так, как это делает Т-киллер? Теперь на этот вопрос можно ответить положительно. Наиболее четкие и демонстративные данные были получены при работе с раковыми клетками. Изучение взаимодействия макрофагов с клетками гепатомы (рак печени) и нормальными печеночными клетками показало, что макрофаги уничтожают только раковые клетки. Ясно, что механизм распознавания чужеродности макрофагами достаточно тонок и направлен исключительно на поиск раковых антигенов, несвойственных нормальной клетке. Однако предстоит выяснить, каков механизм столь ювелирного узнавания: ведь в отличие от лимфоцитов макрофаг не имеет специфических рецепторов, способных взаимодействовать с чужеродными антигенами.

Однако независимо от будущих экспериментальных открытий сегодня очевидно, что в организме существует две линии защиты от неопластических поражений: защита макрофагами и защита лимфоцитами-киллерами. Причем оборонительная способность макрофагов бифункциональна: во-первых, они помогают Т-киллерам, во-вторых, сами разрушают чужеродные клетки.

У ИСТОКОВ СПЕЦИФИЧЕСКОГО ИММУНИТЕТА

История формирования клеток лимфоидной системы, основная функция которой — иммунная, начинается с макрофага.

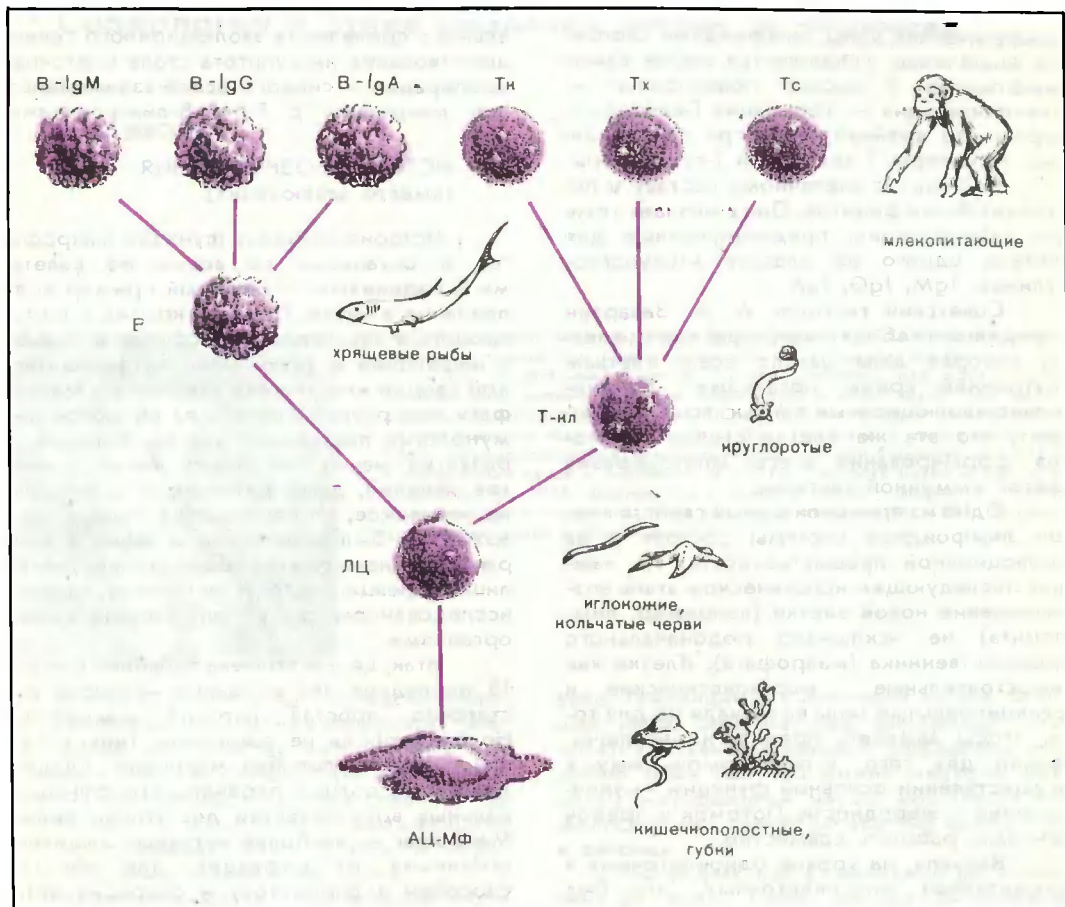
Первые проявления специфического клеточного иммунитета отмечаются у некоторых представителей таких низкоорганизованных многоклеточных, как губки и кишечнополостные (гидры, кораллы, медузы). Так, например, при работе с колониальным кораллом было установлено, что пересадка ветви одной колонии на другой колониальный организм (аллотрансплантация) приводит к разрушению тканей как трансплантата, так и хозяина в зоне контакта за 22 дня. При повторной пересадке между теми же колониями отторжение развивается значительно быстрее — приблизительно за 11 дней. В то же время при внутриколониальной трансплантации (ауто трансплантация) пересаженная ткань полностью приживается на новом месте ветви колонии.

Эти факты говорят о том, что у данного представителя кишечнополостных имеются признаки гуморального иммунитета — специфичность и память. Принимают ли участие амебоциты губок и кишечнополостных в отторжении чужеродной ткани, не установлено. Во всяком случае, они — единственные претенденты на роль иммунологических активных клеточных форм среди прочих клеток простейших многоклеточных существ.

У более высокоорганизованных многоклеточных беспозвоночных — червей (немуртины, сипункулиды, дождевой и земляной черви и др.), иглокожих (морские звезды, голотурии и др.), помимо фагоцитирующего амебоцита, имеется еще около 10 различных клеток гемолимфы, и среди них лимфоцит. В 1964 г. французская исследовательница П. Дюпра обнаружила, что при пересадке кожного аллотрансплантата у земляного червя развивается реакция отторжения⁶. При этом первичное знакомство с чужеродной тканью создает иммунологическую память, в результате чего вторичный трансплантат отторгается значительно быстрее. В ложе, где находится трансплантат, скапливаются лимфоциты, которые при переносе в другой организм обеспечивают специфический иммунный

⁵ Unanue E. R.— Immunolog. Rev., 1978, v. 40, p. 227.

⁶ Duprat P. C.— Transplant. Proc., 1970, v. 2, p. 222.



Эволюционное происхождение различных субпопуляций Т- и В-лимфоцитов от амебocyта-макрофага (АЦ-МФ). Подвижные, способные к фагоцитозу амeбocyты известны для наиболее просто организованных многоклеточных губок и кишечнополостных. Для кольчатых червей (первичноротые) и иглокожих (вторичноротые) известен новый тип клеток гемолимфы — лимфоцит (ЛЦ). У круглоротых в связи с возникновением тимуса появляются истинные Т-клетки (Т-кл), а у хрящевых рыб впервые в эволюционном ряду обнаруживается плазмоцит, формирующийся в ответ на антиген от В-клетки (В-кл). У млекопитающих известны различные субпопуляции Т-клеток (Т-хелперы — Т_х, Т-киллеры — Т_к, Т-супрессоры — Т_с) и В-клеток, способных к синтезу одного из классов иммуноглобулинов (В-IgM, В-IgG, В-IgA).

ответ. Такие лимфоциты осуществляют и другие иммунологические реакции, свойственные Т-клеткам.

Однако отнести лимфоцитоподобные клетки червей к истинным Т-лимфоцитам, характерным для позвоночных, нельзя, так как у червей отсутствует тимус — мес-

то созревания соответствующих клеточных форм. Впервые в филогенетическом ряду тимус как самостоятельное лимфоидное образование появляется у эволюционно гораздо более развитой группы — круглоротых. Именно с данного уровня можно говорить о морфологической и функциональной самостоятельности лимфоидной ткани. Дальнейшие этапы развития идут по линии расширения специфического иммунитета. Зачаточный синтез антител обнаружен у круглоротых — миксин и миног. Однако они не имеют еще специализированных клеток для синтеза иммуноглобулинов. В-клетки впервые появляются у хрящевых рыб (акулы, скаты). Таким образом, на уровне этих животных лимфоидная система обогащается новым типом иммунокомпетентных клеток.

В ходе филогенеза лимфоидная система неуклонно совершенствуется и приобретает все новые и новые морфологические структуры, содержащие лимфоци-

ты: селезенку, лимфоидный костный мозг, лимфатические узлы, лимфоидные скопления кишечника. Усложняется состав самих лимфоцитов. У высших позвоночных — млекопитающих — популяция Т-клеток содержит по крайней мере три субпопуляции: Т-киллеры, Т-хелперы и Т-супрессоры.

Сложна по клеточному составу и популяция В-лимфоцитов. Она включает тоже три субпопуляции, предназначенные для синтеза одного из классов иммуноглобулинов: IgM, IgG, IgA.

Советский гистолог А. А. Заварзин определил амебоцит-макрофаг как ту клетку, которая дала начало всем клеткам внутренней среды организма⁷. Сравнительно-эволюционные данные ясно показывают, что эта же клетка стояла у истоков формирования всего многообразия клеток иммунной системы.

Одно из принципиальных свойств клеток лимфоидной системы состоит в их эволюционной преемственности. На каждом последующем историческом этапе возникновение новой клетки (например, лимфоцита) не исключало родоначального предшественника (макрофага). Клетки как самостоятельные морфологические и функциональные типы возникали не для того, чтобы заменять предка, но исключительно для того, чтобы помочь ему в осуществлении основной функции — уничтожении чужеродности. Потомок и предок начинали работать совместно.

Вначале, на уровне одноклеточных и примитивных многоклеточных, это был клеточный захват и переваривание пищевых частиц, включая микроорганизмы. Затем, у более высокоорганизованных многоклеточных возникает лимфоцит — потомок амебocyта-макрофага. Он обеспечил постепенное совершенствование специфического иммунитета и возник как функциональный инструмент для доработки того, с чем не справлялась фагоцитирующая клетка.

Следующий этап — разделение труда между лимфоцитами, дифференцировка лимфоцитов на Т-клетки, осуществляющие клеточную форму иммунного реагирования, и В-клетки, отвечающие за гуморальный ответ (синтез антител).

Финалом этих событий явилось создание различных субпопуляций, которые могли не только распознавать и уничтожать чужеродный антиген, но и включались в

регуляцию самой функции. Формой реального проявления эволюционного совершенствования иммунитета стала клеточная кооперация — синергическое взаимодействие макрофага с Т- и В-лимфоцитами.

ИСТОРИЯ ВОЗРОЖДЕНИЯ (вместо заключения)

История изучения функций макрофагов в организме со всеми ее взлетами и падениями — типичный пример хода познания в науке. После открытия в конце прошлого века роли макрофагов в борьбе с инфекцией и формирования фагоцитарной теории иммунитета внимание к макрофагу при разработке общих вопросов иммунологии постепенно угасло. Конечно, в развитии науки ни одно вновь открытое явление, даже детально и всесторонне изученное, не списывается полностью в архив. Не был окончательно забыт и макрофаг. Однако он стал предметом изучения лишь инфекционистов и гистологов, занятых исследованием тканей внутренней среды организма.

Итак, целые полвека забвения и всего 15 последних лет внимания — такова достаточно простая история макрофага. Но она отнюдь не закончена. Теперь нам ясно, на что способен макрофаг. Общий, далеко не полный перечень его функциональных возможностей достаточно велик. Макрофаг — наиболее активный защитник организма от инфекций, так как он способен к фагоцитозу и секреции антибактериальных белковых веществ. Он — равноправный участник системы клеточной кооперации при индукции иммунного ответа, помощник Т-киллеров, уничтожающих чужеродную ткань, участник процесса дифференцировки тимоцитов и стволовых кроветворных клеток. Макрофаг способен противодействовать раковому росту и осуществлять генетически контролируемую регуляцию иммунного ответа. Данный клеточный тип — эволюционный предшественник клеток внутренней среды организма, включая клетки иммунной системы, а также составной элемент стромы органов.

Только этот неполный перечень функциональных возможностей макрофага позволяет говорить о выдающейся роли макрофага в многоклеточном организме. Именно функциональная многогранность макрофага, его широко распространенные в организме всеядные уверенность, что эта клетка еще долго будет в поле самого пристального внимания исследователей.

⁷ Заварзин А. А. Очерки эволюционной гистологии крови и соединительной ткани. Т. 4. М.— Л., 1953.

Социология и этика познания жизни и человека

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; Жизнь и познание. М., 1981. Неоднократно печатался в «Природе».

Вначале — несколько предварительных замечаний и общеполитических, методологических тезисов, без которых невозможна, как я думаю, правильная постановка проблемы и, соответственно, ее обсуждение в конкретных биомедицинских приложениях, относящихся к научному познанию жизни и человека.

Мыслительные и нравственные процессы, происходящие сегодня в жизни человечества, — все большая обращенность его к «миру человека» и стремление все рассмотреть и оценить, исходя из этого мира, включая и науку, ее сущность и предназначение, — обнадеживающие симптомы новых и лучших для нас времен, хотя возрастают, к сожалению, противоречия и угрозы противоположно направленных процессов. Это вовлекает науку, научное сообщество мира и мировую общественность в сложнейшие и порой драматично протекающие дискуссии, которые лишь чисто внешним образом отражают глубинные тенденции развития нового сознания и самосознания науки и самого чело-

века. Тенденции эти получают во все большей мере свое научное выражение, становятся объектом научной рефлексии, подобно тому как это имеет место в развитии методологии науки, комплекса ее философских, гносеологических принципов и законов.

Мы видим, как в последние десятилетия во всем мире весьма интенсивно развиваются, с одной стороны, социология науки, сосредоточивающаяся на исследовании ее функционирования как социального института современного общества, а с другой — этика науки, изучающая принципы, которыми руководствуется ученый в своей познавательной деятельности и поведении внутри научного сообщества, а также в его взаимодействии с обществом в целом. К сожалению, однако, они, как правило, мало взаимосвязаны друг с другом, а во многих западных работах имеется тенденция оторвать этику науки как новое, формирующееся в последние годы направление социально-философских и науковедческих исследований от общих социальных проблем, изучаемых в социологии науки. В марксистских исследованиях, напротив, проводится принципиальная линия рассматривать этические проблемы науки в тесной связи с социологическими, хотя пока что сама по себе этика науки не получила у нас сколько-нибудь значитель-

В основе статьи — доклад автора на Всесоюзной конференции «Философские и социальные аспекты взаимодействия современной биологии и медицины» (Москва, 20—22 апреля 1982 г.).

ного развития¹. Я думаю, что в перспективе этот недостаток будет преодолен, и мы получим новую интегральную дисциплину — социологию и этику науки.

В предвидении этих лучших времен нельзя, разумеется, прекращать будничную, кропотливую работу по «сколачиванию» отдельных блоков этой интегральной науки, в частности по исследованию социальных, нравственно-этических и гуманистических проблем отдельных наук, в особенности — биологии и медицины, сосредоточивающихся на исследовании жизни и человека, поскольку именно здесь в последние годы мы обнаруживаем новые «точки роста» социологии и этики науки².

Данная статья и является одной из попыток автора привлечь внимание к этой проблематике, показать ее специфику и актуальность, состояние и перспективы в общем контексте развития философских — социально-этических и гуманистических — оснований современной науки.

Что касается специфики, то здесь следует отметить прежде всего, что проблематика социологии и этики познания жизни и человека, представленная в комплексе биомедицинских исследований, может показаться метанаучной. Такой подход вряд ли перспективен, так как эта проблематика во многих случаях входит в самую ткань непосредственного исследования жизни и человека. Для философа же, социолога или этика она выглядит как **прикладная**, относящаяся по большей части к общим основаниям конкретных наук о жизни и человеке. Это лишает ее статуса философско-социологической дисциплины, принижает ее значение как необходимой и постоянной компоненты всякого научного философствования, которое не может обойтись без анализа проблематики жизни и человека.

Впрочем, вряд ли имеет смысл

погружаться в дебри общих определений и классификаций. Ведь, как говорил еще В. И. Вернадский, «рост научного знания XX века быстро стирает грани между отдельными науками. Мы все больше специализируемся не по науке, а по **проблемам**»³. Конечно, это в максимальной степени относится и к познанию жизни и человека, и к философским — социально-этическим и гуманистическим — основаниям такого познания.

Возникающие здесь проблемы не имеют границ; они в каком-то смысле стоят даже вне конкретного времени: это «вечные» проблемы, размышление над которыми является традицией духовного развития человечества, начиная с древнейших времен. Это — общая традиция гуманистической культуры человечества.

Специфика социально-этической и нравственно-гуманистической проблематики состоит еще и в том, что она не имеет однозначных, пригодных на все времена решений. Здесь нет и одностороннего движения познания, при котором каждое последующее решение как бы дополняет предшествующее. Поэтому для нас нравственно-гуманистические размышления, скажем, Сократа или Канта могут оказаться во многих случаях более актуально звучащими, чем многие максимы современных мыслителей. И это действительно так, если даже не углубляться в философские трактаты, а посмотреть, с каким напряженным вниманием следит современный зритель за трагическими изломами сократической мысли, например, в пьесе «Беседы с Сократом»⁴.

Особый смысл нравственно-гуманистической проблематики, как и многих других явлений человеческой культуры, отличных от науки, в которой принцип объективности равнозначен порой бессубъективности, состоит в перманентной диалогичности, предполагающей возбуждение активной духовной деятельности субъекта, его постоянные переживания ситуаций, не имеющих порой аналогов и образцов. И все же в этой области возможна ориентация на объективные ценности, поиск которых обнаруживает определенные закономерности, не имеющие, правда, жесткого характера. Можно даже сказать, что в силу разного рода причин эта проблемати-

¹ Одним из последних примеров единства социологических и этических подходов к анализу науки является коллективный труд «Социализм и наука» (под ред. С. Р. Микунинского и Р. Рихты. М., 1981). Однако разделы, посвященные в нем этике науки, требуют, по-видимому, более объемного и основательного развешивания. Я говорю об этом с должной самокритичностью, поскольку и сам являюсь одним из авторов этих разделов.

² В. А. Энгельгардт обозначает это как «субтриаду» (включая сюда искусство), из которой складывается широкая сфера гуманизма (см.: «Материалы III Всесоюзного совещания по философским вопросам современного естествознания». Вып. II. М., 1981, с. 138).

³ Вернадский В. И. Размышления натуралиста. Книга вторая. М., 1977, с. 54.

⁴ Эта проблема интересно и глубоко раскрывается в книге: Толстых В. Сократ и мы. М., 1981.

ка обнаруживает тенденцию более четко определять свой предмет внутри современной науки как целого. Она привлекает к себе внимание представителей разных наук, но в особенности биологии и медицины.

В философских, мировоззренческих исследованиях познания жизни и человека в последние десятилетия и годы все явственнее обнаруживается необходимость анализа не только методологических и гносеологических, но и социально-этических и гуманистических оснований такого познания, рассмотрение его как социального процесса. Имеется в виду при этом не только то влияние, которое наука о жизни оказывает сегодня на общество, развитие производства (например, биотехнология), а также непосредственно на человека (медицинские приложения и т. п.), но и ее зависимость от них, ее статус своеобразного социального института. Это означает только одно — биология и медицина все больше втягиваются в общий процесс превращения науки в непосредственную производительную силу общества. Они становятся все более весомой частью общей культуры человечества, влияя на многие его представления и ценности, на сам стиль мышления. Биологическое мышление уже сейчас оказывает ощутимое воздействие на мировоззрение, даже на футурологические проекты, касающиеся перспектив человека и человечества.

Это имеет не только свои плюсы, но и минусы, так как, вовлекая биомедицину в сферу интересов широкой мировой общественности, этот процесс приводит к тому, что о ней теперь судят все — и восхищаясь ее результатами, и порой изображая ее в виде своеобразного «ящика Пандоры», грозящего людям бедами и несчастьями. Отсюда — взрыв интереса к обсуждению гуманистических, нравственных, этических проблем познания жизни и человека. Нельзя сказать, что этот интерес порожден спецификой науки наших дней, связанной, в частности, с генной инженерией, как это изображается порой некоторыми ее интерпретаторами, забывающими о пока что весьма скромной ее роли в общей системе того, что относится к познанию жизни и человека, к современным биомедицинским исследованиям. Вспомним, какие страсти разгорались после выхода в свет книги Ч. Дарвина «Происхождение человека и половой отбор», какие острые этические, нравственные проблемы были подняты в свя-

зи с этим. Этот труд Дарвина и сегодня привлекает к себе внимание, в частности, в связи с исследованием эволюционно-генетических основ поведения человека, его этических качеств, например альтруизма. Я уже не говорю о его более широком — мировоззренческом — значении, что проявляется в новых «обезьяньих процессах» в США.

Особенностью современной ситуации в науке является то, что социально-этические и гуманистические проблемы стали не чем-то внешним, сопутствующим поискам истины и обнаруживающим свое значение только в технологических применениях. Они входят в само «тело науки» как его необходимая часть, «условие мыслимости» и эффективной реализации истины. Имеется в виду при этом наука в целом, «большая наука», а не отдельные ее фрагменты и участки. Эти проблемы относятся к тому, что сегодня принято называть **ценностными суждениями** в науке, и они касаются как логической структуры знания, так и отношений внутри научного сообщества.

Нельзя сказать, что их роль, в частности, в логической структуре знания и в сфере его методологии, может быть оценена только как конструктивная, поскольку во многих случаях именно отсюда исходят всякого рода лженаучные и антинаучные построения. Последнее, как известно, дало основание Марксу сказать в свое время: «Человека, стремящегося **приспособить** науку к такой точке зрения, которая почерпнута не из самой науки (как бы последняя ни ошибалась), а извне, к такой точке зрения, которая продиктована чуждыми науке, внешними для нее интересами, такого человека я называю «низким»⁵. «Низость в отношении науки», «грех против науки», как считал Маркс, совершается тогда, когда ее выводы фальсифицируются ради какой-то внешней и чуждой для нее цели. Противоположность этому — объективность, совпадающая с научностью, в некоторых условиях может быть охарактеризована, по Марксу, как стоицизм.

Все это имеет прямое отношение к нашей теме, и ситуации, описываемые Марксом в отношении Мальтуса (низость и фальсификаторство) и Рикардо (объективность, научность и даже стоицизм), напоминают нечто, что еще совсем недавно было, например, в генетике (вер-

⁵ Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 26, ч. II, с. 125.

нее, в отношении к ней), которую пытались даже разделить в зависимости от ценностных — философско-мировоззренческих и идеологических установок. Но мы знаем, что сами эти установки были ложными, чуждыми науке, а потому и внешними для нее. Вследствие этого они были отброшены ею, и была доказана их философская и идеологическая несостоятельность.

Однако ценностная ориентация научного познания, если она мотивирована объективно, т. е. и сама оказывается результатом научного познания, не является чуждой, а значит внешней для него, а потому может оказывать и существенно важное конструктивное влияние на развитие науки как целого. Марксистская позиция заключается здесь в том, что ценностные, в частности социально-этические, гуманистические принципы могут находиться в единстве с установками самого познания, его ориентацией на объективную истинность. Социально-этический нейтраллизм и нигилизм здесь так же недопустимы, как и позитивистские призывы к «освобождению» от философии. Однако так же, как и философия должна быть научной, чтобы оказывать позитивное воздействие на науку, так и социально-этические, гуманистические принципы познания могут выполнять стимулирующую роль в поиске истины, если они выражают прогрессивные тенденции общественного развития, служат благу человека и человечества. Тогда они могут быть истинными регулятивами науки, как это имеет место в методологических принципах познания⁶.

Эти, может быть, несколько общие для нефилософов рассуждения получают вполне конкретное звучание, если обратиться к комплексу биомедицинских исследований. Речь идет, например, о допустимости тех или иных биомедицинских экспериментов, об этических принципах генетического контроля, генноинженерных работ, ряда психофизиологических исследований, включая психхирургию, то есть таких экспериментов, которые содержат угрозу для здоровья человека и среды его обитания, таят в себе опасность манипулирования личностью, покушаются на ее неотъемлемые свободы и права. Комплекс относящихся сюда проблем социально-этического и гуманистического типа необычайно широк, и это находит отражение в выработке различ-

ного рода этических кодексов, регулирующих научное познание жизни и человека⁷.

Но дело не сводится только к этому. Этика науки не является самодостаточной. Она не может выполнять функции **главного регулятора** научного познания. Действенность этических принципов должна опираться на определенные социальные установления, которые часто различны или даже противоположны в разных социальных системах. Однако есть и глобальные критерии, которые все больше утверждаются в наши дни. Они определяют социальную ответственность ученых перед лицом угрозы для жизни человека и человечества. Это обуславливает необходимость разработок социологии и этики науки, не ограничиваясь только этическим уровнем: они должны получить юридическое, законодательное оформление в национальном и международном масштабах.

Конечно, самые сложные проблемы возникают, когда мы обращаемся к биомедицинским исследованиям, включающим эксперименты на человеке. И именно здесь происходит наиболее интенсивная деятельность на этическом и социальном уровнях, связанная с выработкой ряда кодексов (начиная с Нюрнбергского, 1947 г.), многие из которых закрепляются законодательно.

Потенциальные возможности изменения человеческой индивидуальности с помощью генетических методов, пересадки органов, нейрохирургии или нейрофармакологии в острой форме ставят перед наукой и обществом вопросы о гарантиях сохранности будущих поколений. Для этого необходимо установить допустимые пределы при манипулировании основным генетическим материалом человека как биологического вида и вообще при всяком воздействии на его индивидуальные качества.

Вопросы эти не простые и не легкие, не случайно они стали предметом серьезной озабоченности мировой общественности. Так, Всемирная организация здравоохранения во исполнение резолюции Генеральной Ассамблеи ООН «Защита человеческой личности и физической и интеллектуальной неприкосновенности в свете прогресса биологии, медицины и биохимии» подготовила специальный документ «Права человека и здравоохранение

⁶ См. об этом: Фролов И. Т. Жизнь и познание. М., 1981, с. 87—159.

⁷ См.: Юдин Б. Г. Этика научного исследования. — Природа, 1980, № 10.

в условиях прогресса биологии и медицины», в котором рассматриваются и вопросы об экспериментах на человеке, о пересадке органов и тканей и т. п. В документе анализируются разные подходы и условия, при которых эти операции могут быть научно и этически мотивированы. Обсуждаются и другие проблемы, связанные с началом жизни, искусственным прерыванием беременности, использованием человеческих зародышей для научных исследований, определением момента смерти, психиатрией и т. д. В настоящее время утвержден Свод международных рекомендаций для проведения медико-биологических исследований с участием людей⁸.

Конечно, это — лишь одно из направлений разработки социально-этических и гуманистических проблем биомедицинских исследований.

Речь идет, следовательно, не только об использовании научно-технических возможностей, например, в случае биомедицины, но главное — о том, какие **реальные пределы** для этого устанавливаются обществом, ставящим на первое место сохранение человеческой индивидуальности, свободы и прав человека. И это в особенности касается всяких манипуляций с мозгом и психикой человека, его сознанием и поведением, которые могут привести к «кризису идентичности», то есть утрате человеком представления о своем месте в обществе, о самооценности собственной личности⁹. О том, какие чудовищные формы может принимать такое манипуляторство, убедительно и ярко рассказано С. Чавкином, который приводит многочисленные примеры насильственного изменения психики, сознания и индивидуальности человека в США, причем в основе этих действий лежит ложная теория о том, что якобы не поддающееся контролю поведение объясняется либо причинами генетического порядка, либо дефектами нервной системы¹⁰. Автор разоблачает адептов «генетического детерминизма» и показывает, как реализуется их концепция в опытах над душевнобольными, заключенными, детьми. Ужасающие последствия этого манипулирования делают, в

частности, психиатрию и другие методы искусственного воздействия на личность частью аппарата насилия, подавления свободомыслия и протеста против капиталистических порядков.

Разумеется, тем самым не отбрасывается сама идея изменяющего воздействия на мозг и психику человека в благотворном для него направлении. Эмоции здесь так же вредны, как и отсутствие социальной ответственности. Однако вряд ли можно в современных социальных условиях капитализма, ожесточенной борьбы различных политических сил выдвигать эту задачу как актуальную, так как ее реализация неминуемо оказывается еще одним коварным и отвратительным средством этой борьбы.

Касаясь вопроса о правомочности, в частности, психиатрии, Всемирная организация здравоохранения в уже упоминавшемся документе «Права человека и здравоохранение в условиях прогресса биологии и медицины» подчеркнула, что психиатрия ставит одну из наиболее трудных проблем биоэтического характера. Кроме того, не ясны научные возможности и последствия психиатрического вмешательства, которое, по мнению ряда его сторонников, хотя и допустимо, но только при исключительных хронических заболеваниях, как «метод последнего прибежища» (Х. Миллер). В документе констатируется, что большое число противников психиатрии не признает ни при каких обстоятельствах хирургических манипуляций на мозге по поводу чисто поведенческих аберраций неизвестной этиологии. В связи с этим делается вывод, что поскольку имеются широкие разногласия относительно правомочности применения психиатрии, а также неопределенность исхода лечения и отсутствие твердой теоретической основы, необходимо продолжить исследования, чтобы дать оценку данному методу лечения.

Речь идет в данном случае только о лечении, и тем не менее проявляется серьезное беспокойство. Что же говорить тогда о проектах активного вмешательства в деятельность мозга, чтобы изменить его и создать «сверхчеловека» — *Homo sapientissimus*, где очевидно «отсутствие твердой теоретической основы»? Кроме того, как остроумно заметил Ж. Лежен, «чтобы создать человека более умного, чем мы, мы уже должны быть умнее, чем мы можем

⁸ См.: Хроника ВОЗ, 1982, № 1.

⁹ См. об этом: Энгельгардт В. А. — Вопросы философии, 1980, № 7, с. 84.

¹⁰ См.: Чавкин Самуэль. Похитители разума. Психиатрия и контроль над деятельностью мозга. М., 1981.

быть»¹¹. По его мнению, нельзя «с помощью трюков генной инженерии» создать «суперчеловечество». Что же касается медицины, то она «более скромна, но намного более эффективна. В течение последующих лет будет эффективно побеждена не только умственная слабость, но и множество неопределенных болезней, которые хотя и незначительно, но ухудшают эффективность умственной деятельности. Здесь генетики сыграют выдающуюся роль в служении психическому здоровью человечества. Только тесный союз сердца и разума спасет когда-нибудь человеческий ум»¹².

Прекрасные слова и поистине гуманистический подход к проблеме! Они должны быть полностью применены ко всякой программе, имеющей целью психофизиологическое развитие человека сегодня и в будущем, интенсификацию его интеллектуальной деятельности — с помощью ли естественных или искусственных форм воздействия на мозг и психику человека¹³, или путем разработки технических средств, моделирующих отдельные функции интеллектуальной деятельности.

Сложный комплекс социально-этических и гуманистических проблем открывает перед нами генная инженерия, развитие биотехнологии, однако я не буду останавливаться на них подробно, так как мне уже приходилось много выступать по этим проблемам в нашей и зарубежной печати, принимать участие в подготовке ряда экспертных докладов для ЮНЕСКО и пр.¹⁴.

Сейчас многие из этих дискуссий позади, однако и они сами, и современная ситуация могут оцениваться по-разному. Приняты определенные правила генноинженерных работ¹⁵, и в этом я вижу положительное значение прошедших дискуссий. Говорят, что в них было много сенсационности, и это так. Но можно ли

считать, что все они были своеобразным «отвлекающим маневром»? Теперь всюду проводится одна идея — опасность генноинженерных работ преувеличена, надо меньше привлекать внимание к ним и пр. Причины, по которым сейчас культивируются подобные настроения, в общем-то понятны, и они лишь слегка варьируются в зависимости от того, в какой части света высказываются.

Однако, как я думаю, это совершенно не означает, что сегодня теряют всякое значение дискуссии по социально-этическим и гуманистическим проблемам генной инженерии. Разработка этих проблем с позиций марксизма дает возможность, кроме всего прочего, показать наши преимущества в этих вопросах, преимущества социализма и его морали. А кроме того, не преуменьшаем ли мы невольную опасность бесконтрольного исследования и технологического применения генноинженерных проблем в условиях капитализма? В особенности, когда речь заходит о разработке биологического оружия, разного рода неоевгенических проектах «формовки людей» с помощью генной инженерии, клонирования и т. п.¹⁶?

Поэтому, как я думаю, необходимо и дальше проявить больше мудрости в обсуждении возможных перспектив этих исследований и их практических применений, подчеркивая значение **социального контекста**, в котором они развиваются, важность разработок социально-этических и гуманистических аспектов такого рода исследований и применений сегодня и в будущем. У нас в стране, как и в других социалистических странах, такая разработка ведется, причем инициаторами здесь во многих случаях выступают сами специалисты — А. А. Баев, Ю. А. Овчинников, В. А. Энгельгардт и др. Большая работа в этом направлении проводится в Академии медицинских наук СССР, в особенности по комплексу проблем, относящихся к дионтологии.

Надо признать, однако, что наши философы пока что слабо разрабатывают эти

¹¹ Лежен Ж. Генетика и психическое здоровье. — В кн.: Генетика и благосостояние человечества. М., 1981, с. 92.

¹² Там же.

¹³ Интересные, хотя и не бесспорные данные, касающиеся биосоциальных факторов повышения умственной деятельности человека, собраны В. П. Эфроимсоном, о которых он частично сообщил в ряде своих публикаций (см.: Природа, 1976, № 9, с. 62 и др.).

¹⁴ В «Природе» была опубликована моя статья «Социально-этические проблемы генной инженерии» (1976, № 1).

¹⁵ См. об этом: Вельков В. В. Опасны ли опыты с рекомбинантными ДНК? — Природа, 1982, № 4.

¹⁶ Эксперты США в последнее время высказываются в том смысле, что с помощью методов генной инженерии нельзя создать такое биологическое оружие, которое превосходило бы созданное другими методами. Более того, обсуждается идея возможности создания с помощью генной инженерии вакцины против бактериологического оружия. См.: Гайслер Э. О злоупотреблении результатами исследований в области молекулярной и клеточной биологии: факты и мифы. — Мир науки, 1982, № 1.

проблемы, как и вообще все то, что относится к социологии и этике познания жизни и человека, биомедицинских исследований. Можно по-разному оценивать некоторые факты, например, осуждать сенсационность, с которой обсуждаются эти проблемы на Западе. Но нельзя не учитывать, что помимо этого в тех же США не только бурно развиваются сами по себе генноинженерные работы и их технологические применения, но и ведутся серьезные исследования того, что охватывается, может быть, спорным понятием «биоэтика». Понятие это принято там после выхода в свет в 1969 г. (т. е. до появления генной инженерии) книги В. Р. Поттера «Биоэтика — мост к будущему». На эти исследования выделяются сотни тысяч долларов; большое число экспертов во всем мире, включая Всемирный совет церквей, участвует в деятельности различных международных организаций. К сожалению, наш голос в этих организациях почти не слышен. Мы мало излагаем свои позиции, в частности, по социально-этическим аспектам генной инженерии, недостаточно показываем опасность ее бесконтрольного развития при капитализме. Разительным контрастом этому является деятельность наших врачей, которые открыто и смело говорят о возможных катастрофических последствиях для человечества термоядерной войны, и они не преуменьшают имеющиеся здесь опасности. Эта гуманная деятельность врачей встречает научную и общественно-политическую поддержку.

Сложнейшие проблемы социально-этического и гуманистического плана возникают сегодня не только в связи с познанием жизни человека, но и смерти. Есть даже такая наука — танатология (от греч. *θάνατος* — смерть), которая изучает биологические и философские — социально-этические и гуманистические — аспекты этой проблемы. В специальных биомедицинских аспектах проблема смерти остро встает в современной реаниматологии, где успехи науки и техники приводят зачастую к тому, что жизнь индивида возвращается, но при этом не возрождается личность, если наступила «смерть мозга». Что это означает и как в связи с этим должны меняться гуманистические и этические представления и практические установки — вот в чем вопрос¹⁷.

«Жизнь — прекраснейшее изобретение природы, а смерть — искусственное средство, чтобы иметь много жизни», — говорил Гете. Современная наука открыла многое в понимании биологического смысла жизни и смерти, причем последняя анализируется не только в теоретико-эволюционном аспекте (здесь выдающееся значение имеют работы А. Вейсмана, И. И. Мечникова, И. И. Шмальгаузена, в частности его книга «Проблема смерти и бессмертия»), но и с учетом представлений современной молекулярной биологии. Наука внесла нечто новое и в познание социального смысла жизни и смерти, иначе исчезла бы их человеческая специфика, оставшись тайной. Вне этих полюсов — жизни и смерти — нельзя правильно понять и то, что связано с проблемой долголетия, увеличения продолжительности жизни человека до немислимых — по представлениям некоторых ученых — пределов, исключающих разумное чередование индивидуальных жизней в историческом бытии человечества.

Поэтому так важно сейчас обращение не только к философской мудрости прошлых веков (сейчас у нас стали особенно модными работы Н. Ф. Федорова), но и к фактам и выводам современной науки, осмысливаемым с позиций научной философии жизни и смерти человека. Видимо, следует больше уделять внимания тому широкому спектру проблем, который здесь возникает, но ведь это и предполагает комплексный подход к изучению человека, его развития и его будущего.

Научное познание человека существенно опирается на комплекс дисциплин и методов биологического и медицинского познания. Однако поскольку человек выступает для научного познания в единстве его биологических и социальных качеств, то есть не только как индивид, но и как личность — часть общественного организма, его исследование включает социологические, поведенческие и гуманитарные подходы и методы. Они переносятся во многих случаях и на проблему жизни в целом, так как она — как объект исследования — не может быть до конца выключена из специфически человеческих отношений и оценок. Особенностью современного состояния познания жизни и человека остается тем не менее то, что в нем пока что лишь внешним образом как бы сосуществуют, «соседствуют» эти качественно разнородные подходы и методы; более того, они являются во многих случаях, как сказал бы Н. Бор, «дополни-

¹⁷ Неговский В. А. — Вопросы философии, 1978, № 8, с. 64.

тельными», то есть взаимоисключающими в процессе конкретного исследования. И это действительно так, чем во многом объясняется тот уровень, на котором пока что находится познание жизни и человека. Отсутствует действительная комплексность, и, в частности, поэтому человек оказывается «расчлененным объектом» познания, о котором мы можем знать все, за исключением того, что составляет его целостность как биосоциального существа и личности, подчиняющейся многим интегральным закономерностям, «системным силам», возникающим во взаимодействии многих факторов биологического, психического и социального характера.

Отрицательную роль здесь играют не только биологизаторские подходы, но и попытки представить человека как «сгусток социума», разорвать взаимодействие между социальными и биологическими факторами его становления и развития, как это имеет место, в частности, в представлениях о «двух программах» — социальной и биологической у человека, о «двух типах наследования» — социального и биологического. Мне уже приходилось отмечать в печати ограниченность этих представлений, поэтому я не буду здесь останавливаться на них¹⁸. Подчеркну лишь, что диалектика социального и биологического в человеке заключается не только в том, что мы просто обнаруживаем определенное, раз и навсегда данное соотношение между ними, даже если и говорим о примате, доминировании социального по отношению к биологическому. Диалектика состоит в **опосредовании и преобразовании** биологического социальным, но в разрыве всякой связи между ними.

Наличие такой связи бесспорно, и оно исследуется в ряде направлений современной науки, в частности в психологических и этологических исследованиях, а также при анализе эволюционно-генетических предпосылок высших проявлений человеческих качеств.

Такие исследования были начаты еще Ч. Дарвином, с разным успехом они обсуждались в работах Г. Спенсера и Т. Гексли, а в нашей стране — в недостаточно оцененных, на мой взгляд, трудах П. А. Кропоткина. В последние годы этим занимался также Б. Л. Астауров, написавший блестящую работу, сопровождавшую публикацию

В. П. Эфроимсона «Родословная альтруизма»¹⁹. Эту работу Б. Л. Астаурова, наметившую развернутую программу исследований эволюционно-генетических предпосылок некоторых высших человеческих качеств, в частности альтруизма, ряд авторов неправомерно обвиняет в биологизаторстве. При этом они обходят направление исследований, которые с иных философских и мировоззренческих позиций принимают ныне на Западе в рамках так называемой социобиологии, хотя в них действительно имеет место биологизаторство.

Возникновение социобиологии датируется 1975 г. и связывается с выходом книги Э. Уилсона²⁰. За истекшие годы в рамках этого направления проделана определенная эволюция, и она зафиксирована в последней работе Э. Уилсона, написанной им совместно с Ч. Ламсденом «Гены, разум и культура. Процесс коэволюций»²¹. Эта книга, по утверждению авторов, как бы заполняет имевшийся в ней «пробел»: там делается попытка дать генетические объяснения появления человеческого разума и разнообразия культур. Причем авторы во многих случаях отделяют себя от «традиционной» социобиологии, они постоянно подчеркивают, что идут значительно дальше в своих обобщениях и выводах, убедившись в возможности существования некоей формы взаимодействия между генетической и культурной эволюциями. Авторы считают, что ключ к пониманию этой проблемы лежит в понимании процесса онтогенетического развития мыслительных способностей человека и его поведения. Это особенно касается проблемы понимания тех форм эпигенетических правил, которые можно рассматривать как своеобразные «молекулярные составляющие» человеческого мозга, формирующие его на пути развития между генами и культурой. Пытаясь создать теорию **генно-культурной коэволюции**, авторы стремились в своей книге проследить процессы индивидуального и умственного развития и развития культуры, разработать модель, показывающую их

¹⁹ Астауров Б. — Новый мир, 1971, № 10, с. 214.

²⁰ См.: Wilson E. O. Sociobiology: The New Synthesis. Cambridge (Mass.) 1975. Анализ этой работы содержится в моей книге: Перспективы человека. М., 1979.

²¹ Lamsden Ch. and Wilson E. O. Genes, Mind and Culture. The coevolutionary process. Harvard, 1981.

¹⁸ Фролов И. Т. — Вопросы философии, 1981, № 9, с. 32.

соотношение, а также соотношение развития культуры с генетической эволюцией.

Здесь не место обсуждать эту модель. К тому, что мне уже приходилось говорить об этом, добавлю только одно: отвергая методологию социобиологии, ее теорию «генно-культурной коэволюции» как биологизаторство, надо тщательно анализировать приводимые в ее рамках многочисленные факты. Вместе с тем — и это главное — необходимо широкое развертывание на базе марксистской методологии конкретных и позитивных исследований взаимосвязи социальных и эволюционно-генетических факторов в процессе становления, индивидуального и исторического развития человека. Разумеется, эти исследования должны опираться на научные представления о социальной сущности человека, о диалектике опосредования и пре-

образования природно-биологического социальным, о взаимодействии и взаимовлиянии социального и биологического в человеке. Участвовать в таких исследованиях должны представители разных наук, включая генетиков, нейрофизиологов, психологов, а также философов, социологов, лингвистов, культурологов и т. п.

Отбрасывая ложные идеи, мы не должны думать, что обладаем истиной в последней инстанции. В равной степени необходимы как поиск и утверждение истины, так и обсуждение ее человеческой ценности. Поэтому дискуссии, диалог, сопоставление разных мнений с позиций гуманизма как антифанатизма и антиавторитаризма — это и есть истинный этос истинной науки, который в максимальной степени должен быть присущ познанию жизни и человека.

НОВЫЕ КНИГИ

Биология

И. И. Шмальгаузен. ОРГАНИЗМ КАК ЦЕЛОЕ В ИНДИВИДУАЛЬНОМ И ИСТОРИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ. Избранные труды. М.: Наука, 1982, 383 с., ц. 2 р.

«Борьба с идеализмом и механицизмом в области самого существа организма, самого понятия об организме — вот что составляет основное содержание теории Шмальгаузена», — так писал о деятельности выдающегося советского биолога-теоретика и эволюциониста академика Ивана Ивановича Шмальгаузена (1884—1963) известный советский дарвинист А. А. Па-

рамонов 35 лет назад. В этой характеристике раскрыта причина нестарения многих работ Шмальгаузена. Более того, в наши дни к ним наблюдается повышенный интерес.

Резкая дифференциация исследований, углубление в детали и интимные стороны биологических процессов нередко приводят к забвению того, что все физико-химические процессы живого сохраняют свою «живую» специфику не только на популяционном, организменном уровне, но и на уровнях клеточном, субклеточном, молекулярном, субмолекулярном.

В противовес этой тенденции особенно ценен широкий подход в науке, которым и характерен И. И. Шмальгаузен,

обладавший всеми качествами выдающегося теоретика. Кстати сказать, он придавал большое значение популяризации науки, был членом редколлегии «Природы» и неоднократно печатался в нашем журнале (см., напр.: 1928, № 9; 1936, № 6; 1938, № 6; 1939, № 11; 1945, № 4; 1947, № 12).

Книга включает не переиздававшиеся после смерти автора и ставшие уже библиографической редкостью работы «Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии» (она дала название всей книге) и «Регуляция формообразования в индивидуальном развитии», а также ранее не публиковавшуюся статью «Стабилизирующий отбор и эволюция индивидуального развития».

Полевой транзистор и постоянная тонкой структуры

С. Г. Семенчикский,
кандидат физико-математических наук
Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологической службы Государственного комитета СССР по стандартам

В. С. Эдельман,
доктор физико-математических наук
Институт физических проблем АН СССР

Среди многочисленного семейства полупроводниковых приборов достойное место занимает полевой транзистор¹. У него много замечательных свойств, из которых особенно важным является то, что он может работать при низких температурах. Это позволяет проводить весьма тонкие эксперименты, поскольку при охлаждении уменьшаются тепловые шумы. При изучении свойств полевых транзисторов в условиях низких температур было обнаружено, что магнитное поле может создавать в них удивительное состояние, когда ток через транзистор течет почти без всякого сопротивления, а в поперечном по отношению к току направлении появляется эдс. Величина ее — точнее, отношение эдс к току через транзистор — с высокой точностью определяется постоян-

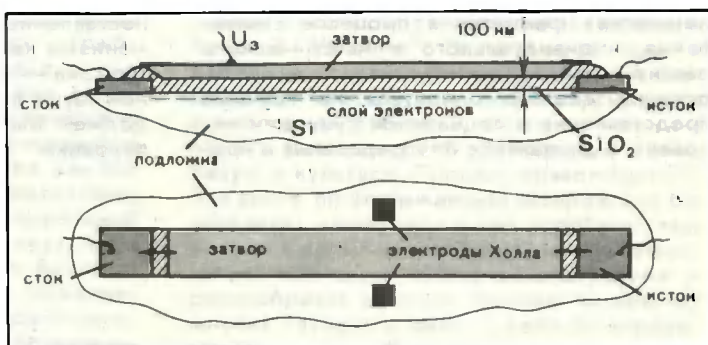


Схема устройства полевого транзистора (вверху) и расположение его электродов (внизу).

ной тонкой структуры — фундаментальной константой, играющей важную роль в квантовой электродинамике.

Об этих недавно обнаруженных свойствах полевого транзистора и пойдет речь.

В полупроводнике возникает металл. Полевой транзистор устроен так: на кристалл полупроводника, например кремния, нанесен слой диэлектрика (обычно это окись кремния — SiO₂), а поверх него — еще и слой металла — электрод, называемый затвором. Полупроводник снабжен контактами (их называют стоком и истоком), расположенными под затвором вблизи его краев. Если затвор зарядить, подав на него напряжение относительно кристалла, то из объема к поверхности полупроводника притянутся заряды и создадут там заряженный слой. Заряд, который соберется в этом слое, равен заряду за-

твор и имеет противоположный ему знак. Такой слой называют каналом, так как по нему эти лишние заряды могут свободно перемещаться от истока к стоку.

Хорошо известно, что при охлаждении полупроводников до абсолютного нуля их сопротивление становится бесконечным. Но проводимость канала сохраняется вплоть до самых низких температур, поскольку число свободных зарядов в нем (для определенности будем считать их электронами) от температуры не зависит, так как оно определяется только напряжением на затворе. Это означает, что слой электронов в канале находится в металлическом состоянии. Но металл этот необычен: его толщина равна всего нескольким десяткам ангстрем и двигаться в нем заряды могут только параллельно поверхности. Перейти из полупроводника в слой окиси они не могут, а отходить от поверхности в глубь полупроводника им не дает поле затвора. Именно с этим свойством — двумерностью металлического слоя — и связано спе-

¹ В полевом транзисторе сопротивление току изменяется под действием электрического поля, перпендикулярного току.

цифическое поведение полевого транзистора в магнитном поле.

Заряды в магнитном поле.

На частицы, движущиеся в магнитном поле, действует сила Лоренца $e\mathbf{v} \perp \mathbf{H}/c$ (e — заряд частицы, $\mathbf{H}$ — напряженность магнитного поля, $\mathbf{v} \perp$ — проекция скорости частицы на плоскость, перпендикулярную $\mathbf{H}$, c — скорость света). Это — центростремительная сила, и она заставляет частицу массы m вращаться с угловой частотой $\Omega = eH/mc$. Согласно квантовой теории, частицы, совершающие периодическое движение, могут обладать только дискретными значениями энергии — их движение квантуется. Соответственно у заряженных частиц в магнитном поле появляются квантовые уровни энергии, называемые уровнями Ландау. Энергия j -го уровня определяется выражением:

$$E_j = (j + 1/2)\hbar\Omega.$$

Электроны, движущиеся в канале полевого транзистора, при наложении магнитного поля «салятся» на уровни Ландау, причем на каждом уровне в расчете на 1 см^2 поверхности транзистора может разместиться количество зарядов n_j , равное $eH/\pi\hbar c$.

Смысл этой формулы можно понять, если попробовать представить себе, как выглядят орбиты электронов в плоскости канала. Радиусы орбит электронов с j -го уровня можно определить из формулы для уровней Ландау, если учесть, что центростремительная сила $m\Omega^2 r = mv^2/r$. Тогда, заменив выражение mv^2 его значением $2E_j = 2(j + 1/2)\hbar\omega$, найдем, что квадрат радиуса j -й орбиты $r_j^2 = 2(j + 1/2)\hbar c/eH$. Соотношение неопределенностей запрещает существование точных значений координаты, так что эти окружности размыты, а электроны пребывают где-то вблизи них. Чтобы не запутывать картину, рассмотрим только орбиты для электронов с $j=0$ и $j=1$. «Граница» между этими состояниями проходит примерно посередине между окружностями. Электрон с $j=0$ «заперт» на участке с площадью $\pi r^2 \approx 2\hbar c/eH$. На этот же пятачок можно поместить еще один заряд с $j=0$, но с противоположным направлением спина. Одна-

ко больше разместить нельзя — не позволяет принцип Паули. Их, правда, можно поместить рядом, разнеся центры орбит так, чтобы соседние пятачки не перекрывались. Поэтому всего на одном квадратном сантиметре поверхности можно разместить $2/S \approx eH/\pi\hbar c$ электронов в состоянии $j=0$. А ведь это значение и дает выписанная формула для n_j (при $j=0$), которая получается при точном квантовомеханическом расчете.

Сопоставим значение n_j с полной плотностью зарядов в канале n_0 . В полевого транзисторе она пропорциональна напряжению на затворе U_g и может быть порядка $10^{12} - 10^{13} \text{ см}^{-2}$. Если $n_0 > n_j$, то электронам не хватает места на нижнем уровне Ландау, где их энергия минимальна, и они начинают заполнять следующие уровни. Предположим, что при абсолютном нуле температур все уровни от нулевого до неко-

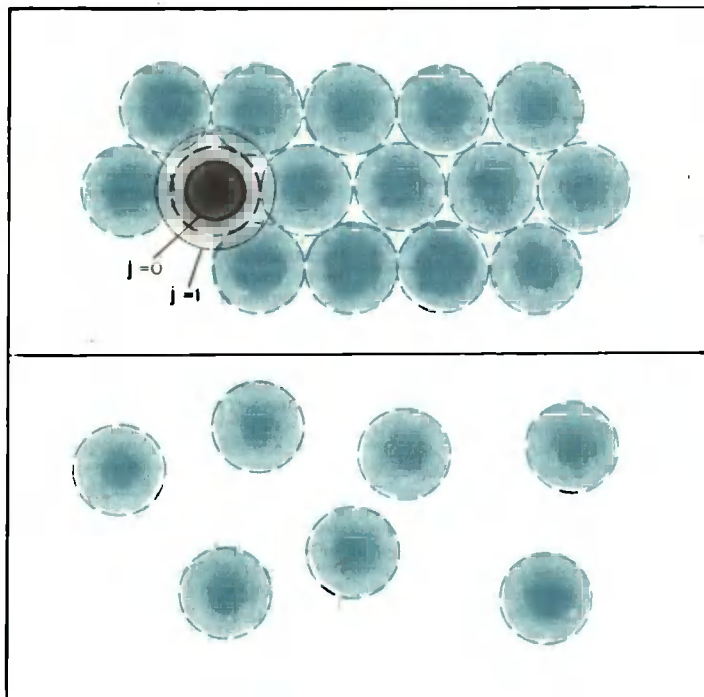


Схема заполнения электронами, находящимися в магнитном поле, плоскости канала транзистора. Окружности $j=0$ и $j=1$ — орбиты электронов основного уровня Ландау ($j=0$) и следующего за ним ($j=1$). Области, ограниченные пунктиром, изображают участки плоскости, приходящиеся на одно состояние электронов основного уровня: вверху — при максимальном заполнении плоскости электронами, внизу — при частичном ее заполнении.

торого ($j=1$)-го полностью укомплектованы, а вот j -й уровень заполнен лишь частично, причем доля занятых на этом уровне мест равна ξ ($0 < \xi < 1$). Тогда отношение n_0/n_j можно записать следующим образом:

$$\frac{n_0}{n_j} = \frac{n_j \pi \hbar c}{eH} = j + \xi.$$

В этом выражении слева стоит величина, изменяемая по воле экспериментатора: можно варьировать напряжение на затворе, тем самым изменяя n_0 , либо изменять H . Очевидно, при любых таких манипуляциях станут изменяться j и ξ . Величина j может меняться только

скачками на ± 1 , а ξ — непрерывно, оставаясь в пределах от 0 до 1.

Двумерный металл теряет сопротивление. Случай $\xi=0$ особый — при этом условии все уровни от основного до $(j-1)$ -го заполнены, а следующий, j -й, уровень совершенно пуст. А это уже напоминает диэлектрик, в которых электроны не могут изменять состояния, оставаясь в пределах своего уровня, поскольку уровни от $j=0$ до $j-1$ полностью заполнены. Остается единственная возможность — перейти на пустой уровень j , но для этого электрон должен сразу получить большую порцию энергии. Однако созданный магнитным полем «диэлектрик» необычен — в нем может течь электрический ток. Причина проста: в истинном диэлектрике поля, действующие на электроны, неоднородны в пространстве и положения электронов в разных точках кристаллической решетки неэквивалентны, что и не дает им возможности двигаться. А магнитное поле непрерывно и однородно, так что будут ли электронные пятки стоять на месте или перемещаться все вместе поперек поля — абсолютно безразлично. Но уж если ток идет, то практически ничто его не тормозит, так как заряды ни с чем не могут столкнуться. Это странное, на первый взгляд, явление обязано действию принципа Паули: ни один электрон не может изменить своего состояния независимо от других.

Иное дело, если $\xi \neq 0$. Тогда на уровне j часть мест занята, но есть и пустые места, на которые электроны, сталкиваясь с неоднородностями в образце, могут перескакивать. Но такие перескоки, когда их направление противоположно току, приводят к уменьшению средней скорости электронов, или, что то же самое, тока. Поэтому, если $\xi \neq 0$, у двумерного слоя появляется сопротивление и для поддержания тока в канале полевого транзистора надо прикладывать напряжение между истоком и стоком.

При изменении n_0/H величина ξ становится равной нулю много раз и много раз сопротивление в канале транзистора становится небольшим. До нуля

оно не падает хотя бы потому, что, если температура не равна абсолютному нулю, на уровне $j-1$ появляются пустые места, поскольку часть электронов падает на уровень j . Их плотность, как обычно, определяется формулой Больцмана: $n_j \approx n_0 \exp(-\hbar\Omega/kT)$. Поэтому сопротивление резко падает (иногда в несколько миллионов раз!) при $\hbar\Omega/kT \gg 1$.

Квантовый эффект Холла.

Оказывается, падение сопротивления в миллионы раз — еще не самое интересное явление, которое было обнаружено в полевого транзисторе, помещенном в магнитное поле. Представим себе еще раз поток электронов в канале транзистора и вспомним при этом, что на ток в магнитном поле действует сила. Чтобы ток от истока дошел до стока, эта сила должна быть чем-то уравновешена. Это «что-то» — электрическое поле E_x с вектором напряженности, перпендикулярным направлению тока. По имени ученого, обнаружившего его в обычных металлах, оно названо полем Холла. Возникает такое поле из-за того, что, прижимая поток электронов к одному из краев канала, магнитное поле создает там избыточный заряд. Так что поле Холла — это кулоновское поле лишенных электронов.

Вычислить E_x нетрудно. Давайте проследим за отдельным электроном, участвующим в создании тока I в канале шириной d . Действующая на электрон сила Лоренца равна $\hbar\Omega/dn_0$, так как его скорость $v=I/dn_0$. Эта сила должна быть равна E_x , откуда и получаем для напряженности поля Холла значение

$$E_x = \frac{I\hbar}{edn_0c}.$$

А теперь вспомним, чему равна величина n_0 при $\xi=0$: $n_0 = \hbar^2 \mu_0^2 / 4\pi e$. Тогда, имея в виду, что произведение E_x на d есть не что иное, как разность напряжений U_x по обе стороны канала, придем к замечательному результату:

$$\frac{U_x}{I} = \frac{\hbar}{je^2}.$$

Отношение $R_x = U_x/I$ называется сопротивлением Холла. Оно сто-

ит в формуле слева, а справа — набор мировых постоянных. Это означает следующее: в тот момент, когда сопротивление в канале транзистора при наложении магнитного поля падает до нуля (это происходит при $\xi=0$), холловское сопротивление R_x полевого транзистора определяется только целым числом j и значениями констант e и $\hbar$, т. е. совершенно не зависит от свойств вещества.

Чтобы измерить R_x к нашему прибору надо добавить еще пару контактов (их опять-таки называют холловскими), расположив их по обе стороны канала. В проведенных экспериментах выявилось удивительное обстоятельство: сопротивление Холла лишь приблизительно описывается выписанной формулой, согласно которой оно должно быть просто обратно пропорционально n_0 , а с ним и напряжению на затворе U_z . На зависимости $R_x(U_z)$ появляются «ступеньки», причем именно при тех значениях U_z , когда обычное сопротивление в канале падает до нуля. На этих ступеньках R_x с высокой точностью постоянно и равно значению h/e^2 .

Причина появления ступенек в том, что в мире нет ничего идеального. В нашем случае поводов для проявления этого обстоятельства много. Самые очевидные из них: поверхность кремния в атомном масштабе отнюдь не плоская и толщина диэлектрика не постоянна.

Что же происходит на самом деле? Электрическое поле затвора, действующее на электроны, можно сравнить с полем тяжести: так же как вода под действием гравитационного поля стекает в ямки, электроны собираются преимущественно там, где они оказываются ближе к затвору. Проследим, как заполняются уровни Ландау. Начнем с нулевого напряжения на затворе, чему соответствуют $n_0=0$. При его постепенном увеличении к поверхности полупроводника в область, расположенную под затвором, начинают притягиваться электроны. Вдоль канала возникает ток, а сопротивление Холла уменьшается примерно обратно пропорцио-

нально n_e . Но плотность электронов не постоянна. Там, где их потенциальная энергия в поле затвора меньше, плотность электронов выше, чем на других участках поверхности. И именно в этих местах она раньше всего станет равной n_H . Но если поле N достаточно сильное, то после этого плотность электронов там перестанет меняться, потому что свободных мест на нижнем уровне Ландау не останется, а чтобы попасть на следующий уровень, электроны должны допол-

говорим, шунтирует весь образец и ток течет только вдоль нее. А поскольку сопротивление Холла не зависит от ширины канала, то оно становится равным h/e^2 и будет таким до тех пор, пока всюду под затвором n_e не станет равным n_H . Только после этого начинает заполняться следующий уровень Ландау, и все повторяется с той лишь разницей, что сопротивление Холла на ступеньке будет теперь равно

ностью, лучшей, чем само a .

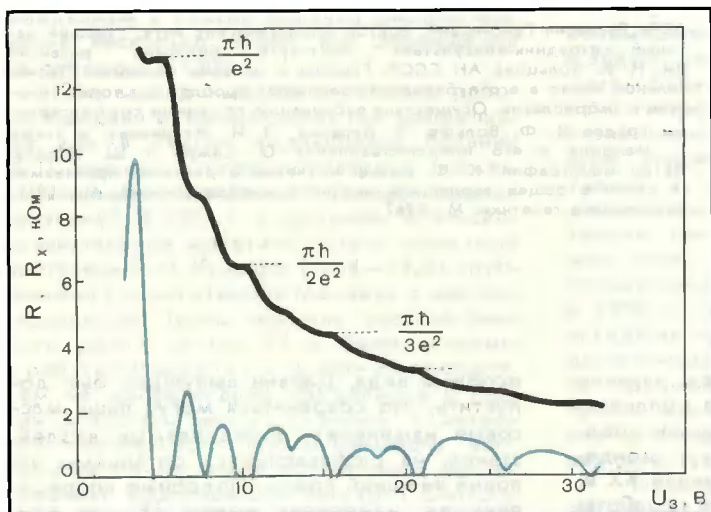
Прошло совсем немного времени, менее двух лет, и такой опыт был осуществлен. В нем действительно удалось с высокой точностью измерить³ значение a_H по отношению напряжения на ступеньке к току через двумерный проводник. Чтобы получить представление, о каких величинах идет речь, выпишем здесь полученное число, точнее, обратную ему величину $1/a_H$:

$$1/a_H = 137,035965 \pm 0,000012.$$

Надо сказать, что это не предел и последняя точка в таких экспериментах еще не поставлена. Сами авторы опытов надеются увеличить точность измерений в несколько раз.

Со значением a_H , полученным с помощью квантового эффекта Холла, сейчас может конкурировать лишь значение a_f , которое рассчитано на основании результатов, полученных для аномального магнитного электрона в установке «Геониум»⁴. Полученные a_H и a_f совпадают с точностью до удвоенной погрешности измерений.

Измерение постоянной тонкой структуры — не единственный пример, когда низкие температуры позволили вписать новое число в таблицу мировых постоянных. Еще раньше удалось получить самое точное в истории физики значение кванта магнитного потока h/e . Кроме того, уже упоминавшиеся эксперименты с геониумом, в которых получено самое точное на сегодняшний день значение магнитного момента электрона, также проводились в условиях, когда прибор охлаждался до температуры жидкого гелия. Эти примеры, впрочем, относятся к последнему десятилетию. Поэтому можно считать, что вторжение низких температур в область прецизионной метрологии лишь только начинается и мы не раз еще услышим о новых успехах на этом пути.



Зависимость сопротивлений полевого транзистора R (цветная кривая) и холловского сопротивления R_H от напряжения на затворе U_3 в магнитном поле с напряженностью $H = 189$ кЭ. При определенных значениях напряжения на затворе R падает до нуля, тогда же на кривой $R_H(U_3)$ наблюдаются ступеньки, на которых R_H с высокой степенью точности постоянно и определяется фундаментальными константами. (Измерения проводились К. Клитцингом и др.)

нительно приобрести большую энергию, равную h^2 .

При дальнейшем увеличении U_3 области с $n_e = n_H$ все более расширяются и сливаются друг с другом. Наконец, между стоком и истоком появляется непрерывная полоса, вдоль которой $n_e = n_H$. Вспомним, что там, где уровень Ландау полностью заполнен, а следующий — пуст, сопротивление току становится ничтожно малым. Поэтому полоса, о которой мы

$h/2e^2$. И так далее. Вот таким образом и появляются ступеньки на зависимости $R_H(U_3)$.

Измерение постоянной тонкой структуры. Физики всегда с большим интересом относятся к таким явлениям, которые характеризуются только мировыми постоянными. С одной стороны, это дает возможность с высокой точностью проверять существующие теории, а с другой — определять со все большей точностью сами постоянные. Поэтому, когда стала ясна природа ступенек в эффекте Холла, К. Клитцинг, Г. Дорда и М. Пеппер, обнаружившие их, предложили² в 1980 г. уточнить значение постоянной тонкой структуры $\alpha = e^2/hc$. От измеряемого в опыте сопротивления Холла a отличается лишь наличием в знаменателе скорости света c , значение которой известно с точ-

² Klitzing K. von, Dorda G., Pepper M. — Phys. Rev. Lett., 1980, v. 45, p. 494.

³ Tsui D. C., Gosard G. C., Field B. F., Cage M. E., Dziuba R. F. — Phys. Rev. Lett., 1982, v. 45, p. 3.

⁴ Об экспериментах по определению аномального магнитного момента в установке «Геониум» см.: Природа, 1982, № 8, с. 45.

Восприятие менделизма в России и его роль в развитии дарвинизма

А. Е. Гайсинович



Абба Евсеевич Гайсинович, доктор биологических наук, старший научный сотрудник-консультант Института биологии развития им. Н. К. Кольцова АН СССР. Генетик и историк биологии. Значительное место в его публикациях занимают проблемы истории генетики и эмбриологии. Осуществил публикацию со своими комментариями трудов К. Ф. Вольфа, Ч. Дарвина, И. И. Мечникова, а также Т. Менделя и его предшественников О. Сажрэ и Ш. Нодена. Автор монографии: К. Ф. Вольф и учение о развитии организмов (в связи с общей эволюцией научного мировоззрения). М., 1961; Зарождение генетики. М., 1967.

Всякое новое выдающееся научное открытие неизбежно вступает в коллизию с ранее существовавшими научными представлениями. Так произошло и с менделизмом, возникшим в самом начале XX в. в результате обнаружения в 1900 г. работы Г. Менделя (1865), в которой были открыты основные закономерности наследственности. Эти закономерности в корне отличались от господствовавших в то время представлений о «слитной» наследственности, гармонизировавших с взглядами ортодоксальных дарвинистов.

На рубеже XIX и XX вв. учение о факторах естественного отбора находилось в критическом состоянии. Ч. Дарвин оставил вопрос об относительной роли в естественном отборе «определенной» и «неопределенной» изменчивости окончательно нерешенным. Сначала он склонялся к признанию важнейшей роли массовых «определенных» изменений, возникающих под влиянием условий окружающей среды. В дальнейшем он все большее значение придавал случайным единичным и «неопределенным» изменениям. Однако под влиянием возражения, выдвинутого Ф. Дженкином (1867), о «поглощающем влиянии скрещивания», в результате которого подобные единичные изменения должны, якобы, исчезнуть вследствие свободного скрещивания с неизмененными

особями вида, Дарвин вынужден был допустить, что сохраниться могут лишь массовые изменения, определяемые воздействием на развивающиеся организмы условий внешней среды. Подобные «определенные», изменения имеют обычно единообразный «направленный» характер, и для их передачи потомству приходилось допускать возможность их наследования. Это неизбежно привело к возрождению в конце XIX в. различных течений неоламаркизма, либо эклектически сочетавшихся с дарвинизмом, либо противостоявших ему. В противовес этим течениям возник неодарвинизм, отрицавший возможность наследования приобретенных признаков. Однако сторонники этого направления вынуждены были допустить, что в эволюционном процессе основную роль играют мелкие непрерывные изменения, наследующиеся в соответствии с мнимыми законами, установленными биометрическим путем (законы «регрессии» и «наследования свойств предков» Ф. Гальтона, 1889, 1897). Неизбежным было столкновение ранних приверженцев менделизма и возникшей почти одновременно мутационной теории (У. Бэтсон, 1894; С. И. Коржинский, 1899; Г. де Фриз, 1901—1903), утверждавших, что единичные и дискретные ненаправленные наследственные изменения возникают слу-

чайню, с представителями «ортодоксального» дарвинизма (А. Уоллес, Э. Рей Ланкестер, Э. Поултон, К. Пирсон, У. Уэлдон и другие). Poleмика между сторонниками двух противоположных представлений о закономерностях наследственности протекала в начале XX в. преимущественно в Англии; развернулась она и в России.

Несмотря на то что русский ботаник И. Ф. Шмальгаузен еще при жизни Г. Менделя (1822—1884), в 1874 г., одним из первых в мире опубликовал изложение его классической работы, обнаружив при этом понимание ее научного значения¹, менделизм в России получил распространение несколько позже его зарождения за рубежом в 1900 г.

Первое прекрасное изложение работы Менделя и закономерностей менделизма дал в России выдающийся ботаник И. П. Бородин в своих популярных статьях, посвященных вопросам оплодотворения растений². В 1907 г. в сборнике «Сельскохозяйственное животноводство» известный зоотехник П. Н. Кулешов (1854—1926) опубликовал статью «Теория Менделя о наследственности». Таким образом, русские биологи уже в начале XX в. были знакомы с работой Менделя и отдавали ей должное. Тем не менее судьба менделизма в России оказалась весьма сложной, и истоки его изначального противоречивого восприятия нашли яркое отражение в высказываниях выдающегося русского биолога К. А. Тимирязева. Тимирязев был одним из первых и страстных поборников учения Дарвина в России и неизменным врагом любых антидарвинистских течений. Однако среди блестящих образцов его разящей критики антидарвинизма есть одна область, вызывавшая разноречивое отношение и толкование. Эта область — критика менделизма и связанных с ним представлений возникшей в начале XX в. новой науки — генетики. Критические высказывания Тимирязева, обусловленные стремлением отстоять дарвинизм от нападок и ревизии

со стороны представителей новой науки, имели длительные и серьезные последствия для развития генетики в нашей стране. Теперь мы можем подойти к анализу высказываний Тимирязева с объективных историко-научных позиций.

В 80—90-е гг. XIX в. в результате успехов, достигнутых в изучении явлений клеточного деления и оплодотворения, появился целый ряд умозрительных теорий наследственности. Тимирязев считал эти теории преждевременными и ненаучными. Еще в 1871 г. он резко отрицательно отнесся к гипотезе пангенезиса Ч. Дарвина (1868). В то время он считал, что изучение закономерностей наследственности не входит в задачи дарвинизма и должно стать предметом будущей науки — «экспериментальной морфологии»: «...господствующее стремление немецких ученых создать общую теорию наследственности едва ли удачно и едва ли даже соответствует действительной потребности науки. Общая теория наследственности представляется мне столь же мало нужной, как общая теория изменчивости» — писал Тимирязев в 1890 г.³ Совершенно естественно, что, исходя из таких позиций, Тимирязев считал достаточным при изложении учения Дарвина принимать явления наследственности просто как достоверно существующие и как необходимую предпосылку для действия естественного отбора.

Однако, когда в конце XIX — начале XX в. началась критика дарвинизма с позиций сторонников мутационизма и менделизма (1900 г. и позже), Тимирязев выступил на защиту ортодоксального дарвинизма в духе английских его сторонников. Впервые оценку менделизма Тимирязев высказал в 1909 г. в своей речи, посвященной полувековому юбилею учения Ч. Дарвина, где он называет менделизм «одним из выдающихся и плодотворных направлений исследования» наследственности, а также констатирует, что «самым важным результатом, вытекающим из опытов Менделя, является, конечно, тот факт, что признаки не сливаются, не складываются и не делятся, не стремятся стухаться, а сохраняются неизменными, распределяясь между различными потомками. Кошмар Дженкинса⁴, испортивший столько крови

¹ Шмальгаузен И. Ф. О растительных помесях. Наблюдения из Петербургской флоры. СПб., 1874. Изложение Шмальгаузеном работы Г. Менделя было впервые воспроизведено А. Е. Гайсиновичем в его статье «Грегори Мендель и его предшественники» (в кн.: Сажер О., Ноден Ш., Г. Мендель. Избранные работы о растительных гибридах. М., 1935, с. 127—128). См. также: Гайсинович А. Е. Зарождение генетики. М., 1967, с. 105—107.

² Бородин И. П. Очерки по вопросам оплодотворения в растительном царстве. СПб., 1903. Впервые опубликованы в журнале «Мир Божий» (1903, № 4, 11, 12).

³ Тимирязев К. А. Соч., т. V. М., 1938, с. 138.

⁴ Тимирязев допускал неточность в написании фамилии Ф. Дженкина (F. Jenkin, 1833—1885).



И. Ф. Шмальгаузен (1849—1894).

Дарвина, рассеивается без следа»⁵. Однако это не помешало, к сожалению, Тимирязеву присоединиться к мнению А. Уоллеса, что факты, открытые Менделем, не являются «чем-то совершенно новым», они были известны Дарвину, а главное, что «существуют и такие признаки, которые, по-видимому, сливаются или совмещаются»⁶. Таким образом, он уже тогда сомневался в универсальном значении открытых Менделем закономерностей.

В дальнейшем, высказываясь по вопросам менделизма, Тимирязев все больше и больше акцентировал внимание именно на частном, специальном характере закономерностей, открытых Менделем, и резко критиковал оптимистические и смелые утверждения ранних менделистов о теоретическом и практическом их значении. Пристально следя за полемикой между мендельядцами (от общепринятого англ. Mendelians) и ортодоксальными дарвинистами, протекавшей особенно остро в Великобритании, Тимирязев давал о ней информацию в своих статьях, публиковав-

шихся в журнале «Вестник Европы» и в газете «Русские ведомости». Так, в своих обзорах о ежегодных съездах Британской ассоциации распространения научных знаний (British Association for the Advancement of Science) начиная с 1911 г., Тимирязев неизменно резко критикует выступления У. Бэтсона и других мендельянцев. Излагая сущность открытия Менделя, Тимирязев настаивает, что оно заключается в описании «давно известного случая» доминирования у гороха и определении «числовых отношений между доминантными и рецессивными формами». Поэтому он оспаривает мнение Бэтсона о том, что «главное значение Менделя не в том, что он изучал случай скрещивания признаков взаимно исключающихся, а в том, что он открыл явления расщепления признаков». Так понимая закономерности, открытые Менделем, Тимирязев уверяет, что случаи «смешивающихся признаков» относятся к «более общему правилу, установленному Дарвином», а случаи «сливающихся признаков», т. е. промежуточные, описаны австрийским ботаником А. Кернером (1831—1897) и, наконец, случаи «окончательно сливающихся признаков» описаны французским ботаником А. Мильярде (1838—1902). Тимирязев дает таблицу 18 установленных им типов наследственности, куда он включает половое и бесполое размножение и партеногенез, а также бесплодие и плодовитость, передачу по наследству приобретенных признаков и, наконец, на последнее место он ставит менделизм⁷.

Таким образом, не вполне понимая сущность закономерностей наследственности, установленных Менделем, заключающуюся в доказательстве расхождения (расщепления) и независимого комбинирования наследственных факторов в потомстве (генотипические закономерности), Тимирязев фиксирует свое внимание на фенотипическом проявлении признаков в онтогенезе (доминантность, рецессивность, промежуточность проявления признаков). Только вследствие этой ошибки он находит возможным утверждать, что «менделевский процесс... никакого интереса с точки зрения эволюции, т. е. образования новых форм, не представляет». Как видно, Тимирязев забывает о своем собственном признании в 1909 г. выдающегося значения менделизма для дарвинизма, а именно: для сохранения в потомстве «новых форм».

⁵ Тимирязев К. А. Соч., т. VII, 1939, с. 25.

⁶ Там же, с. 235.

⁷ Там же, с. 473.

Исходя из этого ошибочного толкования закономерностей менделизма, Тимирязев считает речь Ф. Кибля, произнесенную на съезде Британской ассоциации 1912 г. свидетельством «отбоя мендельянцев», т. е. их отказа, якобы, от ранее принятых представлений. Упомянув о фактах превращения рецессивного признака белой окраски цветка у *Primula* в доминантный, приводимых Киблем, и невозможность объяснения этих фактов с точки зрения теории «присутствия — отсутствия»⁸, Тимирязев приходит к убеждению, что «мендельянцы зашли в тупик». Изложив далее сообщаемые Киблем данные об анализе химиками и физиологами различных признаков окраски цветков на основе изучения химии окислительных ферментов и пигментов у растений, Тимирязев резюмирует: «Таким образом, физиология распутала сложную задачу, перед которой мендельянцы стали в тупик...». Он считает поэтому, что «менделизм, не Менделя, а мендельянцев потерпел очевидное поражение»⁹.

В 1916 г. в последний раз Тимирязев выступает с отчетом о съезде Британской ассоциации 1914 г., происходившем в Мельбурне и Сиднее (Австралия). Председательствовавший на этом съезде У. Бэтсон в своем мельбурнском выступлении касался в основном вопросов о взаимоотношениях менделизма и эволюционной теории и выдвинул нелепую «теорию распаковки» генов (unpacking theory) в процессе эволюции, т. е. постепенной их утере путем перехода в рецессивное состояние. Эту теорию почти единодушно осудили генетики, в частности на съезде Американской ассоциации, состоявшемся в конце 1914 г. в Филадельфии. Естественно, что Тимирязев не мог не использовать эту полемику для дискредитации неизменно критикуемого им Бэтсона. Однако, наряду со справедливыми нападками на антиэволюционные взгляды Бэтсона, Тимирязев утверждал, что «главное содержание» речи Бэтсона заключается в «отречении от менделизма». Этот вывод базировался на том, что «бэтсоновское мендельянст-

во», которое заключалось якобы в признании исключительно альтернативного характера наследования признаков (доминантность или рецессивность), теперь Бэтсоном «упраздняется», и он теперь допускает в качестве более общего явления промежуточный характер проявления признаков. Такой тип проявления признаков в потомстве Тимирязев называет кернерьянством и упорно противопоставляет его менделизму. Нам нет необходимости разъяснять необоснованность утверждений Тимирязева, никак не хотевшего признать, что сущность закономерностей, открытых Менделем, заключается не в явлениях доминантности и рецессивности, а в расщеплении в потомстве дискретных и несливающихся наследственных факторов. А ведь в 1909 г. Тимирязев правильно уловил это центральное ядро менделевской теории и лишь в пылу полемики от этого понимания отступил.

Неизменно противопоставляя работу Менделя менделизму, Тимирязев был убежден, что это учение не дает подлинного объяснения явлениям наследственности. «Объяснить явления наследственности — значит дать объяснение, почему одни признаки сливаются (получаются средние) или смешиваются (явления мозаичности), а другие взаимно исключаются, как в опытах Менделя. Дать такое объяснение, вероятно, различное в каждом отдельном случае, может только деятельный физиологический опыт, а не простая статистическая регистрация наблюдений»¹¹. Как видим, и здесь Тимирязев снова смешивает закономерности проявления признаков в развитии и закономерности передачи наследственных факторов потомству. Поэтому он ждет решения вопроса сущности наследственности не от генетики, а от физиологии и химии.

Наиболее полно отношение Тимирязева к менделизму сформулировано в статье «Наследственность» (1916) в энциклопедическом словаре Гранат, где он пытается обосновать крайне незначительное место менделизма среди теорий, пытающихся вскрыть явления наследственности. На этот раз в его таблице классификации всех форм наследственности насчитывается уже 36 типов ее, среди которых менделизм снова занимает последнее место. Тимирязев последовательно рассматривает «простую» наследственность (при бесполом размножении) и

⁸ Ныне отвергнутая в генетике теория У. Бэтсона.

⁹ Тимирязев К. А. Соч., т. VII, с. 482, 483.

¹⁰ Мендель прекрасно знал о случаях промежуточного проявления признаков у гибридов и сам их наблюдал, о чем и упоминал в своей знаменитой работе (Мендель Г. Опыты над растительными гибридами. М., 1965, с. 15, 35, 135, 138).

¹¹ Тимирязев К. А. Соч., т. VI, 1939, с. 263.



И. П. Бородин (1847—1930).

«сложную» (при половом), куда он включает и партеногенез, и влияние скрещивания на материнский организм — ксению и телегонию (впрочем, последнюю он отрицает). Далее к явлениям наследственности причисляются типы плодовитости (пониженной и повышенной). Далее идут случаи наследования приобретенных признаков (ламаркизм), к которым Тимирязев относится с большой осторожностью, хотя в принципе и не отрицает их. Наконец, он переходит «к более частным случаям, относящимся к наследованию отдельных признаков». Для таких признаков Тимирязев устанавливает 4 типа наследования: «расчлененное» (по Нодену), «слитное» (по Кернеру) и «взаимно исключаемое» — «окончательно» (мильярдеизм) и «временное» (менделизм). Как видим, здесь снова менделизм ограничен явлениями доминантности и рецессивности.

Такое непонимание Тимирязевым сущности установленных Менделем закономерностей тем более удивительно, что он все же снова подтверждает, что «закон Нодена — Менделя, по которому потомство помеси при ее самооплодотворении дает начало не только средним формам, но воспроизводит чистые формы родителей,

имеет, очевидно, громадное значение для эволюции организмов, так как показывает, что скрещивание вновь появившихся форм не грозит им уничтожением...»¹².

Итак, Тимирязев не понял принципиального различия между генотипическими закономерностями, реально вскрытыми еще Менделем и первыми менделистами, и фенотипическими закономерностями, к раскрытию которых наука приступает лишь в наши дни.

Предсказание Тимирязева о значении химии в познании сущности наследственности хотя и осуществилось, но не в том понимании и не в той последовательности, как он ожидал. Современная молекулярная генетика в первую очередь раскрыла химическую природу наследственных факторов и лишь в меньшей степени и преимущественно на микроорганизмах начала раскрывать закономерности реализации наследственной информации в индивидуальном развитии.

Неправильное понимание Тимирязевым значения менделизма на заре его возникновения в известной мере объясняется тем, что в то время генетика была еще молода и не было единого понимания установленных ею закономерностей даже среди правоверных генетиков. Однако удивительно и прискорбно, что четверть века спустя это же непонимание повторилось на гораздо более высоком уровне развития генетики в СССР (1936—1964).

II

При жизни Тимирязева почти не было откликов на его выступления против менделизма.

Интересно, однако, отметить совершенно иное отношение к менделизму другого выдающегося русского биолога И. И. Мечникова, который в своем отчете о юбилейных торжествах в Кембридже по случаю 50-летия учения Дарвина критически отозвался о выступлении Э. Рей Ланкестера, высказавшегося в своей речи «против теории внезапных мутаций...», а также против результатов исследований о наследственности, проводящихся Бэтсоном на основании открытия Менделя, о котором так много говорят в течение последних лет». Приведя это мнение, Мечников иронически заключает: «Если слушать ортодоксов, то наука совершенно не прогрессировала со времени работ Дарвина»¹³.

¹² Там же, с. 189.

¹³ Мечников И. И. Акад. собр. соч. М., 1960, т. IV, с. 398—399. См. подробнее:

Впрочем они не могли не повлиять на преподавание биологии в высших учебных заведениях того времени. Так, Н. М. Кулагин (1860—1940), читавший лекции по зоологии в Петровском сельскохозяйственном институте (ныне Сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева) и в Народном университете имени А. Л. Шанявского, считал, по-видимому, возможным вообще не упоминать о закономерностях менделизма или подвергать сомнению их достоверность.

Более обстоятельно вопросы изменчивости и наследственности освещал профессор Московского университета М. А. Мензбир (1855—1936) в своем «Введении в изучение зоологии и сравнительной анатомии», выдержавшем 4 издания (1887—1923). Однако, несмотря на то что в 3-м издании (1906) была добавлена специальная глава, посвященная мутационной теории, в ней нет никакого упоминания о закономерностях менделизма.

Именно подобное игнорирование или недооценку новооткрытых закономерностей менделизма в России в первые 10—15 лет XX в. имел в виду Н. И. Вавилов, когда он вспоминал в 1935 г.: «...многие из нас помнят еще, как на лекциях 1909—1911 гг. наши уважаемые учителя, крупные исследователи, излагая основы наследственности, пытались ограничить приложение законов Менделя»¹⁴.

Такое умалчивание в вузах дореволюционной России о получившем широкое распространение за рубежом новом направлении в изучении явлений наследственности не могло найти оправдания ссылкой на плохое знакомство с ним¹⁵. Поэтому неудивительно, что резкий тон статей Тимирязева, направленных против сторонников менделизма, не мог не встретить неодобрения многих русских биологов. Среди них мы находим и его ученика

С. Г. Навашина¹⁶. Нам удалось разыскать письмо последнего к Тимирязеву от 1 февраля 1912 г., написанное под впечатлением статьи Тимирязева «Сезон научных съездов», опубликованной в 1911 г. В нем он писал: «Не скрою, что, дочитав статью до конца, я пожалел о другом лице, которому тоже досталось на этот раз, как я убежден, понапрасну. Я имею в виду Bateson'a. Конечно, ему досталось от Вас, собственно, не по его личным заслугам, а за то, что он проповедует «Менделизм». И это, я должен Вам признаться, как своему учителю, мне было очень больно прочесть писанное Вашей рукой. Я никак не могу представить себе, чтобы Вы, ставя выше всего «вес. и меру» в исследованиях биологических, могли отказать Менделю в его неоспоримой заслуге: ввести в изучение наследственности строгий, можно сказать, математический метод. Оригинальная статья Менделя написана совершенно под стать математическому трактату и, на мой взгляд, с изяществом, доступным только хорошему математику, которым и был Мендель. Вероятно, и на Менделя Вы нападаете не по его собственной вине, а за его неуместных пропагандистов, которых не мало. ...Не удивляйтесь, дорогой Климентий Аркадьевич, что я чуть только что не горячусь из-за теоретического вопроса, но объясниться с Вами по этому поводу была моя мысль с самого прочтения Вашей статьи и она меня до сих пор не оставляла. Я не имею привычки и повода публично высказываться о научных новостях, а Вы всегда участвовали в составлении приговора над научным явлением и руководили в этом отношении публично. Теперь — или я не понял Вас, или Вы не правы по отношению к Менделю; не к «Менделизму», что следует различать. Как же беспоощдно Вы должны относиться к вопросам, так близко связанным с «Менделизмом», каков вопрос об определении пола в зоологии, т. е. к статьям Wilson'a¹⁷. Вот и еще

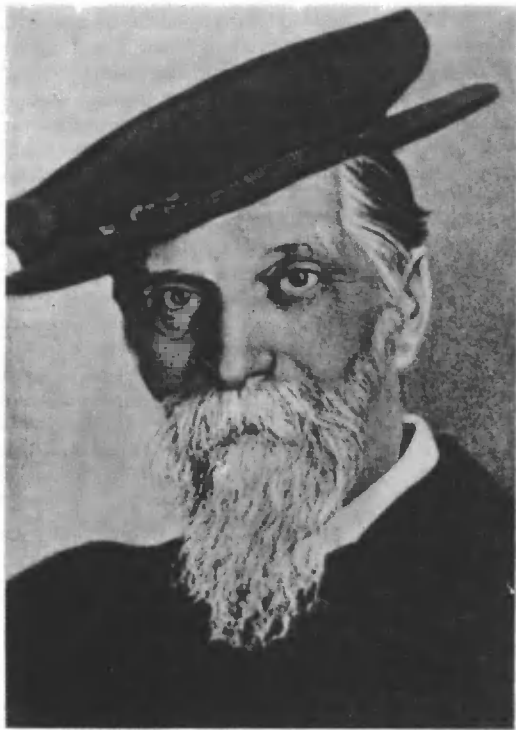
Гайсинович А. Е. Проблемы изменчивости и наследственности в русской биологии на рубеже XIX и XX веков. М., 1971, с. 89.

¹⁴ Вавилов Н. И. Менделизм и его значение в биологии и агрохимии. — В кн.: Мендель Грегор. Опыты над растительными гибридами. М., 1935, с. 8.

¹⁵ В двух учебниках того времени изложены законы Менделя: Шимкевич В. М. Биологические основы зоологии, 3-е изд., СПб., 1907; Книпович Н. М. Курс общей зоологии. СПб., 1909. В 1910 г. вышла статья Е. Н. Павловского, посвященная «правилам Менделя». В том же году был издан первый перевод классической статьи Менделя, осуществленной К. А. Фляксбергером.

¹⁶ С. Г. Навашин рассказывает в своей «Автобиографии» (1928) о том влиянии, которое оказали лекции К. А. Тимирязева и беседы с ним во время учения в Московском университете (Навашин С. Г. Избр. тр., т. 1, М., 1951, с. 15—16). По окончании университета Навашин работал ассистентом Тимирязева: сначала в университете (1881), а затем в Петровской земледельческой и лесной академии (ныне Сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева) вплоть до ее закрытия (1884—1888).

¹⁷ Американский биолог Э. Вильсон обнаружил в 1905 г. различие в числе хромосом у самок и самцов некоторых насекомых.



К. А. Тимирязев (1843—1920).

повод мне, как ботанику, затеять в письме спор: я уже два года сижу над исследованием ядра растительной клетки и теперь нашел там, наконец, все признаки тех явлений, которые зоологи относят к определению пола. Это несомненно реальные факты... и это еще раз извинит мое теперешнее письмо перед Вами: мне хочется вперед несколько объяснить свое участие в таком течении, которое Вы, может быть, считаете напрасным и ложным... Я теперь окончательно убежден в существовании материальных носителей наследственности... Чувствую, что тут что-то есть и что-то очень важное, настолько все это постоянно и одинаково в обоих «царствах»: растительном и животном¹⁸.

Что Навашин был не одинок в своем несогласии с резкой критикой Тимирязевым принципов менделизма, показывает прежде всего появление как раз в эти годы ряда переводных книг сторонников нового направления, энергично разрабатывавшегося за рубежом. Так, московское

издательство «Наука» выпускает в 1913 г. одну за другой три книги, посвященные менделизму — Р. Пеннета, Л. Донкастера и К. Корренса. В том же году другие издательства публикуют два капитальных руководства по генетике Э. Баура и Р. Гольдшмидта.

В 1914 г. появилась первая оригинальная русская сводка по менделизму, внушительный объем которой убедительно свидетельствовал, что со времени издания в 1903 г. брошюры Бородина новое научное направление бурно развивалось. Ее автор, профессор Московского сельскохозяйственного института Е. А. Богданов, не только обстоятельно охарактеризовал на конкретном ботаническом и зоологическом материале, в том числе и на сельскохозяйственных растениях и домашних животных, закономерности менделизма, но и тщательно разобрал все известные в то время случаи отклонения и нарушения этих закономерностей. Не умолчал Богданов и о критике менделизма со стороны Тимирязева и Кулагина.

Напомнив об ошибках, допущенных в оценке тех или иных научных теорий «даже гениями», Богданов пишет: «Русскому обществу с его чистой и безграничной верой в слово любимых борцов за любимые идеи (которые должны казаться верными) поучительно вспомнить, в каких неприличных и не терпящих возражений выражениях обрушивался в свое время на бактериологию и самого Пастера кумир молодежи Писарев. Как верили тогда, что такой, как Писарев, не напишет сплеча какого-нибудь вздора... Такое направление, основанное на доверии к авторитетам, даже унижительно для общества, и едва ли добра желают ему те, кто так или иначе толкают его на этот скользкий путь»¹⁹.

Излагая далее конкретные возражения, выдвинутые против менделизма и области его применения, Богданов констатирует, что «еще очень недавно отрицали даже фактическую сторону менделизма — законы расщепления, чистоты гамет, комбинации, а тем более учение об аллеломорфах, о притяжении и отталкивании зачатков. Это время стало, можно сказать, доисторическим... Более серьезная часть приводимых сейчас возражений касается того, к чему имею можно относить менделистические объяснения, т. е. к узкому ли или к широкому кругу явлений». Пере-

¹⁸ Навашин С. Г. Письмо к К. А. Тимирязеву от 1 февраля 1912 г. (Музей-квартира К. А. Тимирязева, ед. хр. А.624/116).

¹⁹ Богданов Е. А. Менделизм или теория скрещивания. М., 1914, с. 620.

числив основные типы вариаций, Богданов утверждает, что все они одинаково подчиняются менделевским закономерностям, и заключает: «Можно серьезно защищать тот взгляд, что теория мутаций и менделизм могут объяснить эволюцию органического мира, опираясь на большое количество неоспоримых данных».

Переходя к другим возражениям против менделизма, Богданов пишет: «Некоторым авторам кажется далее, что всякое объяснение и подтверждение менделистических положений физико-химическими методами или даже гистологическими данными является явным доказательством крушения менделизма...» В этой не очень удачной формулировке можно легко узнать возражение Тимирязева о том, что только методами физиологии и химии достигается истинное объяснение явлений наследственности. Богданов вполне резонно отводит это возражение, заявляя, что «всякое исследование, произведенное самостоятельно (т. е. другими методами.— А. Г.), но подтверждающее положения, и тем более предсказания менделистов, есть только новая победа, новое желанное приобретение, а не позор или поражение менделизма».

Публикация в 1913—1914 гг. многочисленных как переводных, так и оригинальных изложений менделизма и быстро развивавшейся на его основе молодой науки генетики недвусмысленно свидетельствовала о широком и положительном интересе русских биологов к этим новым направлениям изучения явлений наследственности.

Этот интерес подкреплялся положительными рецензиями на все эти книги, незамедлительно появившимися в русской периодической печати²⁰. В одной из этих рецензий, рецензии Н. К. Кольцова на книгу Богданова, было смело и откровенно высказано несогласие с критикой менделизма со стороны Тимирязева.

Сознавая всю ответственность своего выступления против мнения признанного и глубоко чтимого авторитета, каким заслуженно считался Тимирязев, Кольцов также не забывает напомнить о его заслугах в популяризации и защите дарвинизма в России.



С. Г. Навашин (1857—1930).

«Среди русских естествоиспытателей имя К. А. Тимирязева издавна пользуется самым глубоким уважением. Не одно поколение училось биологии по его книгам, и многочисленные ученики его и почитатели видят в нем прежде всего одного из первых русских дарвинистов, который более всех других в России сделал для пропаганды эволюционной идеи». «Естественно, что беспощадная критика менделизма со стороны пользующегося таким высоким авторитетом ученого поставила новое учение под подозрение в широких кругах русского общества: для многих менделизм вместе с мутационной теорией де Фриза является прежде всего «антидарвинистическим» учением. Пишущему эти строки неоднократно приходилось выступать и в печати, и в публичных лекциях против последнего утверждения»²¹.

Подчеркивая далее свое безоговорочное признание учения Дарвина и называя теорию естественного отбора «великим законом», Кольцов там же писал:

²⁰ См. рецензии в журнале «Природа» на книги Р. Пеннета (1913, март, с. 389), Донкастера (1913, март, с. 391), Корренса (1913, июль—август, с. 984), Уотсона (1913, ноябрь, с. 1385), Гольдшмидта (1914, июль—август, с. 987) и Баура (1914, ноябрь, с. 1389).

²¹ Кольцов Н. К. — Природа, 1914, ноябрь, с. 1391.



Е. А. Богданов [1872—1931].

«В сравнении с этим великим законом учение Менделя и де Фриза занимает второстепенное место. Современный менделист и приверженец мутационной теории не пытаются давать нового ответа на коренной вопрос, почему организмы построены целесообразно, и по отношению к этому вопросу в громадном большинстве случаев признают себя сторонниками объяснения Дарвина: они предлагают лишь новые решения вопросов о наследственности и изменчивости, которые сам Дарвин оставил неразрешенными. И от того или иного разрешения этих частных вопросов не должно поколебаться мирозерцание, в основу которого положен великий закон Дарвина».

Хотя нам теперь представляется, что отнесение Кольцовым закономерностей наследственности к числу «второстепенных» вряд ли удачно, однако его открытое выступление против критики Тимирязева было своевременным и правильным. Уже в ближайшие годы Кольцов приступил к организации первого биологического научного института в России, в котором начнут разрабатываться основные направления экспериментальной биологии, и в том числе генетика.

III

В 1922 г. вышла в отдельном издании книга Тимирязева «Исторический метод в биологии», в которую вошла в виде отдельной главы статья «Наследственность» из «Энциклопедического словаря Гранат», содержащая уже известную нам критику менделизма.

Однако уже в том же 1922 г. М. М. Завадовский, представитель молодого послеволюционного поколения ученых, заявляет, что «книги К. Тимирязева... совсем не отражают или отражают в недостаточной степени огромный сдвиг, который намечился и отчасти осуществился в биологии по отношению к методам исследования эволюционных проблем»²²; в 1925 г. другой автор пишет: «нельзя вполне согласиться, оставаясь объективным, с субъективной оценкой менделизма... Всякие приговоры Тимирязева по адресу менделизма можно понять как реакцию против преувеличений, переоценки нового генетического направления со стороны некоторых узких его сторонников»²³.

На фоне подобных высказываний диссонансом прозвучали высказывания ветерана старшего поколения М. А. Мензбира, решившего, наконец, включить в 4-е издание своего «Введения в изучение зоологии и сравнительной анатомии» две страницы, посвященные законам Менделя...» Еще категоричнее, чем Тимирязев, Мензбир также ограничивает применимость закономерностей менделизма к эволюционным процессам: «Этот закон расщепления признаков, известный под названием закона Менделя, правилен также на животных и объясняет часть явлений в ряде так называемых индивидуальных отклонений или личных особенностей. Но совершенно ясно, он не может ничего дать в деле объяснения происхождения новых видов»²⁴.

Однако он при этом оговаривает, что, «наряду с теорией де Фриза и подобно ей, в целях опровержения учения Дарвина была выдвинута теория Менделя...»

²² Завадовский М. М. Рецензия на книгу Ю. А. Филипченко «Изменчивость и эволюция». — Печать и революция, 1922, № 7, с. 265.

²³ Дучинский Ф. К. А. Тимирязев как дарвинист. — Под знаменем марксизма, 1925, № 7, с. 93.

²⁴ Мензбир М. А. Введение в изучение зоологии и сравнительной анатомии. М., 1923, с. 455—456.

Насколько ошибался Мензбир в подобных категорических оценках, стало выясняться уже через два года. В мае 1925 г. на 2-м Всероссийском съезде зоологов, анатомов и гистологов, состоявшемся в Москве, с докладом, имевшем, казалось бы, узко специальный интерес, выступил С. С. Четвериков (1880—1959), в котором он дал первое обоснование своей концепции о виде как о «свободно скрещиваемом сообществе», благодаря чему в нем накапливаются, находясь в скрытом гетерозиготном состоянии, многочисленные непрерывно происходящие рецессивные мутации. В результате этого «вид генотипически расшатывается, оставаясь фенотипически однородным». Эти положения целиком покоились на менделевских закономерностях и вытекавших из них законов свободно скрещивающихся популяций — равновесия при свободном скрещивании (Г. Харди, 1908) и стабилизирующего скрещивания (К. Пирсон, 1904).

Доклад этот, сохранившийся, к сожалению, лишь в виде кратких тезисов²⁵, послужил программой для постановки экспериментов над природными популяциями видов *Drosophila*, обитающими под Москвой, поставленных коллективом сотрудников генетической лаборатории Института экспериментальной биологии (Б. Л. Астауров, Е. И. Балкашина, Н. К. Беляев, С. М. Гершензон, Д. Д. Ромашов). По этому же плану проводили эксперименты Н. В. и Е. А. Тимофеевы-Ресовские, находившиеся в командировке в Берлине. В следующем 1926 г. С. С. Четвериков опубликовал полный текст своей статьи, посвященной исчерпывающему обоснованию его концепции о роли мутационного процесса, изоляции и отбора в процессах эволюции видовых популяций в природных условиях²⁶.

У Четверикова уже не вызывает никаких сомнений всеобщность осуществления закономерностей менделизма вопреки тому, что еще 10—15 лет назад громадному большинству биологов казалось, что менделевские законы наследственности, лежащие в основе современной генетики,

являются лишь частной формой, особым специальным случаем передачи наследственных свойств»²⁷.

В своей работе Четвериков дает единую концепцию эволюционного процесса, идущего на основе закономерностей менделизма, мутагенеза и отбора. Так возник синтез генетики и дарвинизма.

В том же 1926 г. сотрудники Четверикова продолжили эксперименты на природных популяциях *Drosophila melanogaster*, привезенных С. М. Гершензоном и П. Ф. Рокицким с Кавказа. Генетический анализ потомства от 290 оплодотворенных самок полностью подтвердил исходные теоретические предположения — было обнаружено свыше 30 мутаций, скрытых в их генотипе. Так было окончательно подтверждено предположение Четверикова о том, что «вид, как губка, впитывает в себя гетерозисные геновариации, сам оставаясь при этом все время фенотипически однородным». Это было новым и блестящим доказательством менделевских закономерностей и их роли в эволюционных процессах.

В сентябре 1927 г. Четвериков сообщил результаты этих экспериментов на V Международном генетическом конгрессе в Берлине, а в декабре того же года — на 3-м Всесоюзном съезде зоологов, анатомов и гистологов в Ленинграде²⁸.

За рубежом на работы Четверикова и его сотрудников не обратили достаточно внимания, несмотря на его доклад в Берлине и публикации Н. В. Тимофеева-Ресовского (1927 и позже). На Западе независимо развивались чисто теоретические направления эволюционной, популяционной генетики (Дж. Б. С. Холдейн, 1924—1932; Р. А. Фишер, 1930; С. Райт, 1931). Это привело к окончательному синтезу генетики и дарвинизма. Антагонизм между ортодоксальным дарвинизмом, мутационизмом и менделизмом был изжит.

Впрочем в СССР старшее поколение биологов не сразу восприняло революционизирующее значение работ Четверикова и его сотрудников. Так, в 1928 г. Мензбир продолжал говорить о незначительной

²⁵ Четвериков С. С. Теоретическая предпосылка генетического анализа видов рода *Drosophila*.— Труды 2-го съезда зоологов, анатомов и гистологов СССР 4—10 мая 1925 г. в Москве. М., 1927, с. 163—164.

²⁶ Четвериков С. С. О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики.— Ж. общ. биол., 1926, сер. А, т. 2, вып. 1, с. 3.

²⁷ Там же, с. 21.

²⁸ Tschetwerikoff S. S. Über die genetische Beschaffenheit wilder Populationen.— Verhandl. V Intern. Kongr. Vererbungswissenschaft, Berlin. Leipzig, 1928, B. II, S. 1499—1500; Четвериков С. С. Экспериментальное решение одной эволюционной проблемы.— Труды 3-го Всесоюзного съезда зоологов, анатомов и гистологов в Ленинграде. Л., 1928, с. 52—54.

роли менделевских закономерностей для понимания эволюционных процессов. Он в основном повторяет свои высказывания 1923 г., лишь детализируя их: «Таким образом, к какому бы вопросу, связанному с эволюцией животных, мы ни обратились, мы не получим от учения Менделя, взятого само по себе, и от него вместе с учением де Фриза никакого ответа, имеющего преимущество перед теорией подбора»²⁹. Однако теперь Мензбир более широко оценивает значение менделизма в объяснении явлений наследственности и даже эволюции. Он пишет: «За ним (менделизмом — А. Г.) надо оставить одну весьма немаловажную заслугу — объяснение механизма наследования тех или других особенностей. Поскольку наследование необходимо для понимания хода эволюции, постольку в объяснении эволюции сохраняется место и за открытием Менделя». Некоторая противоречивость этих двух высказываний Мензбира очевидна.

Возражая физиологам, претендовавшим на их прерогативу в изучении явлений наследственности, Мензбир недвусмысленно заявил тогда же: «Попытка представить ген как нечто несуществующее морфологически, в качестве какого-то отвлеченного свойства, не соответствует нашему представлению о свойствах и значении материи».

В то же время парадоксальным является факт признания Мензбиром локализации наследственных факторов в ядре половых клеток, как он неустанно повторял в ряде своих высказываний по вопросам наследственности начиная с 80-х годов XIX в., находясь под впечатлением блестящих открытий того времени в области процессов оплодотворения и клеточного деления. И теперь в 1929 г. он заявляет: «... совершенно естественно, что центр тяжести в объяснении явлений наследственности был перенесен на ядро, а знание структурных особенностей ядра заставило ограничиться только его хромосомами»³⁰.

Столкновение между дарвинизмом, менделизмом и мутационизмом, произошедшее в начале XX в., характерно для развития всего научного познания.

В основе этого столкновения лежало принципиальное различие в понимании закономерностей наследственной изменчивости и ее роли как фактора естественного отбора. На смену ошибочного представления о слитном характере явлений наследственности и вытекавшего из этого представления утверждения, что естественный отбор может использовать лишь непрерывные, мелкие и массовые наследственные изменения, пришло учение о корпускулярном, дискретном характере наследственных факторов, изменение которых носит прерывистый, единичный и случайный характер.

Различия между старой и новой концепциями наследственной изменчивости на первых порах казались абсолютными и непримиримыми. Естественным поэтому было полное отрицание сторонниками старой концепции новых представлений и, наоборот, признание последними ошибочности старых представлений.

Антагонизм этих двух концепций был взаимным, вряд ли поэтому целесообразно односторонне характеризовать его как «генетический антидарвинизм», что получило распространение в нашей историко-биологической и даже учебной литературе. Как видно из вышеизложенных в статье фактов, с неменьшим основанием можно утверждать, что это был также «дарвинистический антименделизм». А так как новое понимание явлений наследственной изменчивости восторжествовало, то его следует считать более прогрессивным, чем старое, ошибочное. Наиболее плодотворным для раскрытия движущих факторов развития биологии является объективное разъяснение истинного и сложного пути развития наших знаний во всей противоречивости, не укладывающейся подчас в простую и однозначную формулу.

Как показало дальнейшее развитие биологии, дарвинизм не только не был опровергнут данными генетики, а получил в них новое, более верное обоснование некоторых своих положений. На смену антагонизма между дарвинизмом и генетикой пришла «синтетическая теория эволюции», объединившая истинное ядро старого учения — теорию естественного отбора с новыми экспериментально доказанными представлениями.

Таков истинный смысл всякой научной революции, и в том числе произошедшей в биологии в начале нашего века и завершившейся в 30—40-х годах.

²⁹ Мензбир М. А. Менделизм и его отношение к дарвинизму. — В кн.: Дарвин Ч. Полн. собр. соч., т. III, кн. 1. М., 1928, с. 11.

Мензбир М. А. Теории наследственности. — В кн.: Дарвин Ч. Полн. собр. соч., т. IV, кн. II. М., 1929, с. 54—55.

Тяжелые заряженные частицы в лучевой терапии

Л. Л. Гольдин, А. И. Рудерман, И. В. Чувило

Среди методов, применяемых для борьбы со злокачественными новообразованиями, одно из основных мест занимает лучевая терапия — облучение больных фотонами (главным образом мегавольтного диапазона), электронами, а в последнее время и более тяжелыми частицами. Около 70% онкологических больных проходят курс лучевой терапии, применяемый либо в качестве самостоятельного вида лечения, либо в сочетании с хирургией, химиотерапией и т. д. Лучевая терапия успешно применяется также для лечения эндокринных расстройств и при ряде других болезней.

До недавнего времени рентгеновское излучение, γ -лучи и быстрые электроны были единственным оружием терапевтов. В последнее время, однако, было показано, что тяжелые заряженные частицы (протоны, более тяжелые ядра и π -мезоны) обладают рядом важных преимуществ.

В настоящее время около 30% неудач лучевого лечения онкологических больных происходит из-за возобновления роста опухоли на старом месте. Перспектива применения тяжелых заряженных частиц в онкологии лежит, прежде всего, в уменьшении доли этих случаев.

Скажем несколько слов о непосредственной цели лучевой терапии. Она заключается в том, чтобы либо вызвать немедленную гибель опухолевых клеток, либо лишить их способности размножаться. В последнем случае облученные клетки продолжают нормально функционировать до того момента, пока приходит время их деления, после чего они погибают. В идеале задача лучевой терапии заключается в том, чтобы поразить излучением все опухолевые клетки и оставить в живых все здоровые. Сделать это, однако, невозможно. Гибель клеток, пораженных излучением, — в том случае, если число их слишком велико, — влечет за собой серьезные

осложнения, а запоздалая гибель здоровых клеток (при делении) вызывает поздние лучевые повреждения, которые могут проявляться через многие месяцы после облучения и тяжело переносятся больными. В ряде случаев тяжелые заряженные частицы позволяют существенно уменьшить объем поражаемых излучением здоровых клеток. При этом терапевты могут действовать более решительно, эффективность лечения повышается, а осложнений становится меньше.

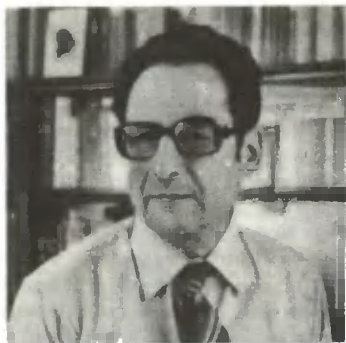
РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Дозы¹, необходимые для поражения клеток, не всегда одинаковы. Клетки разных органов и тканей организма обладают разной чувствительностью к облучению. Кроме того, радиочувствительность клеток существенно зависит от фазы клеточного цикла, а также, в сильной степени, от содержания кислорода в них. Радиочувствительность бедных кислородом (аноксических) клеток при облучении γ -лучами оказывается в 3 раза слабее, чем клеток с нормальным содержанием кислорода.

Содержание кислорода в клетках падает с их удалением от ближайших кровеносных сосудов. Раковые опухоли строят собственную кровеносную систему, но ее развитие нередко отстает от роста самой опухоли. Часть опухолевых клеток при этом оказывается в состоянии аноксии и поэтому обладает устойчивостью к излучению.

Отношение дозы, необходимой для поражения аноксических клеток, к дозе, которая нужна для поражения клеток, нормально снабжаемых кислородом, называется **кислородным отношением**. Для раз-

¹ Дозой называется количество энергии, выделяемое излучением в единице массы вещества. Если энергию измерять в джоулях, а массу в килограммах, то доза выражается в греях (сокращенно Гр).



Лев Лазаревич Гольдин, доктор физико-математических наук, профессор, начальник отдела Института экспериментальной и теоретической физики. Занимается проблемами ускорителей, их применением в лучевой терапии и физикой элементарных частиц.



Аркадий Иосифович Рудерман, доктор медицинских наук, профессор, консультант Всесоюзного онкологического научного центра. Специалист в области лучевой терапии, в том числе корпускулярной.



Иван Васильевич Чувило, доктор физико-математических наук, профессор, директор Института теоретической и экспериментальной физики. Основные научные интересы — физика элементарных частиц, физика ускорителей, применение быстрых заряженных частиц в медицине. Лауреат Государственной премии СССР.

ных типов излучений оно различно. Главную роль в этом играет плотность энергии, выделяемой ионизирующими частицами при прохождении сквозь ткани. Рентгеновские и γ -лучи, электроны, протоны и α -частицы принадлежат к так называемым редкоионизирующим излучениям, для которых кислородное отношение, как уже говорилось, примерно равно 3.

Нейтроны (вернее, сопровождающие их медленные протоны отдачи), π -мезоны (точнее говоря, частицы, образующиеся в результате вызванного ими ядерного «взрыва») и тяжелые ядра являются плотноионизирующими частицами. Кислородное отношение для таких частиц оказывается меньшим.

Повышенное содержание аноксиче-

ских клеток является главной — или одной из главных — причин, обуславливающих устойчивость некоторых опухолей к облучению. Радиорезистентность опухолей для плотноионизирующих частиц выражена значительно слабее, чем для редкоионизирующих. В этом состоит одна из причин повышенного интереса, который проявляют терапевты к тяжелым частицам.

При облучении плотно- и редкоионизирующими частицами число выживших клеток по-разному зависит от дозы. Для первых оно подчиняется простому экспоненциальному закону $N = N_0 \exp(-D/D_0)$. В этой формуле N_0 — исходное число клеток, N — число клеток, оставшихся после облучения интактными (т. е. вполне здоровыми), D — доза облучения, D_0 —

константа, величина которой зависит от вида излучения и от свойств облучаемых клеток (от рода ткани, содержания кислорода в ней и т. д.).

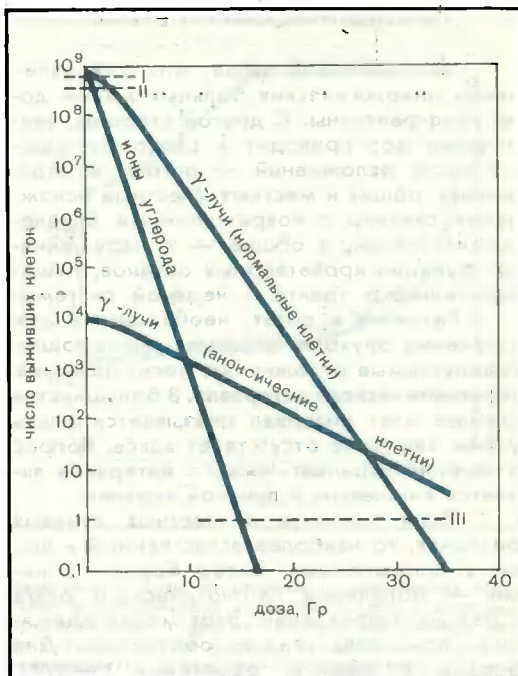
Для редкоизионизирующих типов излучения зависимость более сложная. При больших дозах (>5 Гр) она и в этом случае является экспоненциальной, однако при меньших дозах кривая существенно более пологая, т. е. число интактных клеток оказывается неожиданно большим. Это происходит потому, что при одиночных поражениях велика вероятность репарации повреждений («самоизлечения») клеток. При больших дозах (и в случае облучения плотноизионизирующими частицами) клетка испытывает сразу несколько «ударов» и необратимо повреждается.

Репарация здоровых и опухолевых клеток происходит с разной вероятностью: здоровые клетки восстанавливаются лучше. Это различие с успехом используется терапевтами.

Входящая в приведенную формулу величина D_0 для здоровых клеток в среднем составляет около 1,5 Гр. Для дозы, превышающей 35 Гр, экспонента падает до величины 10^{-10} , так что при «обычных» размерах опухоли (число клеток порядка 10^9) ожидаемое число неповрежденных клеток оказывается существенно меньшим единицы. При такой дозе велика вероятность местного успеха, т. е. надежного подавления облучаемого очага. Конечно, это не гарантирует безусловного излечения больного, поскольку у него могут быть и другие очаги болезни. Вместе с тем местный успех является необходимым условием излечения.

Из приведенных рассуждений видно, что не всякие дозы пригодны для успешного лечения. Так, при принятых нами цифрах доза 30 Гр заведомо недостаточна, так как ожидаемое число оставшихся в живых раковых клеток при этом превосходит 2 — они положат начало новому росту опухоли. Мы видим, таким образом, что экспоненциальный характер формулы приводит к резкому переходу от недостаточных доз к избыточным. Последствия этого мы обсудим в следующем разделе. Отметим пока, что D_0 несколько варьирует от пациента к пациенту и от одной опухоли к другой, в результате чего имеющийся у врача клинический опыт приобретает решающую роль при выборе доз.

Для аноксических клеток (при редкоизионизирующем облучении) величина D_0 оказывается, как уже должно быть ясно, в три раза больше, т. е. около 4,5 Гр.



Число выживших после облучения клеток. Исходное число раковых клеток, нормально снабжаемых кислородом, принято равным 10^9 . Для числа аноксических клеток принято значение 10^4 . Аноксические клетки хуже подавляются излучением, чем нормальные, в результате чего их количество, по мере облучения, становится все более существенным и, в конце концов, может определять успех лечения, который достигается в том случае, если ожидаемое число оставшихся в живых клеток существенно меньше единицы.

Поражение клеток при облучении ионами углерода, как и всякими другими плотноизионизирующими частицами, носит чисто экспоненциальный характер. При облучении γ -лучами (и другими редкоизионизирующими частицами) кривая гибели клеток вначале имеет «плечо», связанное с возможностью их репарации. При больших дозах репарация отсутствует.

Вследствие разного характера кривых, относительная биологическая эффективность частиц (соотношение доз, необходимых для получения одинакового эффекта) на начальном участке зависит от дозы. Это иллюстрируется пунктирными линиями I, II и III.

При уже обсуждавшейся дозе 35 Гр фактор $\exp(D/D_0)$ составляет всего около 2,5 тыс. Это означает, что даже при 10 тыс. начальных аноксических клеток (на 10^5 нормальных клеток 1 аноксическая) успех или неудача лечения зависят именно от числа последних. Уменьшение кислородного отношения, т. е. различия D_0 для нормальных и аноксических клеток, представляет поэтому одну из важнейших проблем лучевой терапии.

ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ ИНТЕРВАЛ

Мы выяснили выше, что для лечения онкологических больных малые дозы неэффективны. С другой стороны, увеличение доз приводит к резко растущему числу осложнений — острых и отдаленных, общих и местных. Местные осложнения связаны с повреждениями близлежащих тканей, а общие — с нарушениями функции кроветворных органов, пищеварительного тракта и нервной системы.

Различие в дозах, необходимых для излечения опухоли, и дозах, вызывающих недопустимые осложнения, носит название **терапевтического интервала**. В большинстве случаев этот интервал оказывается очень узким или даже отсутствует вовсе. Вопрос о ширине терапевтического интервала является ключевым в лучевой терапии.

Если говорить о местных лучевых реакциях, то наиболее естественный и широко применяемый метод борьбы с ними — облучение патологического очага с разных направлений. Этот метод применим при всех видах облучения. Для борьбы с общими реакциями следует, прежде всего, ограничить объем облучаемых тканей. Как мы скоро увидим, тяжелые заряженные частицы представляют в этом смысле особенный интерес.

ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ДОЗЫ

Две причины приводят к тому, что необходимая доза излучения обычно подводится к опухоли в несколько приемов, а не сразу. Одна из них заключается в том, что массовая гибель большого числа пораженных клеток недопустима из-за интоксикации организма продуктами их распада. Вторая причина связана с тем, что, как уже отмечалось, здоровые клетки обнаруживают большую способность к репарации, чем опухолевые.

Обе эти причины заставляют разделять курс лечения на несколько сеансов (фракционирование), что позволяет расширить — или даже просто создать — терапевтический интервал, обеспечивающий успех лечения. При фракционировании курс лечения разбивается на 20—30 сеансов, которые проводятся несколько раз в неделю. Однократные дозы почти всегда лежат в области пологого участка кривой выживаемости, где репарация клеток особенно ясно выражена, а общую дозу — чтобы компенсировать репарацию клеток опухоли — приходится несколько увеличивать.

При облучении плотнoионизирующими

ми частицами кривая выживаемости не имеет пологого участка, так что преимущества, связанные с фракционированием, частично утрачиваются.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

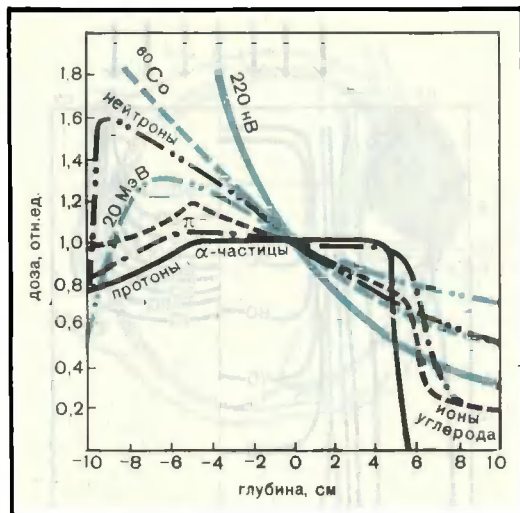
Теперь мы подготовлены к тому, чтобы обсудить преимущества, связанные с применением тяжелых заряженных частиц в лучевой терапии. Первое из них обусловлено лучшим, по сравнению с γ -лучами (и электронами), распределением дозы. К этому вопросу мы еще вернемся. Второе преимущество связано с изменением характера взаимодействия излучения с клетками — с переходом к плотнoионизирующим излучениям. Однако такой переход имеет свои плюсы и минусы. Мы имеем выигрыш вследствие уменьшения кислородного отношения и проигрыш из-за меньшей эффективности фракционирования дозы.

При переходе от фотонов (или электронов) к протонам и α -частицам реализуется только первое преимущество, а при облучении тяжелыми ионами и L^+ -мезонами — сразу оба. Впрочем, как мы уже выяснили, второе из них может оказаться иллюзорным или проявляться при одних типах опухолей (радиорезистентные опухоли) и отсутствовать при других. Обсудим прежде всего дозные распределения.

Распределение дозы по глубине.

Прежде чем достичь лежащего в глубине тела опухолевого очага, излучение должно пройти через наружные ткани. Опасность их переоблучения нередко ограничивает величину допустимых доз и ставит под угрозу успех лечения. Быстро поглощающиеся в тканях мягкие рентгеновские лучи пригодны только для облучения кожных покровов или очагов, залегающих у самой поверхности тела. Глубоко лежащие очаги могут эффективно поражаться лишь в том случае, если излучение не слишком быстро поглощается в теле больного. При этом, однако, сильнее страдают ткани, расположенные за опухолью. Так обстоит дело с γ -облучением, которое поглощается в тканях по экспоненциальному закону.

При переходе к тяжелым заряженным частицам положение коренным образом меняется. Эти частицы обладают строго определенным пробегом в веществе. Его величина зависит от энергии частиц и может, таким образом, регулироваться терапевтом. Ткани, расположенные за подлежащей облучению мишенью, не повреждаются частицами. Кроме того, оказывается, что заряженные частицы теряют в ве-



Распределение дозы по глубине для разных частиц. По оси абсцисс отложена глубина, отсчитываемая от центра области поражения (мишени). Отрицательные координаты соответствуют движению к поверхности тела, а положительные — в глубь него. Величины доз, создаваемых рентгеновскими и γ -лучами (от источника ^{60}Co), спадают с глубиной экспоненциально и тем круче, чем меньше их энергия. У тормозного излучения (энергия электронов 20 МэВ) при входе в тело хорошо заметно начальное увеличение дозы, связанное с переходными процессами — с увеличением числа электронов, сопровождающих электромагнитное излучение. Нарастающие участки есть и на кривых дозных распределений γ -лучей и рентгеновского излучения, однако они сдвинуты к поверхности тела и не попали на рисунок.

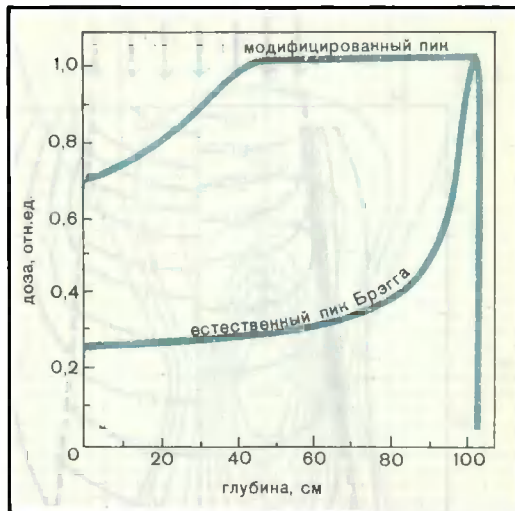
Распределение дозы тяжелых заряженных частиц (протонов, α -частиц, π^- -мезонов, ядер углерода и т. д.) имеет неэкспоненциальный вид. Для него характерен резкий спад, расположенный в конце пробега этих частиц.

«Перекошенный» характер дозного поля, создаваемого π^- -мезонами и ионами углерода, создан искусственно — именно при таком перекосе биологическое действие этих частиц постоянно вдоль всей глубины мишени. Ширина и расположение «плато» дозного поля могут варьировать в зависимости от надобности.

Для полноты картины на рисунке изображено также дозное распределение, возникающее при облучении мишени быстрыми нейтронами (с энергией 14 МэВ).

щество тем больше энергии, чем меньше скорость их движения. Поэтому кривая поражения — по мере углубления в ткани — сначала растет, а затем (после остановки частиц) резко обрывается, образуя так называемый пик Брэгга.

Особенно хорошее распределение дозы по глубине можно получить с помощью протонов и α -частиц. Дозное распределение π^- -мезонов обладает заметным «хвостом» из-за неизбежных приме-

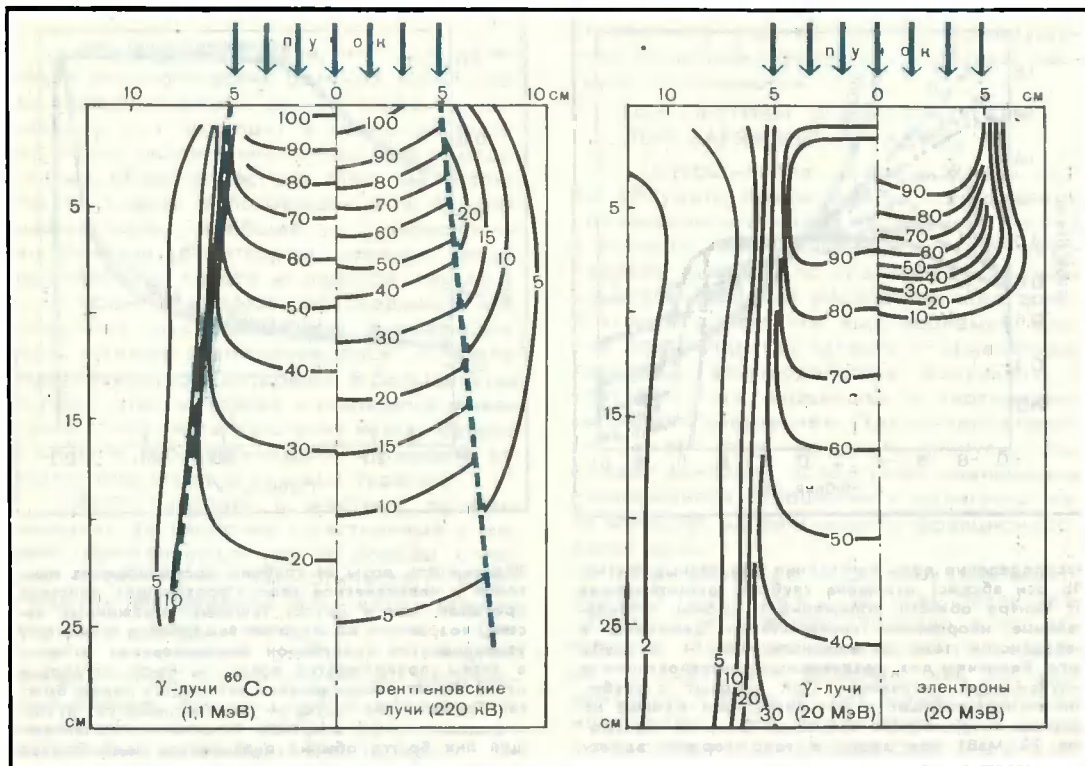


Зависимость дозы от глубины проникновения протонов в человеческое тело. Поражающее действие протонов, как и других тяжелых заряженных частиц, возрастает по мере их замедления и поэтому увеличивается с глубиной проникновения в тело, а затем прекращается вовсе — из-за остановки пучка. Такое распределение называется пиком Брэгга. Глубина, на которой останавливается пучок, определяется его энергией. Естественно возникающий пик Брэгга обычно оказывается недостаточно широким. Его «растягивают», накладывая друг на друга пики протонов разных энергий. Выбирая энергетический спектр протонов, можно произвольно менять ширину «модифицированного» таким образом пика.

сей мюонов и электронов в пучке. Тяжелые ионы при прохождении сквозь тело испытывают ядерные соударения, при которых они разлетаются на фрагменты, обладающие большим пробегом, чем исходные ионы.

Поперечное распределение дозы. Общая картина дозного поля. При использовании тяжелых заряженных частиц улучшается не только продольное распределение дозы, о котором мы уже говорили, но и поперечное ее распределение, т. е. вся картина дозного поля. Поперечное распределение дозы определяется двумя факторами: качеством коллимации пучка и рассеянием излучения в теле больного. Коллимация пучка тем лучше, чем выше отношение числа частиц, попадающих в больного, к общему числу частиц в пучке и чем резче боковые контуры пучка.

При облучении γ -лучами или нейтронами управлять движением частиц на пути от источника к пациенту не удается: их плотность падает, грубо говоря, обратно пропорционально квадрату расстояния от



Картина изодоз, возникающая при облучении с одного направления фотонами различных энергий и электронами. Цифры при кривых обозначают величину дозы в процентах от максимальной. Подлежащая облучению мишень обычно располагается внутри 90%-ной изодозы. Объем тканей, облучаемых сравнительно большими дозами ($>10\%$), очень велик. Более жесткое излучение позволяет эффективнее облучать глубоко залегающие очаги. При этом обычно применяют облучение с нескольких направлений.

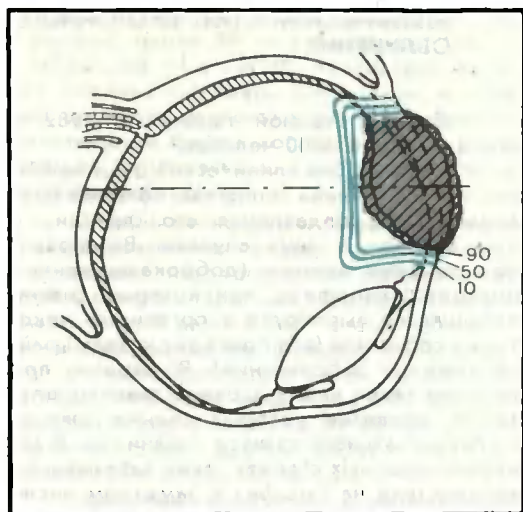
источника. Большая часть испущенных источником частиц при этом не входит в состав пучка, используемого для терапии. Как бы ни была хороша защита, эти частицы неизбежно увеличивают фон рассеянного излучения, попадающего на пациента, и вносят вклад в общие нежелательные лучевые реакции организма. Следует еще добавить, что γ -лучи и особенно нейтроны плохо коллимируются, так что границы пучка оказываются размытыми.

Тяжелые заряженные частицы хорошо направляются и фокусируются электрическими и магнитными полями. Их пучки практически без потерь и без уширения транспортируются на расстояния, составляющие многие десятки метров, а при не-

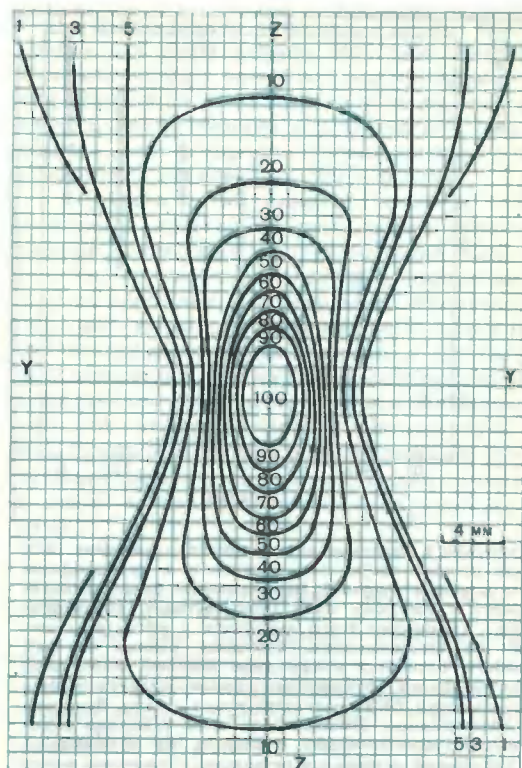
обходимости и еще дальше. Причина для образования повышенного фона при этом устраняется. Кроме того, пучки заряженных частиц хорошо коллимируются.

Рассеяние разных частиц в толще тела существенно различно. Электроны и γ -лучи рассеиваются очень заметно, а тяжелые заряженные частицы — незначительно. Среднеквадратичный радиус рассеяния для пучков, останавливающихся на глубине 7 см (типичная глубина для облучения внутричерепных мишеней), составляет 5 мм для π^- -мезонов, 2 мм для протонов и 1 мм для α -частиц. Как следует из приведенных цифр, при облучении небольших мишеней (например, внутричерепных) рассеяние π^- -мезонов оказывается заметным или даже недопустимым, а рассеяние протонов и более тяжелых ионов малосущественно.

О качестве дозного поля удобно судить с помощью карты изодоз — кривых, соединяющих точки с одинаковыми дозами. Как правило, подлежащая облучению мишень должна располагаться внутри 90%-ной изодозы. При облучении пациентов тяжелыми заряженными частицами удается увеличить размеры этой изодозы и добиться того, чтобы изодозы с более



Дозное поле, используемое при облучении протоном меланомы глаза (опухоль заштрихована). На рисунке изображены 90%-ная, 50%-ная и 10%-ная изодозы. Протонный пучок позволяет поразить опухоль, не причиняя вреда тканям, расположенным глубже и сбоку. Получить такое распределение с помощью γ -лучей или электронов невозможно.



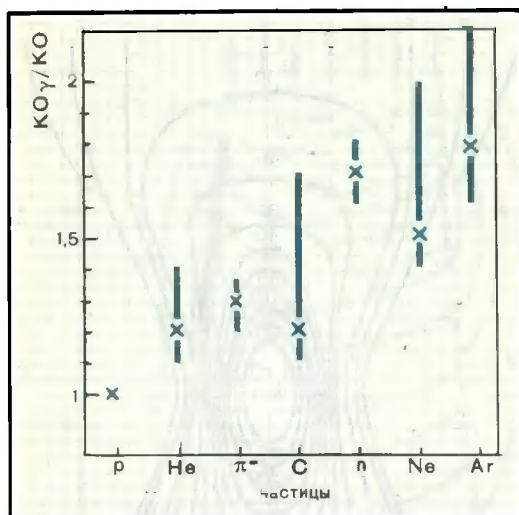
низкими уровнями располагались недалеко от нее. Таким образом снижается объем облучаемых тканей, и общие реакции организма (изменение состава крови, ухудшение самочувствия и т. д.) выражены слабо или вообще не проявляются. Если для облучения используются γ -лучи, электроны или нейтроны, то доза при удалении от мишени спадает медленно (изодозы далеки друг от друга), объем облучаемых тканей неоправданно велик и общие реакции организма ясно выражены. Таким образом, тяжелые заряженные частицы позволяют получать существенно лучшие дозные распределения, чем обычно применяемые виды излучения. Эти частицы как бы созданы природой для поражения глубоко залегающих очагов.

Относительная биологическая эффективность. Различные ионизирующие частицы обладают разной относительной биологической эффективностью (ОБЭ), т. е. для получения одного и того же биологического эффекта требуются разные дозы облучения (измеряемые физическими приборами). ОБЭ обычно определяется по отношению к γ -лучам. Для протонов ОБЭ составляет около 1,1, так что по биологической

Дозное поле, получаемое при облучении протоном гипофиза — железы внутренней секреции, расположенной у основания черепа. Облучение ведется 23 перекрещивающимися «карандашными» пучками, заполняющими конус, ось которого направлена по Z . В нескольких миллиметрах от гипофиза расположены глазодвигательные нервы и перекрест зрительных нервов. Их облучение вызывает тяжелые осложнения.

эффективности они мало отличаются от γ -лучей. Поэтому при протонном облучении можно применять дозы и ритмы, выработанные в γ -терапии и хорошо проверенные клинически.

Относительная биологическая эффективность других — плотноионизирующих — тяжелых заряженных частиц заметно отличается от единицы. Более того, она зависит от глубины проникновения этих частиц в человеческое тело. Дозы и дозные поля для таких частиц не могут быть взяты из опыта, накопленного лучевой терапией, и должны быть получены заново. Мы уже говорили о том, что ритмы облучения для таких частиц также должны быть пересмотрены (заметьте, что повышенная плот-



Выигрыш в величине кислородного отношения (КО) для разных частиц (по сравнению с кислородным отношением γ -лучей). Вертикальные линии, относящиеся к каждому иону (или частице), характеризуют изменение этого выигрыша в области мишени (ее протяженность считалась равной 10 см). Кресты относятся к середине мишени. Изменение кислородного отношения сопровождается также изменением ОБЭ соответствующих частиц. Выигрыш в кислородном отношении у ионов углерода недостаточно велик, чтобы оправдать их применение. Наибольший интерес представляют π^+ -мезоны, ионы, расположенные между неоном и аргоном, и нейтроны; последние, однако, создают размытые дозные поля.

ность ионизации, уменьшение кислородного отношения и сильное отличие ОБЭ от единицы взаимосвязаны). Именно поэтому клиническое применение плотноионизирующих частиц требует тщательной биологической и предклинической подготовки, которая пока еще только проводится.

КЛИНИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПРОТОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Курс протонной терапии к 1982 г. прошло около 4000 человек.

Наибольший клинический опыт накоплен при облучении гипофиза, которое проводится для подавления его функции и применяется в двух случаях. Во-первых, при лечении аденом (доброкачественных опухолей) гипофиза, при которых сильно повышается выработка в организме некоторых гормонов (это приводит к ряду крайне тяжелых заболеваний). Во-вторых, при лечении таких видов злокачественных опухолей, развитие которых сильно зависит от гормонального статуса организма. В генерализованных стадиях таких заболеваний воздействие на гипофиз в заметном числе случаев существенно улучшает самочувствие больного и приводит к продлению его жизни. Для такого воздействия разработаны хирургические операции. Применяется также внедрение в гипофиз радиоактивных веществ. В обоих случаях речь идет о серьезном внутричерепном вмешательстве. Чтобы его избежать, иногда применяют облучение γ -лучами или тормозным излучением быстрых электронов.

Мировой опыт протонного облучения аденом гипофиза составляет около 2600 пациентов. Сроки наблюдения некоторых из них уже достигли 20 лет. Успех лечения поднялся с 88% при обычных методах до 95—97%, а количество осложнений упало с 10—16% до долей процента. Эффект облучения начинает проявляться через 3—4 месяца, а полный клинический результат наблюдается спустя 10—12 месяцев после курса лучевой терапии. Преимущество протонного облучения здесь очевидно.

Курс облучения гипофиза протонами

Название физического учреждения, имеющего ускоритель	Город, страна	Год начала работы	Энергия, МэВ	Полное число больных
Радиационная лаборатория им. Лоуренса	Беркли, США	1954	340 920*	1000
Гарвардский университет	Кембридж, США	1961	160	2000
Институт им. Густава Вернера	Упсала, Швеция	1956	185	69
Лаборатория ядерных проблем, ОИЯИ	Дубна, СССР	1967	70 ÷ 200	84
Институт теоретической и экспериментальной физики	Москва, СССР	1967	70 ÷ 200	550
Ленинградский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова	Гатчина, СССР	1971	1000	200

* В этом случае для облучения использовались α -частицы, а не протоны.

при генерализованном раке молочной и предстательной желез прошли 250 человек в Беркли, около 50 — в Гарварде, 196 — в ИТЭФ, 60 — в ЛИЯФ. Результаты лечения следует признать хорошими: вскоре (иногда через несколько дней) ослабевают мучительные боли в костях, заметно улучшается самочувствие, восстанавливается трудоспособность.

Скажем несколько слов об артериовенозных аневризмах сосудов головного мозга (местных патологических расширениях крупных внутричерепных сосудов). Аневризмы почти не дают о себе знать, пока незапный их разрыв не приводит к инсульту. Для лечения больных с такой патологией сосудов, питающие аневризму, обычно закрываются хирургическим путем. В скором времени, однако, другие сосуды могут восстанавливать кровообращение в ней.

Наиболее рациональным методом лечения является протонное облучение всей аневризмы и окружающих ее сосудов достаточно большими дозами, приводящими к развитию местного склероза сосудов аневризмы.

В ИТЭФ 110 женщин облучались протонным пучком (в комбинации с хирургической операцией) по поводу рака шейки матки. Высокий процент излечения (90%) в этом случае не сопровождается нередко встречающимися при других методах лечения лучевыми повреждениями близлежащих участков прямой кишки и мочевого пузыря.

В Гарварде 49 мужчин прошли курс лучевого лечения рака предстательной железы. В этом случае обычное облучение в еще большей степени связано с опасностью лучевых осложнений, чем при облучении шейки матки у женщин. В СССР делаются пока первые попытки такого облучения.

73 пациента в Гарварде и 49 в ИТЭФ прошли курс протонной терапии по поводу меланомы глаза. Во всех случаях отмечался положительный эффект и регрессия опухоли. При протонном облучении сетчатка оболочка глаза и ткани мозга излучением не поражаются. Офтальмологи рассматривают перспективы такого облучения как очень благоприятные.

Имеются многочисленные, но по большей части разрозненные наблюдения протонного облучения других органов.

Подводя итоги, следует сказать, что протонная лучевая терапия быстро развивается. Во всех основных физических научных центрах, занимающихся таким облучением, пристраиваются новые про-

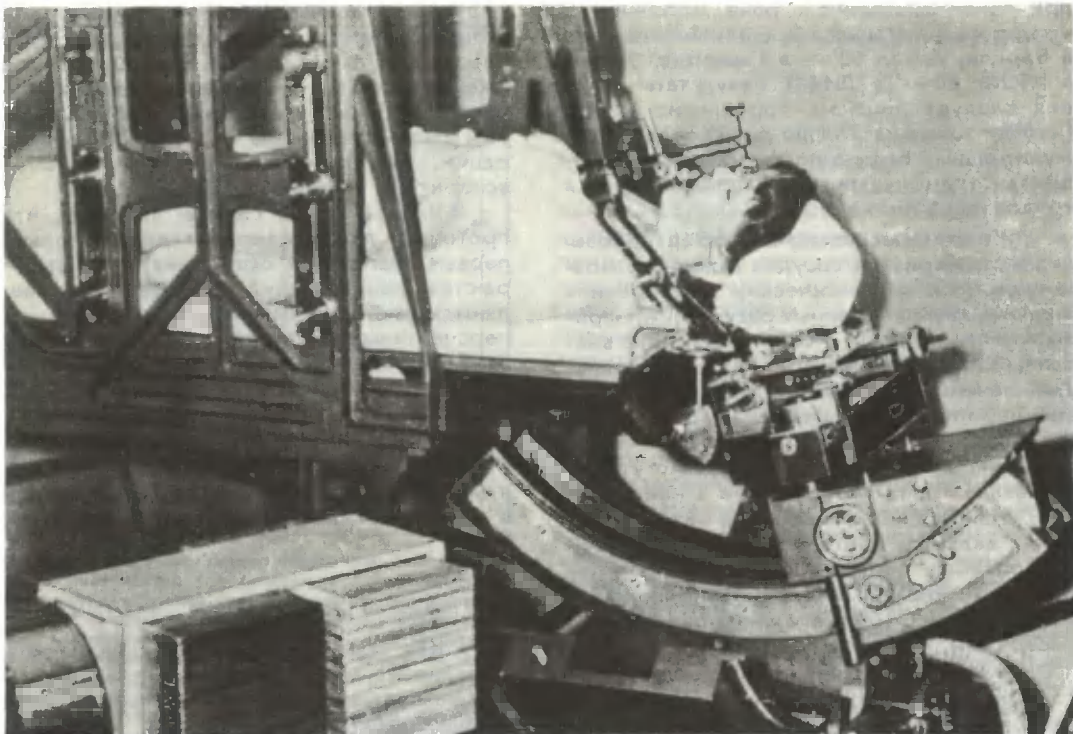
цедурные кабины. Облучение протонами стоит сравнительно недорого и может производиться амбулаторно. Внутричерепные вмешательства с помощью протонных пучков обходятся в несколько раз дешевле, чем соответствующие хирургические операции. Для генерации пучка достаточно ускорителя на энергию 200—250 МэВ.

Вместе с тем следует помнить, что протонная лучевая терапия делает только первые шаги. Для облучения пока выбираются локализации, которые представляются наиболее выигрышными. Вероятно, перспективы такого лечения шире, чем это сейчас представляется, поскольку протонное облучение всегда позволяет получить существенно лучшие распределения дозы, чем обычно применяемые методы лучевой терапии. Вместе с тем протонное облучение требует значительно более точной, а значит и более квалифицированной работы.

ОПЫТЫ С ДРУГИМИ ЧАСТИЦАМИ

Как уже отмечалось, клиническое применение тяжелых ионов и π^- -мезонов требует серьезных предварительных медико-биологических исследований. В течение последних лет в этом направлении была проведена огромная подготовительная работа. Исследования на пучках тяжелых ионов производились в основном в Беркли на установке «Бевалак». Обратим внимание на энергию, которую должны иметь такие частицы. В то время как протоны с энергией 220 МэВ заведомо проходят сквозь человеческое тело, пробег ионов аргона даже при энергии 18 ГэВ (1 ГэВ = 1000 МэВ) составляет всего 12 см, что явно недостаточно для облучения глубоколежащих опухолей. Таким образом, в случае тяжелых ионов речь идет о больших дорогах ускорителях.

Основные имеющиеся сейчас данные по воздействию тяжелых ионов получены при облучении культур тканей и в опытах на мелких животных. Клинические результаты практически отсутствуют. В печати появилось сообщение, что в Беркли пучками углерода, неона и аргона были облучены 18 человек. Цель работы заключалась в определении относительной биологической эффективности этих частиц. В сообщении отмечается, что при облучении ионами неона регрессия опухолей происходила существенно быстрее, чем при облучении γ -лучами. Более подробный анализ полученного при этих облучениях материала пока не опубликован. По-видимому, потре-



Станд для облучения гипофиза протонами. Голова больного зажата между подголовником, штырями, вставляемыми в ушные отверстия, и упорами, один из которых придерживает переносицу, а другой упирается в верхнюю челюсть. Протонный пучок подходит к височной области. Во время облучения больная поворачивается вокруг вертикальной оси, проходящей через точку пересечения протонного пучка с гипофизом; кроме того, голова больного поворачивается вокруг продольной горизонтальной оси, проходящей через ту же точку.

бует еще добрый десяток лет, пока будут получены достаточно ясные результаты.

Биологические и клинические исследования с π -мезонами ведутся на мезонной фабрике «ЛАМПФ» в Лос-Аламосе, на изохронном циклотроне «СИН» в Европейском центре ядерных исследований (Женева), на ускорителе «Триумф» в Канаде. После окончания реконструкции фазотрона в Дубне такие исследования будут возобновлены в Объединенном институте ядерных исследований. Имеется ряд журнальных сообщений об исследовании ОБЭ π -мезонов по острым лучевым реакциям и о лечении больных (более 100) с опухолями мозга, головы и шеи, легких, желудка, поджелудочной железы и т. д. Имеющиеся данные пока еще проанализированы недостаточно подробно. Многие больные после π -мезонного облучения заканчивали курс лечения на обычных γ -

установках. Общий вывод, к которому приходят авторы опубликованных работ, заключается в том, что результаты лечения π -мезонами заметно лучше, чем при γ -облучении, реакция здоровых тканей выражена слабее, регрессия опухолей происходит быстрее. Этого, конечно, и следовало ожидать уже потому, что дозные распределения, достижимые с помощью π -мезонов, как и в случае любых заряженных частиц, существенно лучше распределений, получаемых с помощью γ -лучей или тормозного излучения. Основной вопрос, который должен быть экспериментально выяснен, заключается не в этом. Нужно понять, обладает ли облучение π -мезонами (и тяжелыми ионами) серьезными преимуществами перед протонными пучками (которые во много раз дешевле), а не перед фотонным облучением. В ближайшее время мы, несомненно, получим ответ на этот вопрос.

НЕСКОЛЬКО СЛОВ О ТЕХНИКЕ ПРОТОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Главное отличие в технике облучения, возникающее при облучении протонными пучками, состоит в том, что при обычной лучевой терапии источник может смещаться по отношению к больному, а при про-

тонном облучении пучок неподвижен и должно быть обеспечено перемещение самого больного. Фиксация больного должна быть тем более надежной, чем меньше подлежащая облучению мишень. Особенно остро этот вопрос стоит при внутрочерепных вмешательствах. Голова больного при таком облучении зажимается специальными упорами или закрепляется с помощью индивидуальных масок, изготавливаемых из пластических материалов. При облучении гипофиза специальное устройство поворачивает голову больного вокруг продольной оси тела и вращает его целиком вокруг вертикальной оси.

Изменение спектра протонов обычно производится с помощью гребенчатых фильтров, т. е. пластин переменного сечения. Проходя через участки различной толщины, протоны теряют большую или меньшую часть первоначальной энергии. В тканях частицы перемешиваются. Энергию протонов (и, следовательно, их пробег) меняют, либо выбирая соответствующим образом момент вывода пучка из ускорителя (ИТЭФ), либо тормозя частицы в фильтрах (все остальные ускорители).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сформулируем некоторые выводы. Облучение больных тяжелыми заряженными частицами обладает целым рядом преимуществ перед обычными методами лучевой терапии. Дозные поля, которые могут

быть получены с помощью протонов и других тяжелых заряженных частиц, имеют четкие границы. С их помощью можно не только облучать обычные онкологические мишени, но и производить бескровные хирургические операции в глубоко расположенных трудно доступных областях человеческого тела. Уменьшение объема облучаемых тканей благоприятно сказывается на ходе лечения и на самочувствии больных.

Повышенная относительная биологическая эффективность тяжелых ионов и л-мезонов приводит к понижению радиорезистентности опухолей. Вместе с тем при повышенной ОБЭ уменьшается выигрыш от фракционирования дозы. Исследование этих факторов сейчас усиленно проводится.

Накопленный к настоящему времени опыт относится в основном к протонной терапии (около 4000 больных). Этот опыт приобретен на ускорителях, построенных для физических целей — как правило, слишком больших и дорогих в эксплуатации. В последнее время все более актуальным становится сооружение лечебных комплексов с собственными ускорителями, специально рассчитанными на медицинское применение. Один такой комплекс может обеспечить облучение пациентов в регионе, насчитывающем 10 млн человек. Кроме того, такие комплексы могут обеспечивать наработку радиоактивных изотопов для диагностических исследований.

НОВОСТИ НАУКИ

Медицина

Стимуляция противоопухолевых свойств клеток

В ряде случаев клетки иммунной системы организма — макрофаги — под влиянием мало пока изученных стимулов способны тормозить рост злокачественных клеток и даже вызывать их рассасывание. При этом здоровые клетки не повреждаются.

Недавно было обнаружено, что клетки линии так называемой промиелоцитарной лейкемии человека HL60, если их культивировать вне организма с ТФА (12-О-тетрадеканойл-форбол-13-ацетатом), постепенно начинают превращаться в клетки с характеристикой макрофагов. В частности, они

прекращают деление, становятся способными к прилипанию и фагоцитозу.

Дж. Вейнберг (Медицинский центр университета им. Дьюка, Дарем, США) обнаружил, что макрофагоподобные клетки, возникающие из HL60 в результате воздействия ТФА, способны тормозить рост злокачественных клеток человека в культуре, тогда как клетки HL60, не обработанные ТФА, таким свойством не обладают. Вейнберг установил, что после культивирования в течение 3 суток в среде, содержащей не более 10—25 нг/мл ТФА, макрофагоподобные клетки, произшедшие из HL60, становились токсичными для различных опухолевых клеток человека и животных. Причем они были способны разрушить не только эти клетки,

но и родительскую линию клеток HL60. Интересно отметить, что клетки HL60 после обработки их ТФА не приобретали токсичности по отношению к нормальным, незлокачественным линиям клеток; а для проявления токсического действия на опухолевые клетки достаточно было простого контакта между обоими видами клеток.

В дальнейшем было замечено, что то же самое происходило и с некоторыми другими злокачественными линиями клеток, происшедшими из кроветворных клеток (HSB, SB и K562), если они обрабатывались ТФА. Так, они становились токсичными для некоторых линий опухолевых клеток, например для линии HeLa.

Science, 1981, v. 213, No 4508, p. 655—657 (США).

Роль воды в образовании магмы

М. Я. Френкель, А. А. Кадик



Михаил Яковлевич Френкель, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории сравнительной планетологии Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР. Работает в области ЭВМ-моделирования интрузивного и планетарного магматизма. Автор монографии: Декомпрессия пород коры и мантии как механизм формирования магм (в соавторстве с А. А. Кадиком). М., 1982.



Арнольд Арнольдович Кадик, доктор геолого-минералогических наук, заведующий сектором физико-химической динамики магматических процессов того же института. Область научных интересов — экспериментальная петрология и физико-химическое моделирование магматических процессов. Автор монографии: Вода в магматических расплавах (в соавторстве с Е. Б. Лебедевым и Н. И. Хитаровым). М., 1971.

В геохимии, петрологии и геофизике магматизма в настоящее время остается немало вопросов, на которые нет определенного ответа. И один из самых общих среди них — откуда берется магматический расплав, изливающийся на поверхность нашей планеты?

В начале нынешнего века на этот вопрос отвечали просто: внутренняя часть планеты расплавлена, а земная твердь представляет собой застывшую корку, по трещинам которой магма и поднимается к поверхности. Но, как это часто бывает, новые методы исследования и новые данные отнюдь не подтвердили то, что казалось почти очевидным. Так, сейсмическое зондирование показало, что полностью расплавлена только внешняя часть земного ядра

(примерная глубина — 2900 км). Силикатное же вещество окружающей ядро мантии в основной своей массе твердое, хотя в мантии (на глубине 50—250 км) и выделяется зона пониженных скоростей сейсмических волн, которую можно связать с частичным очень неглубоким ее плавлением. Но если в мантии расплава нет, значит для его появления необходим подогрев, нужны какие-то источники тепла. Таким образом, проблема магматизма оказывается связанной с проблемой теплового режима Земли.

Итак, изливающиеся расплавы не являются прямыми представителями вещества мантии. И чтобы понять, чем обусловлено их разнообразие, необходимо выяснить, каков химический состав мантии, каковы ее химические и физические свойства при со-

ответствующих глубинным условиям температур и давлений, каков тепловой режим в зонах генерации магм и что за источники тепла поддерживают там высокую температуру. Чтобы получить ответ на эти вопросы, геолог вправе воспользоваться данными астрофизики, геохимии, экспериментальной петрологии и других наук, позволяющими составить общее представление о том фоне, на котором развивается магматизм.

Именно благодаря массе косвенных данных мы многое знаем о веществе мантии: знаем, при какой температуре оно должно плавиться, и даже знаем, где зарождаются магматические расплавы. Но вот в чем состоит противоречие — согласно тем же косвенным данным, в тех областях, к которым есть основание относить зарождение расплавов, температура плавления не достигается. Это противоречие может быть решено в рамках так называемой декомпрессионной схемы образования магмы, о которой и пойдет речь.

ДЕКОМПРЕССИОННАЯ СХЕМА РАЗВИТИЯ МАГМАТИЗМА

Согласно декомпрессионной схеме, предложенной Р. Дейли в самом общем виде еще в начале 30-х годов, зарождение расплава связано с тепловой конвекцией в мантии, с восходящими потоками разогретого, но твердого глубинного вещества¹. Всплывая в форме отдельной «капли» или колоннообразного потока, глубинный материал подвергается декомпрессии (разжатию), так как попадает в область меньшего давления. С понижением давления температура плавления силикатов (как, впрочем, и подавляющего большинства кристаллических веществ) понижается. На определенной глубине температура в головной части потока превышает температуру плавления и появляется расплав. При дальнейшем подъеме глубинного вещества температура плавления еще более понижается, возникает дополнительный избыток тепла, который также идет на плавление. В результате восходящий поток глубинного вещества превращается в своеобразную колонну, генерирующую магму². Важно, что

для протекания плавления по декомпрессионной схеме не требуются какие-либо источники тепла в самой зоне генерации магмы — породы плавятся исключительно за счет тепла, накопленного ими в глубине в результате глобального разогрева планеты еще в период аккреции и позже — за счет тепла распада радиоактивных элементов. В этом большое преимущество декомпрессионной схемы перед множеством гипотез генерации магмы *in situ*, т. е. в непосредственной близости от тех мест, где они извергаются на поверхность. Дело в том, что тепловая энергия очень подвижна, и нагреть до плавления небольшой объем вещества (вулканический очаг), находящийся в контакте с холодным окружением, так же невозможно, как наполнить водой решето.

Таким образом, декомпрессионный механизм развития магматизма как будто снимает противоречие между отсутствием в недрах Земли глобальной зоны плавления, с одной стороны, и широким распространением изверженных пород на поверхности Земли и в ее недрах, с другой. Но, как всегда, новые факты — новые трудности.

Вся генерирующая магму система, состоящая, согласно декомпрессионной схеме, из магматической колонны, вулканического очага (т. е. скопления расплава в ее верхней части), магмовода и жерла вулкана, образует некую вертикаль, двигаясь вдоль которой сверху вниз, мы должны наблюдать постоянное повышение температуры, начиная примерно с тех 1200° С, с которыми лавы изливаются на поверхность. Наличие в земной коре такого горячего «стержня» должно проявляться в повышении теплового потока из недр вблизи области вулканической деятельности. Поэтому, измеряя тепловой поток на разном удалении от вулканов, можно в определенном приближении реконструировать температурные условия на глубине. В результате этих измерений стало ясно, что температура под вулканами не только не выше, а существенно ниже температуры изливающихся расплавов.

Восстановить условия образования магм можно еще одним способом. В быстро поднявшихся на поверхность Земли и застывших лавах имеются включения (ксенолиты и нодулы), представляющие отчасти исходный субстрат, а отчасти — продукты кристаллизации расплава в глубине и, возможно, инородный по отношению к магмам глубинный материал. Эксперименты по определению условий, при которых составяющие эти включения минералы оказываются равновесными по составу между собой

¹ Декомпрессионная схема образования магмы тем более привлекательна, что она согласуется с современными представлениями о природе тектонических движений в мантии.

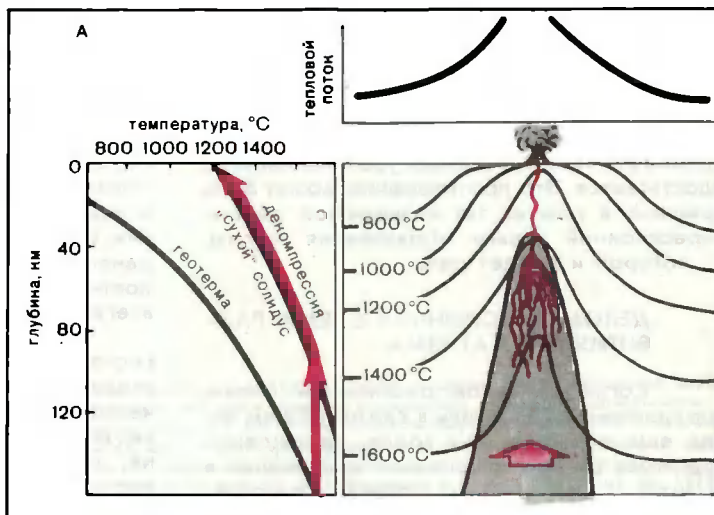
² Расчеты показывают, что для полного превращения всплывающего материала в расплав, ему достаточно подняться примерно на 100 км с той глубины, на которой началось плавление.

и с материалом основной массы лавы, предоставляют нам сведения о температурах, которые имели расплавы на разных глубинах и, следовательно, при разных давлениях³. Результаты этих экспериментов вызвали не меньшее удивление, чем результаты измерения теплового потока вблизи вулканов — в глубине температура расплавов оказалась ниже температуры плавления!

Выйти из этого противоречия с законами термодинамики можно только одним способом. Следует допустить, что в области

из первичного океана и о том, что причиной появления осадочных пород был «всемирный потоп», привели к краху непутизма как глобальной петрогенетической концепции. Однако данные экспериментальной петрологии о растворимости воды в силикатных расплавах, полученные в последние десятилетия, заставляют в некотором смысле совместить представления плутонизма и непутизма, хотя прийти к пониманию роли воды в магматическом процессе оказалось не просто.

Схематическое изображение температурного поля под вулканической областью. А — «сухая» магматическая колонна прогревает окружающие ее породы, поэтому тепловой поток из недр повышен даже на значительном удалении от вулкана. Б — наличие воды приводит к появлению в разрезе генерирующей магмы системы температурного минимума; в этом случае температура резко повышается лишь в непосредственной близости от поверхности Земли, поэтому тепловой поток повышен только вблизи вулканов.



образования магмы присутствует компонент, резко понижающий температуру плавления вещества при высоком давлении (т. е. на глубине) и «исчезающий» из расплава при излияниях. Наиболее подходящими кандидатами на роль такого компонента являются летучие, и в первую очередь наиболее распространенные на Земле вода и углекислота.

Фундаментальная роль воды в процессах формирования пород была понята еще на заре развития геологии. На этой идее базировалось учение о непутизме, конкурировавшее в конце XVIII — начале XIX в. с плутонизмом, сторонники которого полагали, что все горные породы родились из расплава. Однозвучные с современной точки зрения представления непутистов об образовании пород, которые сейчас называют изверженными, путем осаждения

КАК ВОДА И УГЛЕКИСЛОТА ВЛИЯЮТ НА ПЛАВЛЕНИЕ СИЛИКАТОВ

Интерес к роли летучих компонентов в магматических процессах возник после экспериментов Р. Горрансона (1935), показавших значительную растворимость воды в гранитном расплаве и сильное понижение температуры плавления гранитов с увеличением парциального давления воды. В настоящее время, благодаря усилиям многих экспериментаторов, достаточно детально изучены температурные условия плавления основных типов горных пород в присутствии воды и углекислоты при давлении примерно до 40 кбар (что соответствует глубине примерно до 150 км)⁴.

Наклон линии плавления простых веществ в плоскости температура — давление

³ Данное направление экспериментальной петрологии называется геотермобарометрией минеральных равновесий.

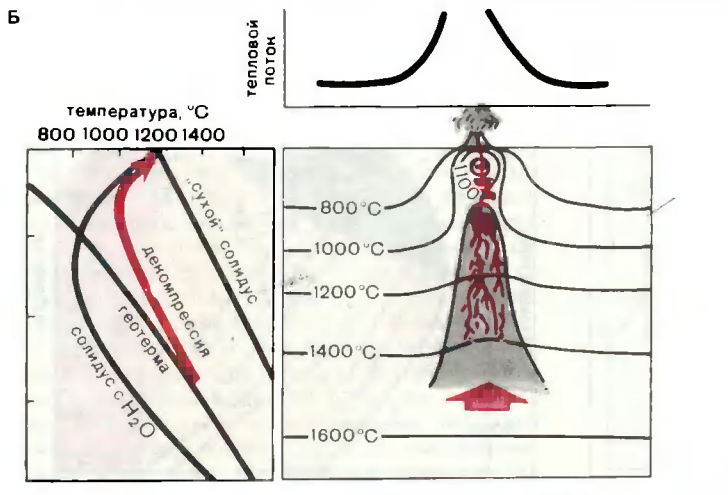
⁴ Кадик А. А., Лебедев Е. Б., Хитаров Н. И. Вода в магматических расплавах. М., 1971.

$(dT/dP)_{пл}$ определяется уравнением Клапейрона — Клаузиуса:

$$(dT/dP)_{пл} = T \Delta v_{пл} / \lambda_{пл}$$

где $\Delta v_{пл}$ — изменение объема вещества при плавлении (объемный эффект плавления), $\lambda_{пл}$ — скрытая теплота плавления. Поскольку плотность и энергетика конденсированных фаз определяются, как правило, геометрией их молекулярных упаковок, плавление подавляющего большинства соединений сопровождается поглоще-

ния силиката в присутствии воды на том ее участке, где давление только начинает повышаться (глубина 0—45 км), имеет отрицательный наклон. Но с повышением давления различие в парциальных объемах воды во флюидном состоянии и в расплаве уменьшается, так как сжимаемость пара несравнимо выше сжимаемости силикатного расплава. В результате, начиная с глубины примерно 45 км (давление около 15 кбар), на которой объемный эффект плавления водно-кристаллической смеси падает до нуля,



нием тепла и увеличением их объема, другими словами, скрытая теплота плавления и объемный эффект положительны. По этой причине нормальным является положительный наклон $(dT/dP)_{пл}$, отражающий увеличение температуры плавления большинства химических соединений (в том числе силикатов) с повышением давления. Исключение из этого правила составляет, как известно, обычная вода, обладающая благодаря ажурности структурной сетки льда отрицательным объемным эффектом плавления. Соответственно, температура плавления льда с повышением давления уменьшается.

Силикатные соединения в смеси с некоторыми летучими компонентами ведут себя столь же аномально. Но это касается лишь относительно низкого давления, когда объем газов существенно выше объема конденсированных фаз и в результате превращения смеси газов и твердого силиката в раствор газа в расплаве резко уменьшается парциальный объем флюидного компонента. По этой причине кривая начала плавления

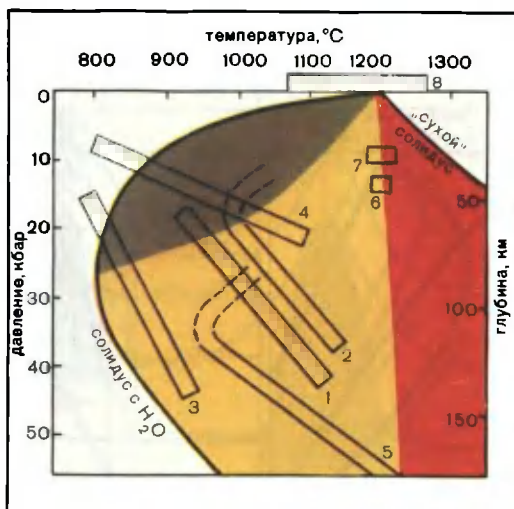
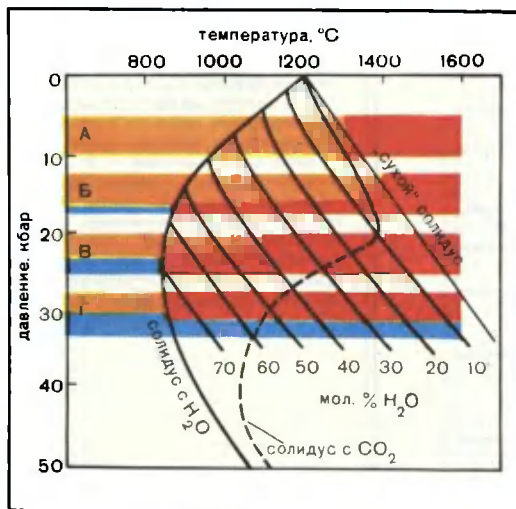
наклон кривой начала плавления (солидусной кривой) становится нормальным. Такое изменение свойств паров воды и твердых силикатов выражается графически в виде характерной петлеобразной (с температурным минимумом) кривой начала плавления мантийного субстрата в присутствии воды. Деталь эта важна, и ниже мы постараемся показать, что всякая петля солидусной кривой (или минимум солидусной поверхности, в более общем случае) отражает условия, благоприятные для генерации низкотемпературных магматических расплавов.

Влияние второго по распространенности летучего компонента земной коры — углекислого газа на плавление силикатов изучено значительно меньше. При давлении примерно до 10 кбар углекислота в силикатных расплавах почти не растворяется, поэтому на глубине до 40 км ее роль сводится к понижению химического потенциала воды во флюидной фазе и, соответственно, к «высушиванию» содержащих воду расплавов и некоторому уменьшению расстояния между линиями «сухого» плавления

и начала плавления в присутствии воды. Однако на больших глубинах поведение CO_2 существенно меняется. За счет карбонатизации силикатов (замещения окиси кремния углекислотой) растворимость этого флюида в расплаве резко возрастает, и линия начала плавления силикатных пород в присутствии CO_2 выписывает петлю. К сожалению, уровень давления, на котором происходит это преобразование, мало доступен для экспериментирования, поэтому детали химического состава сосуществующих флюидной, расплавной и твердой

фаз (в частности, совместная растворимость H_2O и CO_2 в расплаве) в настоящее время неизвестны. Единственное, что можно здесь отметить, — это вероятность обогащения расплава щелочными элементами при его карбонатизации.

Область плавления перидотита в присутствии воды на плоскости температура — давление как раз совпадает с полем глубинных условий существования излившихся магм, зафиксированным методами геотермобарометрии. Более того, эксперименты по выяснению условий, при которых частич-



Упрощенная диаграмма плавления системы перидотит — вода. Если в смеси воды нет [А], то, нагреваясь при постоянном давлении, она остается твердой, пока не будет достигнута температура «сухого» солидуса. Если воды очень мало [Б], плавление начинается при температуре солидуса с водой, но при этом вся газовая фаза исчезает сразу и степень плавления остается малой вплоть до температуры «сухого» солидуса. Промежуточный случай [В] состоит в значительном плавлении при температуре солидуса с водой и полном плавлении твердой фазы при температуре, значительно меньшей температуры «сухого» солидуса; температура полного плавления в этом случае определяется линиями постоянного содержания воды (мольные %) в расплаве. При большом избытке воды [Г] твердая фаза полностью плавится при температуре солидуса с водой, а избыток газа частично растворяется при более высокой температуре.

Температуры и давления, при которых магмы основного и ультраосновного состава захватывали крупные включения инородных магм (по результатам термобарометрии): 1,2 — включения яецоидитового состава в базальтах континентальных рифтовых зон; 3,4 — условия равновесия фаз низкотемпературных перидотитовых интрузий; 5 — перидотитовые включения в кимберлитах; 6 — кристаллы-вкрапления в оливиновых базальтах; 7 — плагиоклазовые и пироксеновые вкрапления в щелочных базальтах; 8 — температуры толентовых магм, измеренные непосредственно в лавовых фонтанах и озерах. Хорошо видно, что восстановленные по «замороженным» равновесиям температуры в областях формирования магм всегда ниже температур плавления пород мантии в отсутствие летучих компонентов, а также температур лав, излившихся на поверхность Земли.

Условия плавления перидотитов мантии в присутствии воды и углекислоты:

- плавление без ограничения на высоту подъема расплава
- подъем продуктов частичного плавления ограничен по высоте
- область декомпрессионной кристаллизации, играющая роль барьера на пути поднимающегося расплава

- Газ
- Расплав
- Твердая фаза

ное плавление мантийного субстрата дает расплавы, близкие к поступающим на поверхность, приводят к тем же областям плоскости температура — давление, которые попадают в пределы петли линии плавления перидотита в присутствии воды.

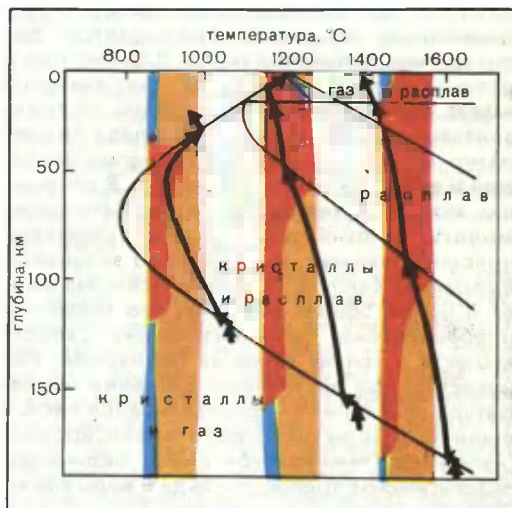
Факты эти многозначительны. Но имеются и серьезные возражения против возможного участия летучих компонентов в процессе зарождения и развития магматизма.

Первое: если летучие компоненты и присутствуют в мантии, то в очень незначительной по отношению к силикатам пропорции. А всякое теоретическое построение, как известно, невозможно без разделения действующих в системе факторов на перво-степенные, определяющие общую картину ее жизни, и второстепенные, «мелочи». При этом мелкие вариации факторов, параметров, условий не могут привести к кардинальным последствиям для системы. Если бы это правило не действовало, научное осмысление окружающего нас мира было бы вообще невозможным: достаточно представить себе, что станет с химией, если основные свойства «чистых» веществ начнут резко, скачком изменяться при внесении в них микропримесей. Но в том-то и сложность ситуации в магматической петрологии, как и во многих разделах геологической науки, что наблюдаемые нами проявления магматизма ничтожны в масштабах столь грандиозного объекта, как Земля.

Второе: в основной массе базальтов континентальной и океанической коры нет признаков, свидетельствующих о присутствии значительного количества летучих компонентов в породивших эти породы расплавах (флюидные включения в зернах минералов встречаются редко, ореольный метаморфизм вокруг базальтовых интрузий развит слабо и т. д.). Правда, при извержениях ряда действующих вулканов из базальтовых расплавов выделяется огромное количество летучих компонентов, но происхождение этих выделений спорно — они вполне могут быть результатом взаимодействия расплавов с окружающими породами и водами непосредственно в приповерхностных условиях. Отсутствие флюидной фазы в базальтах, в общем, объяснимо — летучие и должны отделяться от магмы еще при ее подъеме, а малая вязкость базальтового расплава и низкая скорость остывания массивных излияний допускают удаление остаточных газовых пузырьков. Тем не менее нельзя не отметить, что в современных петрогенетических построениях за флюидами закрепились роль некой неуловимой

субстанции, привлекающейся для объяснения всего непонятного.

Наконец, третье и самое важное возражение. Оно связано с тем фактом, что если более или менее существенное плавление и было достигнуто в области температурного минимума солидусной кривой в присутствии воды, то при подъеме содержащий воду расплав неизбежно выйдет из области устойчивости жидкой фазы и полностью раскристаллизуется. В этом смысле, о верхней части петли солидусной кривой говорят как о термодинамическом барьере,



Возможные типы траекторий адиабатической декомпрессии в системе силикат — вода. Высокотемпературная адиабатическая декомпрессия как содержащего воду, так и сухого материала приводит к появлению на поверхности Земли перегретого расплава. В низкотемпературной же области декомпресссионное плавление содержащего воду материала сменяется декомпресссионной кристаллизацией; в результате расплав исчезает, не достигнув поверхности Земли.



«запрещающем» подъем содержащих воду низкотемпературных расплавов к земной поверхности. Вопрос о том, насколько этот барьер непреодолим, и будет центральным в последующем обсуждении условий подъема частично расплавленного мантийного материала.

АДИАБАТИЧЕСКИЙ ПОДЪЕМ МАГМ В ПРИСУТСТВИИ ЛЕТУЧИХ КОМПОНЕНТОВ

Процесс подъема магматической колонны связан с перемещением как тепла, так и вещества, поэтому анализировать его термодинамическими методами, не используя аппарат гидродинамики и теории тепло-массопереноса, можно лишь с определенным приближением. С этих позиций наиболее подходящей для выяснения существования магматической колонны представляется модель адиабатической декомпрессии, согласно которой частично расплавленное вещество поднимается без потери или получения тепла. Для теплового режима колонны определяющее значение имеет перенос тепла, так сказать, по горизонтали: за счет резкого перепада температур между генерирующей магму системой и ее холодным окружением. В отношении этого вида теплообмена адиабатическая модель условий подъема магматической колонны означает, что вещество всплывало предельно быстро. Но фактически она имеет и более общее значение, что связано с особенностями теплофизических свойств веществ в точках фазовых переходов. Как известно, при постоянном давлении температура плавления — кристаллизации чистых веществ и эвтектик⁵ строго зафиксирована (например, температура смеси лед—вода независимо от пропорции льда и воды равна 0°С). А это означает, что в пределах объема такой смеси нет и не может быть температурных перепадов, и, следовательно, нет переноса тепла.

Процесс остывания смеси эвтектического расплава с твердой фазой или расплава, находящегося при температуре кристаллизации, по этой причине вырождается в направленное затвердевание: краевые части области плавления кристаллизуются, любой элемент ее внутренней части не теряет тепла, пока не встретится с фронтом кристаллизации. С этой точки зрения магматическую колонну можно представить как сужающуюся вверх трубу, по которой подплавленное вещество частично поднимается, а частично расходуется на наращивание ее стенок; содержимое трубы — стержневая часть магматической колонны — оста-

ется при этом в адиабатических условиях независимо от скорости подъема.

Расчет на ЭВМ траекторий адиабатической декомпрессии, отражающих зависимость температуры в стержневой части колонны и фазового состава ее вещества от глубины, позволил изучить этот процесс достаточно детально⁶. Первый фактор, определяющий форму всей траектории изменения температуры с понижением давления, — это начальное тепло, которое содержится в поднимающемся веществе. В зависимости от него все возможные адиабаты делятся на две группы: высокотемпературные и низкотемпературные. Высокотемпературные адиабаты пересекают линию солидуса безводных пород и приводят к появлению на поверхности Земли перегретого расплава; с этой точки зрения, они не отличаются от траекторий декомпрессии «сухого» вещества. Для нас более интересна декомпрессия в низкотемпературной области⁷.

Если бы присутствие воды не влияло на температуру плавления, форма адиабат в этой области была бы тривиальной — тепловой эффект разжигания пород приводил бы лишь к небольшому (примерно 1°С/кбар) понижению температуры по мере подъема вещества. Иными словами, гипотетические «сухие» адиабаты при температурах, меньших чем температура плавления безводных пород, выглядят как прямые линии с небольшим наклоном. Для того чтобы в области плавления осуществлялся переход с гипотетической адиабаты в реальное состояние, необходимо расплавить некоторое количество силикатов (n), на что требуется $n\lambda_{пл}$ калорий тепла (напомним, что $\lambda_{пл}$ — теплота плавления). Но в адиабатических условиях для плавления нет иного источника тепла, кроме собственного теплосодержания пород. Следовательно, плавление вызовет понижение температуры на величину ΔT . Таким образом, произведение теплоемкости на ΔT равно $n\lambda_{пл}$. Отсюда понятно положение траекторий низкотемпературной адиабатической декомпрессии в областях плавления — они сдвинуты в сторону низких температур на величину ΔT , тем большую, чем больше воды присутствует в смеси и чем ниже

⁵ Эвтектика — расплав, находящийся при данном давлении в равновесии с твердыми фазами, число которых равно числу компонентов расплава. Кристаллизация такого расплава, согласно правилу фаз, происходит при постоянной температуре.

⁶ Кадик А. А., Френкель М. Я. Декомпрессия пород коры и мантии как механизм образования магм. М., 1982.

⁷ Очевидно, что вода становится определяющим фактором только в области низких температур; при высоких температурах плавление возможно и без нее.

растворимость последней в расплаве. Количество присутствующей воды — второй фактор, определяющий форму траекторий декомпрессии. От него зависит и степень плавления, и величина сопряженного с плавлением понижения температуры.

В области, где плавления нет, траектории декомпрессии обязаны совпадать с «сухими» адиабатами. Но при низкотемпературной декомпрессии их сдвиг к низким температурам на ΔT приводит к появлению у траектории декомпрессии температурного минимума и к смене режима плавления поднимающегося материала режимом кристаллизации, при котором температура повышается. Наличие режима кристаллизации — факт очень многозначительный с точки зрения геотермобарометрических наблюдений, свидетельствующих о повышении температуры магм по мере их приближения к земной поверхности. Но объяснение магматизма простым низкотемпературным адиабатическим перемещением вещества как целого сталкивается с отмеченными выше трудностями — если воды в исходном материале мало, мала и степень плавления, и расплав полностью кристаллизуется на малых глубинах (менее 20 км), которым отвечает верхняя часть петлиolidusной кривой.

Затвердевание краевых, соприкасающихся с более холодным окружением частей магматической колонны по обсуждавшимся выше причинам не должно существенно изменять содержание тепла в веществе ее стержневой части. Однако, как оно влияет на химический состав расплава?

Следуя законам термодинамики, все многокомпонентные жидкости при кристаллизации ведут себя таким образом, что расплав накапливает компоненты, понижающие температуру его кристаллизации. Степень этого накопления зависит от динамики процесса, в частности от подвижности компонентов и скорости продвижения фронта затвердевания.

В настоящее время общепринятыми стали представления о кристаллизационной дифференциации глубинного вещества как ведущем механизме формирования разнообразных по составу магм. Они базируются на сопоставлении особенностей химического состава изверженных пород с термодинамическими закономерностями кристаллизации силикатных расплавов. Но, если справедлива дифференциация по основным компонентам расплава, то это должно быть тем более верно в отношении летучих, диф-

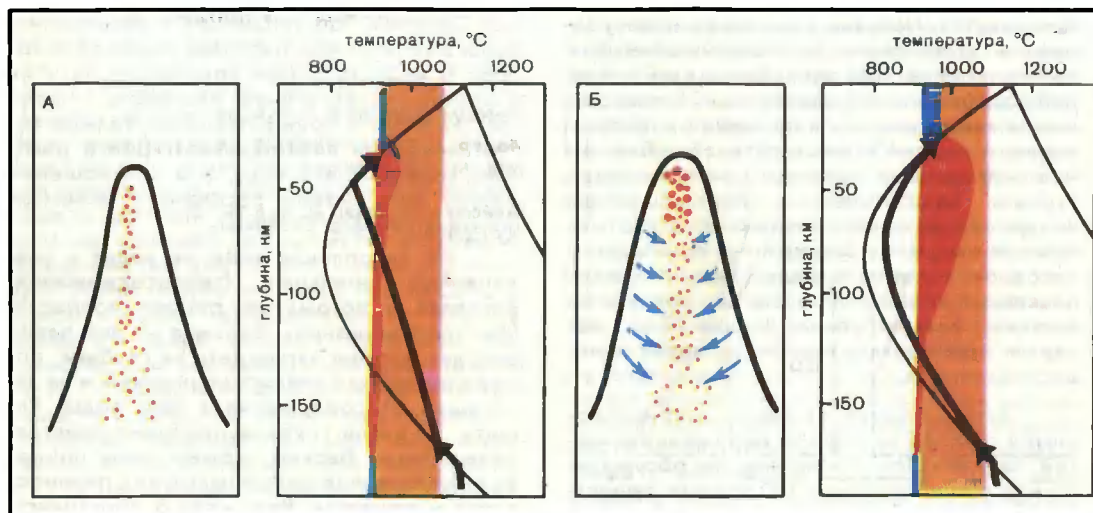
фузионная подвижность которых в расплаве выше подвижности силикатов на несколько порядков и которые понижают температуру кристаллизации расплавов почти катастрофически.

Из кристаллизующихся краевых частей магматической колонны вода оттесняется к центру, где ее появление провоцирует дополнительное плавление с дополнительным понижением температуры. Оказывается, что затвердевание остывающих краев колонны выражается не только в уменьшении общего количества расплава, но и в особом механизме его концентрации в стержневой части генерирующей магму системы. Заметим, что тенденция к накоплению воды в остаточном расплаве переводит вопрос о недостаточном количестве летучих в мантии совсем в иную плоскость — речь уже идет не о принципиальной возможности генерации низкотемпературного расплава, содержащего воду, а о соотношении между количеством расплава и объемом породившей его системы.

Но накопление воды не ведет к увеличению энтальпии (теплосодержания) расплава и потому не решает вопрос о кристаллизационном барьере — все равно расплав должен затвердеть на глубине, определяемой его теплосодержанием и не зависящей от содержания в нем воды. Решить, на какой глубине проходит кристаллизационный барьер, можно лишь приняв во внимание еще один важный вид переноса тепла и вещества. Речь идет о пространственном разделении твердой и жидкой фаз за счет уплотнения зернового каркаса подплавленной «каши» (процесс фильтр-прессинга) или осаждения взвешенных в расплаве кристаллов. Дело здесь в том, что равновеснососуществующие твердая и жидкая фазы при одинаковой температуре различаются по теплосодержанию на величину скрытой теплоты плавления. При отделении расплава энтальпия смеси делится на существенно неравные части — избыток тепла, «захваченный» расплавом, увеличивает температурный интервал его кристаллизации до 200—300° С. Но и последнее верно только в том случае, если появляющийся за счет декомпрессионной кристаллизации твердый материал останется в объеме расплава, что заставит часть теплоты, выделившейся в процессе кристаллизации, расходоваться на его дальнейший нагрев. Если же учесть, что и вновь образующаяся при понижении давления твердая фаза может отделяться от расплава (для этого нужна либо система камер — «отстойников», либо не слишком высокая скорость подъе-

ма магмы), то нетрудно понять, что ограничения на высоту подъема низкотемпературного расплава в данном процессе нет. Как видим, динамика процесса переводит в новую плоскость и вопрос о термодинамическом барьере, препятствующем появлению на поверхности Земли низкотемпературных магм, и вопрос о недостатке летучих в мантии. Этот барьер не исключает подъема расплава, а задает определенное соотношение между количеством излившейся магмы и объемом вещества, от которого она отделилась.

жимается в головную часть колонны, формируется основной вулканический очаг и начинается подъем магмы к поверхности Земли, сопровождаемый декомпрессионной кристаллизацией, повышением температуры и непрерывным отделением кристаллического вещества. Характерная черта этой схемы — глубокий температурный минимум в осевой части генерирующей магму системы. Он-то и объясняет наблюдаемые несоответствия между температурами изливающих лав и температурными условиями под вулканами.



Роль динамических факторов в развитии магматического процесса. А — при адиабатическом подъеме содержащего воду вещества степень плавления мала, поэтому расплав полностью кристаллизуется на верхней ветви солидусной кривой; Б — отщепление воды (синие стрелки) из кристаллизующихся краевых частей магматической колонны увеличивает степень плавления ее ядра, но расплав по-прежнему кристаллизуется на верхней ветви солидусной кривой; Г — разделение твердой (коричневые стрелки) и жидкой фаз, которое выражается в отжиме сформировавшегося в низкотемпературных условиях межзернового расплава, снимает ограничения на возможность достижения расплавом поверхности Земли.

Таким образом, мы приходим к общей картине образования магмы, включающей зарождение магматической колонны на относительно небольшой глубине (ниже точки пересечения геотермы с линией начала плавления перидотита в присутствии воды, т. е. на глубине 50—100 км), затвердевание краевых частей поднимающейся колонны с отщеплением летучих компонентов в ее стержневую часть и дополнительным плавлением этой части. Далее расплав от-

Эта схема может по крайней мере качественно объяснить многие связанные с магматизмом и вулканизмом факты, рассмотрение которых невозможно уместить в рамки статьи, например связь состава магм с характером течения вещества мантии (базальты, дациты, андезиты, риолиты — в областях островных дуг, базальты — в районах срединно-океанических хребтов), происхождение ультраосновных включений в базальтовых магмах, вулканические взрывы и т. д. Согласно этой схеме, очень естественной представляется связь кимберлитовых и, возможно, высокощелочных магм с более глубоинной областью их образования (областью, где температура плавления пород понижена благодаря присутствию CO_2).

Очевидно, что для построения вполне последовательной системы представлений о химической дифференциации вещества в магматическом процессе необходимо подробное экспериментальное изучение фазовых равновесий силикатов в присутствии

летучих компонентов при высоких давлениях и температурах. Не менее актуальным в этой области представляется и выход за рамки чисто термодинамического подхода к объяснению петрологических и геохимических фактов. Рассмотрение роли летучих компонентов в образовании магм достаточно наглядно показывает, насколько важны для понимания этого явления такие процессы, как теплоперенос, газовый перенос, оседание кристаллов, фильтр-прессинг и т. д.

Показателен и тот факт, что, несмотря

на незначительное по сравнению с силикатами содержание летучих в породах коры и мантии, эти компоненты благодаря своей высокой подвижности также способны влиять на химические особенности состава магм, на гидродинамическую картину продвижения к поверхности Земли таких магматических образований, как диапиры, астенолиты, магматические колонны, а следовательно, и на всю тепловую историю земной коры и ее тектонику. Это свидетельствует о необходимости приложения самых серьезных усилий к построению комплексных математических моделей тепловой истории Земли, учитывающих не только физику (уравнения гидродинамики и переноса), но и химию планетарных процессов.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

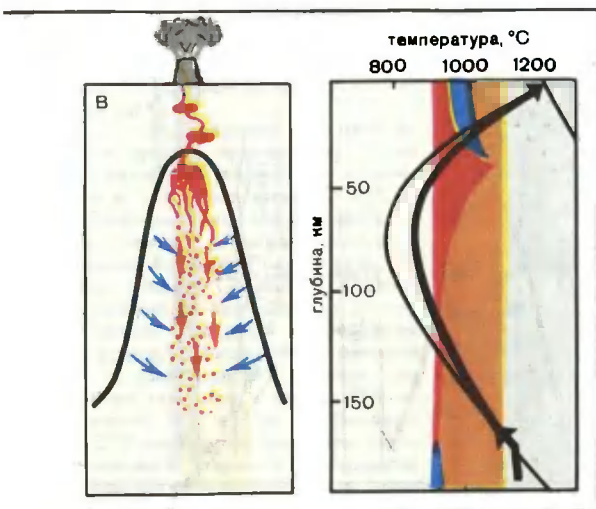
Иодер Х. ОБРАЗОВАНИЕ БАЗАЛЬТОВОЙ МАГМЫ. М.: Мир, 1979.

Майсен Б., Беттчер А. ПЛАВЛЕНИЕ ВОДОСодЕРЖАЩЕЙ МАНТИИ. М.: Мир, 1979.

Пугин В. А., Хитаров Н. И. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПЕТРОЛОГИЯ ГЛУБИННОГО МАГМАТИЗМА. М.: Наука, 1978.

Эпельбаум М. Б. СИЛИКАТНЫЕ РАСПЛАВЫ С ЛЕТУЧИМИ КОМПОНЕНТАМИ. М.: Наука, 1980.

Рингвуд А. Е. СОСТАВ И ПЕТРОЛОГИЯ МАНТИИ ЗЕМЛИ. М.: Недра, 1981.



НОВОСТИ НАУКИ

Метеоритика

Алмазы в метеоритах

До сих пор науке был известен лишь один метеорит, содержащий алмазы. Это метеорит Каньон-Дьябло, который упал на Землю около 50 тыс. лет назад, образовав гигантский кратер в штате Аризона, на Западе США. Очевидно, алмазы в этом метеорите сформировались в условиях мгновенного роста давления при ударе небесного тела о земную поверхность.

Недавно группа сотрудников Смитсоновского института в Вашингтоне, возглавляемая Р. Кларком, обнаружила при лабораторном исследовании метеорита Аллан-Хилс, который был найден американскими полярниками в Западной Антарктиде в 1977 г., ряд мелких включений, также содержащих алмазные кристаллы. Масса этого железоникелевого метеорита всего около 10,4 кг, и специалисты считают ее недостаточной для того, чтобы при падении такого метеорита на Землю возникла

ударная волна с мощностью, необходимой для образования алмазов. Более вероятно предположение, что алмазы в нем появились еще миллионы лет назад, когда это небесное тело столкнулось с другим, находясь в космическом пространстве, где-нибудь в поясе астероидов.

Как показало рентгено-скопическое исследование, в состав метеорита Аллан-Хиллс, помимо алмазов, входят еще две разновидности углерода. Space Flight, 1981, v. 23, № 7, p. 219 (США).

Дифференцированная организация симпатической нервной системы

Б. И. Кочубей
Москва

В Варшавском медицинском институте проведена серия опытов на кошках с целью выяснить пути вегетативной регуляции, осуществляемой баро- и хеморецепторами¹ сосудов.

По традиционным представлениям (см. рис.), находящиеся в головном мозгу центры вегетативной (симпатической) нервной системы создают на основе информации от баро- и хеморецепторов единый «рисунок» симпатической активности. Этот набор нервных возбуждений передается вниз по нисходящим волокнам спинного мозга к спинномозговому вегетативным ядрам, а от них — к последнему «переключательному» реле, расположенному в симпатическом стволе (в организме два таких ствола — толстых нервных тяжа, тянущихся по обеим сторонам позвоночника). Нервные волокна, исходящие из симпатического ствола, несут специфические сигналы, адресованные конкретным органам — сосудам, железам, миокарду. Таким образом, считалось, что симпатическая активность специфична лишь на двух этапах: на первом — от рецепторов к центру симпатической нервной системы и на последнем — от симпатического ствола к органам; на всех промежуточных этапах она носит диффузный характер.

Однако в экспериментах на кошках удалось проследить весьма дифференцированную организацию на всех уровнях симпатической регуляции². Так,

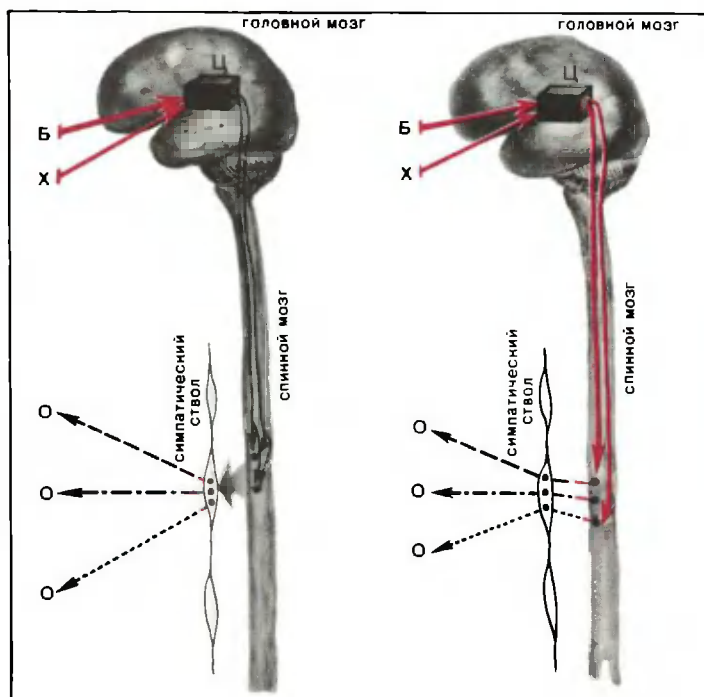


Схема передачи сигналов в симпатической нервной системе (слева — по традиционным представлениям, справа — по новым экспериментальным данным). Ц — центр симпатической нервной системы, Б — барорецепторы, Х — хеморецепторы, О — органы.

в нисходящих волокнах, которые соединяют вышележащие центры с ядрами спинного мозга, четко различаются две подсистемы: одна, связанная с барорецепторами, имеет скорость проведения нервного импульса 3,3 м/с; другая, связанная с хеморецепторами, — 5,4 м/с. В нервах, идущих от реле в симпатическом стволе к сосудам мышц и кожи (последнее звено), обнаружено два типа электрической активности, которые определяются функцией иннервируемых сосудов. Наконец, среди нервных волокон, идущих от спинного мозга к симпатическо-

му стволу (предпоследнее звено), выделено три типа, различающихся как по скорости проведения нервного импульса, так и по частоте импульсации в условиях покоя.

Применение комбинации естественных раздражений баро- и хеморецепторов с электрическим раздражением исходящих от них нервов позволило установить, что из трех этих типов два по характеру электрических ответов идентичны двум типам волокон последнего звена, а свойства третьего типа волокон совпадают со свойствами волокон, иннервирующих потовые железы. Таким образом, соответствие между характером импульсации и функцией иннервируемого органа наблюдается не только в последнем звене, но и в предпоследнем, причем в той же степени. Это означает, что специфичность присуща всем звеньям дуги симпатического рефлекса.

¹ Барорецепторы реагируют на уровень артериального давления; хеморецепторы — на химический состав крови, в частности на содержание в ней углекислого газа.

² Acta physiol. polonica, 1981, v. 32, № 2, p. 155.



КРАСНАЯ КНИГА



Бородача разводят в зоопарке

В. А. Остапенко,
Р. П. Игнатьев

Московский зоопарк

В начале декабря прошлого года в Московский зоопарк был доставлен 8-месячный птенец одной из самых крупных хищных птиц отечественной фауны — бородача (*Gypaetus barbatus aureus*).

Эта редкая, а в некоторых местах исчезающая птица из семейства ястребиных занесена в «Красную книгу СССР» и «Красную книгу Международного союза охраны природы». Ареал бородача охватывает горы Южной Европы, Аравии, Средней и Центральной Азии, Южной, Западной и Северной Африки. Раньше он встречался и в Швейцарских Альпах, но исчез там еще в конце XIX — начале XX в. На территории СССР находится северная часть мирового ареала бородача. Гнездится он на Кавказе, в Туркмении, на западе Таджикистана, Памиро-Алае, в Тянь-Шане и Джунгарском Алатау.

Обитает бородач в скалистых участках гор на высоте от 2 тыс. до 3,5—4,5 тыс. м над уровнем моря. Ни общеприродовая, ни всесоюзная численность его точно неизвестна, но что она сокращается — несомненно.

Название «бородач» этот орел получил не случайно: длинные черные жесткие щетинообразные перья образуют под клювом пучок, напоминающий бороду. Второе название — ягнятник — птица получила незаслуженно: в Западной Европе, откуда оно пошло, бородачей обвиняли в нападении на ягнят. Приписывают им и другие, несвойственные им нападения на горных копытных и даже на человека. В действительности бородачи питаются в основном павшими животными, съедая к тому же много костей, иногда они заглатывают целиком кости до 40 см длиной.



В Московском зоопарке сейчас живет пара взрослых бородачей.
Фото Л. Ш. Штейнбана.

По размерам бородач уступает лишь немногим орлам (белоголовому сипу, тихоокеанскому орлану и кумаю) и достигает высоты 1,1 м, а в размахе крыльев 2,7 м. Верх тела птицы темный с белыми пятнами в основании перьев, крылья и клинообразный хвост серого цвета с серебристым налетом. Голова и брюшная сторона тела беловатые или желтоватые. Ноги густо покрыты перьями.

Биология бородачей мало изучена, а сведения о размножении получены лишь по наблюдениям за птицами в неволе.

Сейчас в зоопарках нашей страны содержится 16 борода-

чей. В Московский зоопарк первый бородач был привезен из Таджикистана в 1949 г., а с 1975 г. здесь живет постоянно пара этих птиц. Кормят бородачей свежим мясом с большим количеством костей. Круглый год их содержат в открытой вольере. В конце января — начале февраля у бородачей наступает период половой активности. В это время птицы, распушив перья на шее, кланяются друг другу, самец клювом перебирает перья на голове подруги. В середине зимы они начинают строить гнездо. До 1980 г. эти обитатели горных высот вынуждены были строить гнезда прямо на земле, используя тот строительный материал, который заготовили служители зоопарка. Из березовых веников, сена, различных веток самка выбирала прутья и строила лоток, внутреннюю часть которого выкладывала сеном. Часто ей



Птенцу бородача один день.

Фото Э. Люттгера.

Два птенца орлана-белохвоста и птенец бородача.

Фото Э. Люттгера.



помогал самец, подавая строительный материал. Нередко самка, уже построив гнездо, разбирала его, а через некоторое время снова приступала к строительству.

Со времени своего появления в Московском зоопарке бородачи несколько раз откладывали яйца, но потомства получить не удавалось: яйца расклеивали сами родители, а однажды они уничтожили даже вылупившегося птенца. Поэтому, когда в феврале 1978 г. самка отложила яйцо (99×68,7 мм, весом 258,8 г) грязно-белого цвета с густыми розовыми штрихами, сотрудники зоопарка забрали его, опасаясь, что птицы расклюют яйцо. В гнездо подложили деревянное, такого же цвета и формы, и бородачи поочередно насиживали его 56 суток. Затем самка взрыхлила вокруг яйца подстилку и, сев на край гнезда, долго рассматривала подкидыша. Как только яйцо убрали, птицы покинули гнездо.

К сожалению, яйцо бородачей изымали напрасно: при искусственной инкубации, по-видимому, не удалось создать необходимые для развития эмбриона условия и он погиб.

На протяжении многих лет в Московском зоопарке ни разу не удалось получить потомство бородачей, хотя в зоопарке Алма-Аты эти птицы размножались, причем не только сами насиживали яйца, но и выкармливали птенцов до их самостоятельности.

В 1980 г. в Московском зоопарке для крупных хищных птиц была построена огромная вольера с искусственной скалой (в естественных условиях бородачи строят гнезда в нишах или выступах скал). Вскоре бородачи построили на скале гнездо, и в феврале 1981 г. самка снесла два яйца.

К этому времени Московский зоопарк заключил договор с зоологом из ФРГ Э. Люттгером, членом Международного союза охраны редких хищных птиц и владельцем питомника хищных птиц в ФРГ (близ Франкфурта-на-Майне). Э. Люттгер взялся инкубировать яйца бородачей, выкормить птенцов и одного из них передать в Москву.

Со всеми необходимыми предосторожностями яйца были отправлены в ФРГ, где на 53-й день искусственного инкубирования они начали наклевываться, а на 55-й появились птенцы. Во время инкубации, как сообщил нам Э. Люттгер, поддерживалась температура 37°C и влажность воздуха 13—20%. Влажность играет немаловажную роль в развитии эмбриона: при слишком высокой влажности не происходит достаточной водоотдачи яйца, а при очень низкой, наоборот, содержимое его усыхает. В том и другом случае эмбрион погибает.

Первый птенец весом 200,41 г (это была самка) самостоятельно появился на свет, а второй — самец — не смог освободиться из скорлупы, и Э. Люттгер должен был помочь ему.

Есть предположение, что в природе бородачи выкармливают птенцов свежим мясом черепах и других животных, давая небольшие, размером с горошину кусочки. Э. Люттгер кормил птенцов свежим мясом голубей через каждые 5—6 часов, а на 10-й день стал добавлять в мясо микроэлементы и большое количество солей кальция.

Э. Люттгер одного птенца — самочку — передал в Вену. Там начата работа по разведению бородачей в неволе с последующей предполагаемой интродукцией их в Альпы. Самца Э. Люттгер привез в Московский зоопарк. Молодая птица резко отличалась от своих родителей окраской, в ее оперении преобладали темно-бурые тона. Светлую окраску, свойственную взрослым бородачам, молодые птицы приобретают в четырехлетнем возрасте.

Сейчас птенец содержится отдельно от родителей.

В 1982 г. пара бородачей вновь построила гнездо, и 9 февраля самка отложила яйцо, которое, так же как и предыдущие два, было отправлено Э. Люттгеру. 5 апреля в его питомнике благополучно появился птенец.

Так, совместными усилиями орнитологи СССР и ФРГ налаживают разведение бородачей в неволе.



Э. Люттгер днем выносит своих подопечных подышать свежим воздухом. Птенцам 4 недели.

Фото Э. Люттгера.

Взрослый бородач. Его высота 1,16 м, а размах крыльев 2,5 м.

Фото Л. Ш. Штейнбака.



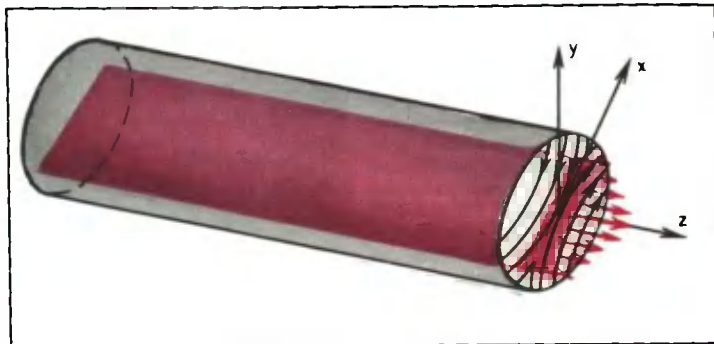
Взрывное разрушение токового слоя и вспышки на Солнце

А. Г. Франк,
кандидат физико-математических наук

Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР

В чем заключается механизм солнечных вспышек? Этот вопрос на протяжении долгих лет волнует ученых. Многолетние наземные наблюдения с помощью оптических и радиотелескопов, и в особенности исследования, проведенные с искусственных спутников Земли, позволили получить колоссальный объем данных об основных проявлениях этого процесса. Вспышка на Солнце подобна очень мощному взрыву, во время которого в широком диапазоне длин волн, от радио- до гамма-излучения, выделяется энергия порядка 10^{25} Дж. К настоящему времени установлено, что эта энергия первоначально накапливается в виде энергии магнитного поля, связанного с электрическими токами, протекающими в атмосфере Солнца. Затем, после достижения некоторого критического состояния, осуществляется процесс так называемого магнитного пересоединения¹, который приводит к быстрому выделению энергии и ее трансформации в энергию потоков плазмы, ускоренных частиц и излучений.

В Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР под руководством С. И. Сыроватского был выполнен цикл работ, которые показали, что необходимый для вспышек запас энергии сосредоточен в окрестности сравнительно тонких и



Плоский токовый слой в вакуумной камере. Цветные стрелки — распределение тока по слою, черные — магнитные силовые линии.

протяженных токовых слоев. Специально поставленные лабораторные эксперименты² могут дать весьма важную информацию о структуре и динамике магнитных полей на протяжении всего процесса вспышки, начиная от стадии накопления энергии вплоть до ее выделения; в свою очередь, эти данные можно сопоставить с другими проявлениями вспышечной активности.

В лаборатории физики плазмы ФИАН плоский токовый слой создавался при возбуждении в плазме электрического тока, направленного вдоль нулевой линии неоднородного магнитного поля³. Путем измерения магнитных полей одновременно шестью миниатюрными зондами, расположенными у поверхности токового слоя, определялись особенности его структуры на последовательных стадиях развития слоя. Было измерено распределение тока в

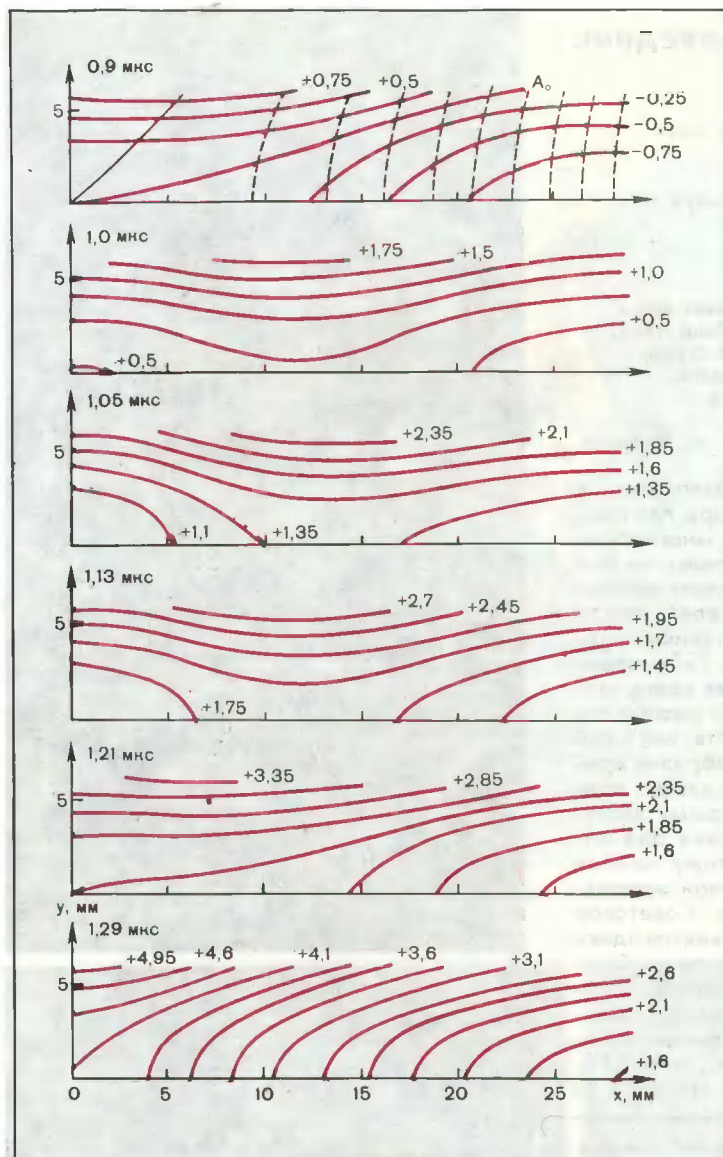
пределах слоя и определено положение магнитных силовых линий в различные моменты времени, что позволило подробно исследовать процесс магнитного пересоединения.

Обнаружено существование двух стадий пересоединения — квазистационарной и взрывной. Во время квазистационарной стадии (в описываемом эксперименте она длилась вплоть до момента $t = 1,2$ мкс) плоский токовый слой разделял две области противоположно направленных магнитных полей с силовыми линиями, вытянутыми вдоль поверхности слоя. По сравнению с исходным магнитным полем, в котором осуществлялось формирование слоя, на этой стадии существенно увеличивалась тангенциальная к слою компонента магнитного поля B_z и уменьшалась нормальная компонента B_y , что соответствовало увеличению запаса магнитной энергии в окрестности слоя. Внутри слоя, т. е. в области локализации тока, впервые была определена структура магнитного поля, оказавшаяся достаточно сложной. Она менялась со временем и могла включать несколько нулевых линий, которые в плоскости (x, y), перпендикулярной току, образовывали нулевые точки X- (седло) и O-типа (центр). В среднем процесс пересоединения магнитных силовых линий на этой стадии протекал сравни-

¹ Подробнее о процессе магнитного пересоединения, токовых слоях и нулевых точках см.: Сыроватский С. И. «Пересоединение магнитных силовых линий в плазме». — Природа, 1978, № 6.

² Сыроватский С. И. Солнечные вспышки в лаборатории. — Природа, 1978, № 2.

³ Богданов С. Ю., Марков В. С., Франк А. Г. — Письма в ЖЭТФ, 1982, т. 35, № 6, с. 232.



Структура магнитного поля токового слоя в различные моменты времени (картина симметрична относительно плоскостей $x=0$, $y=0$). A_0 — центральная силовая линия магнитного поля в момент $t=0,9$ мкс; соседние силовые линии отличаются на $0,25$ кГс · см. Пунктир — силовые линии начального квадрупольного поля, в котором формировался токовый слой. В интервале $0,9$ — $1,21$ мкс плотность магнитной энергии в окрестности слоя увеличивается по сравнению

с первоначальной. В момент $t=1,0$ мкс в центре начинает формироваться нулевая линия 0-типа, которая существует и при $t=1,05$; $1,13$ мкс, превращаясь при $t=1,21$ мкс в нулевую линию X-типа. При $t=1,29$ мкс в результате резко возростания скорости магнитного пересоединения существенно увеличивается магнитный поток, связанный с нормальной компонентой B_y .

тельно медленно, причем скорость его была неоднородна по ширине слоя, что обусловлено, по-видимому, неоднородностью проводимости плазмы. Но это проявлялось лишь во внутренней структуре слоя; конфигурация поля вне слоя была практически неизменной.

В момент $t=1,2$ мкс наступала взрывная фаза пересоединения, в результате которой кардинально изменялась топология магнитного поля и происходило перераспределение тока по ширине слоя: в середине слоя резко возрастала нормальная B_y -компонента магнитного поля при одновременном уменьшении B_x , т. е. ток из середины выбрасывался на края слоя. В момент времени $t=1,29$ мкс в центральной области возникала нулевая линия X-типа с градиентом магнитного поля, втрое превышающим первоначальный (см. рис.). Из сравнения структуры магнитного поля в моменты $t=1,21$ мкс и $t=1,29$ мкс был сделан вывод, что за этот период произошло резкое увеличение скорости пересоединения в середине слоя, а проводимость плазмы уменьшилась примерно в 10 раз по сравнению со средней по слою в этот же момент времени. По мнению авторов, это связано с внезапным переходом центральной области слоя в турбулентный режим. Возникающее взрывное пересоединение магнитных полей вызывает затем макроскопическое разрушение токового слоя.

Таким образом, полученные экспериментальные данные подтвердили возможность длительного существования в плазме токовых слоев, обладающих значительным запасом магнитной энергии, что эквивалентно стадии накопления энергии перед солнечной вспышкой. Изучение взрывной фазы разрушения токового слоя позволило установить, что в этот момент возникают потоки плазмы с высокими скоростями, индуцируются сильные электрические поля, эффективно ускоряющие заряженные частицы. Все это свидетельствует о подобии взрывной фазы солнечных вспышек и процесса разрушения токового слоя в лабораторных экспериментах.

Карадагский заповедник

А. В. Ена,
кандидат географических наук

В. Н. Дубонос,
кандидат биологических наук

Огонь древних недр и дождевая влага
Двойным резцом ваяли облик твой —
И сих холмов однообразный строй,
И напряженный пафос Карадага,
Сосредоточенность и теснота
Зубчатых скал...

М. Волошин

Крымский полуостров относится к тем интереснейшим районам мира, где природа выступает во всем своем многообразии и великолепии. Это обстоятельство было подмечено еще в 1785 г. одним из первых отечественных «открывателей земли Крымской», известным естествоиспытателем и путешественником К. И. Габлицем. Он писал, что «в редких странах света, может быть, можно найти столько разных совокупленных вместе совершенств, как в сей горной здесь полосе...»¹. Своеобразие природы полуострова, обилие уникальных природных памятников создали Крыму заслуженную славу природного музея под открытым небом. Понятна поэтому особая забота об охране этой уникальной природной сокровищницы. За годы Советской власти около 180 природных объектов здесь были взяты под заповедную охрану. Суммарная площадь особо охраняемых природных территорий: заповедников, заказников, памятников природы Крыма — теперь составляет более 677 км², или 2,5% площади полуострова. В СССР это один из

¹ Габлиць К. И. Физическое описание Таврической области по ее местоположению и по всем трем царствам природы. СПб, 1785, с. 10.

Каменные истуканы, сложенные туфобрекчий.

Символ Карадагского заповедника — Золотые ворота.

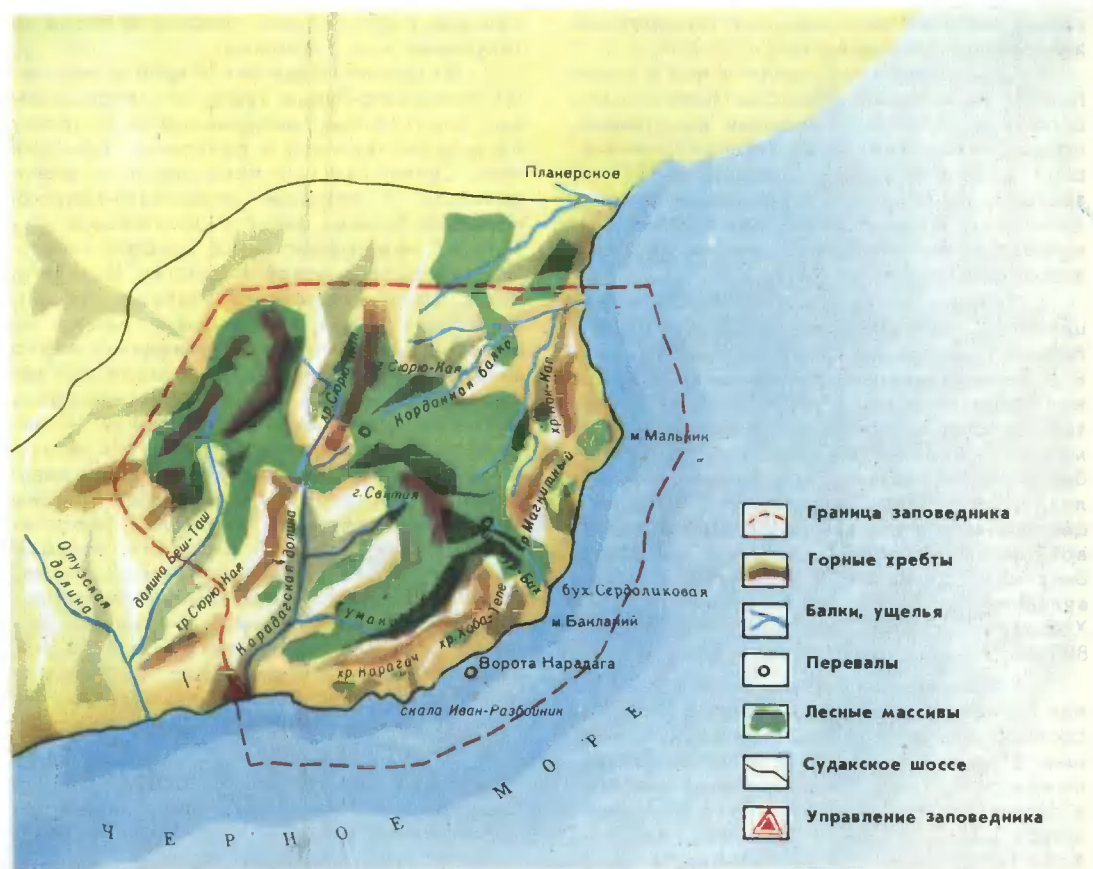
Фото Н. П. Орлова.

Скала Маяк, вздымающаяся над внутренними ущельями хр. Хоба-Тепе.

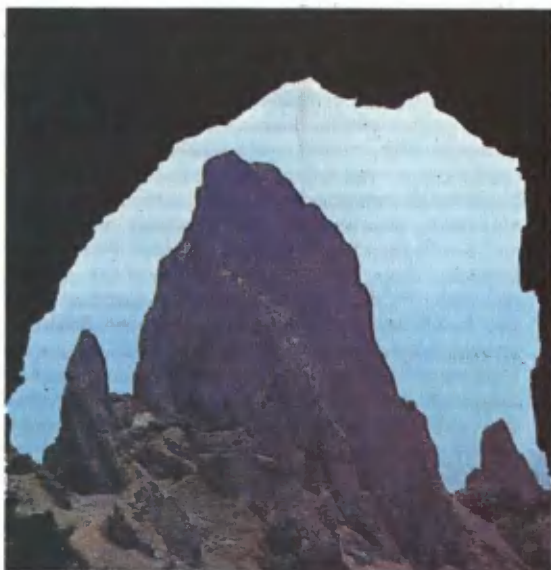
Каменные «башни» на хр. Карагач.

Фото А. В. Ены.





Карта-схема Карадагского государственного заповедника АН УССР.



самых высоких региональных показателей заповедной насыщенности.

Среди наиболее значительных и живописных памятников природы полуострова особо выделяется уникальным сочетанием природных компонентов горно-вулканический массив Карадаг, ставший в 1979 г. третьим заповедником Крыма (наряду с Ялтинским горно-лесным заповедником и заповедником «Мыс Мартьян») и десятым заповедником Украинской ССР.

Карадаг — древний вулкан, находящийся на крайнем юго-востоке Крымского полуострова, между Феодосией и Судакком. Его величественные руины воздымаются над Черным морем в самом сердце воспетой поэтами и художниками древней Киммерии — крайней восточной части Южно-бережья. В среднеюрское время (150 млн лет назад) здесь находилось несколько центров вулканической деятельности среди архипелага островов древнего морского бассейна. Один из действовавших тогда вулканов на месте современного хребта Хоба-Тепе оставил, например, после себя 800-метровую толщу туфов и лав.

Современный Карадаг — это обширная горная группа, включающая в себя несколько хребтов и самостоятельных вершин. В орографии массива четко выделяется на юге и юго-востоке береговой гребень, в состав которого входят круто обрывающиеся к морю хребты Лобовой, Карагач, Хоба-Тепе, Магнитный и Кок-Кая, в центре — куполовидная Святая гора (с максимальной высотой для всего Карадага 577 м) и окаймляющие вулканический массив с запада известняковые хребты Сюрю-Кая, Легенер, Балалы-Кая.

Мертвый вулкан исключительно живописен. Вулканические породы, слагающие Карадаг, своим темным цветом резко контрастируют со светлыми известняковыми хребтами соседних ландшафтов Горного Крыма. Этим и объясняется название массива, означающее в переводе с тюркского «Черная гора».

Карадагский древневулканический массив характеризуется сложным геологическим строением. Наряду с различными вулканическими породами, залегающими в лавовых потоках, дайках и даже в разрушенном канале, служившем проводником лавы на поверхность, здесь немало обнажений осадочных отложений — триас-юрских сланцев и песчаников, верхнеюрских известняков. Эта каменная мозаика усложняется многочисленными деформациями, сминающимися пласты туфов и лав в сложные

складки, разбивающие массив на блоки по тектоническим разломам.

В строении Берегового хребта участвуют желтовато-бурые туфы, спилитовые лавы, кератофиры, внедрившиеся в толщу по жерлам вулкана и разломам. Большая часть Святой горы сложена трасом — очень красивой и прочной зеленовато-голубой породой, больше нигде в Европейской части СССР не встречающейся. Широко известно минералогическое богатство Карадага. Здесь сосредоточена четвертая часть минеральных видов, описанных в Крыму — всего их на территории заповедника около пятидесяти. Особо ценными среди них являются природные цеолиты. Немало здесь встречается самоцветов: большое количество разновидностей кварца и его скрытокристаллических форм — халцедона. На Береговом хребте и Святой горе широко представлены горный хрусталь, фиолетовый аметист, красный сердолик, голубой сапфирин, зеленоватый хризопраз, разнообразные агаты, ониксы. Склоны Берегового хребта изобилуют мощными жилами пестрых яшм с множеством их разновидностей. Например, только на Карадаге известна исключительно декоративная золотистая парчовая яшма — царица крымских самоцветных камней.

Вскрытые активными денудационными процессами яшмовые жилы и выходы туфобрекчий с включениями так называемых агатовых миндалей являются одними из наиболее привлекательных каменных «экспонатов» заповедника.

Не менее интересна геоморфология Карадага. Рельеф массива отличается исключительной сложностью и разнообразием. Хребты чередуются с долинами. Во многих местах разность относительных высот достигает 150—300 м. Тяжелые неприступные скалы, нависающие трехсотметровыми обрывами над морем, расчленены глубокими труднодоступными ущельями. Береговая полоса Карадага изобилует множеством миниатюрных бухточек и обрывистых массивных мысов: утесы Иван-Разбойник, Лев, Маяк, гроты Мышиная щель, Шайтан, Ревущий, знаменитая Сердоликовая бухта и еще более популярная базальтовая арка, поднимающаяся из морских глубин — Золотые Ворота Карадага. Большинство этих форм рельефа созданы интенсивными современными физико-географическими процессами — выветриванием, денудацией, абразией. Различающиеся по плотности вулканические породы разрушаются с неодинаковой скоростью и формируют скалы самых причудливых очертаний.



Из ущелья Коя-Кошпа открывается вид на скалы Лев, Золотые ворота и Иван-Разбойник.

Фото А. В. Ены.

Вершина Карагача увенчана оригинальными каменными зубцами и пиками туфобрекчий, получившими названия Трона, Короля, Королевы и Свиты. Неподалеку отсюда — другие «исторические» экспонаты: вершина Шапка Мономаха и охраняющий ее Воин, причудливые фигуры выветривания хребта Хоба-Тепе — каменные башни, столбы, а на Магнитном — даже скала Сфинкс (Чертов палец).

Климат той части Горного Крыма, где расположен Карадаг, умеренно-теплый с относительно небольшим количеством атмосферных осадков (около 350 мм в год). Эти условия, наряду с геолого-геоморфологической пестротой и приморским положением массива, определили мозаичность почвенного покрова и своеобразие живой природы. На сравнительно небольшой площади заповедника — около 2000 га — насчитывается 1100 видов сосудистых рас-

тений — это почти половина всей флоры Крыма! Такой плотности флористического богатства не встречается больше нигде не только в Крыму, но и во всей Европейской части СССР. Более того, Карадаг по праву можно назвать центром крымского неозендеизма.

Растительность заповедника имеет ярко выраженный мозаичный характер, повторяя пестроту рельефа и горных пород.

Почти на половине территории Карадага преобладают дубовые, дубово-грабовые и дубово-ясеневые леса. Большой научный интерес представляют ныне немногочисленные вообще в Крыму редколесья можжевельника высокого и фисташки туполистой: на Карадаге они находятся на крайнем восточном пределе своего крымского ареала.

Степная растительность, занимающая около трети заповедной территории, представлена ковыльными, овсяницевыми и костровыми формациями. Значительная площадь занята производными типами растительности, зарослями кустарников. Часть



Крокус сузианский.

Фото В. Ю. Нарквявичуте.

Тюльпан коктебельский — эндемик Карадага.
Фото В. Ю. Нарквявичуте.

территории покрыта искусственными насаждениями из сосны крымской, вида несвойственного Карадагу и плохо здесь приживающегося.

В богатой флоре заповедника много редких и эндемичных видов, часть которых занесена в «Красные книги» СССР и УССР. Около четверти крымских эндемиков (почти 60 видов) найдены здесь. Только на Карадаге встречаются боярышник Поярковой, тюльпан коктебельский, эремурус Юнге,

пупавка Траншеля, пажитник Фишера. в «Красную книгу СССР» занесены обитающие здесь — можжевельник высокий, подснежник складчатый, дельфиниум Палласа, крокус сузианский, многие из орхидей. В целом по заповеднику в «Красную книгу СССР» внесено 15, а в «Красную книгу УССР» — 18 видов.

Являясь частью фауны Южного Крыма, комплекс животного населения Карадага несет на себе средиземноморские чер-

Пестрая яшма.

Фото И. Н. Васильева.



Трас и сердолик.

Фото И. Н. Васильева





Можжевельник высокий.

Фото В. Ю. Нарквичуте.

ты, а эндемичные формы свидетельствуют о давней территориальной изоляции полуострова. Список фауны заповедника насчитывает около 140 видов птиц (с перелетными и зимующими), 35 видов млекопитающих, 10 — пресмыкающихся и 4 вида земноводных. Разнообразие рельефа и растительности определяют многообразие местообитаний заповедника. На приморских скалах Берегового хребта обитают чайка серебристая (колонии ее увеличились



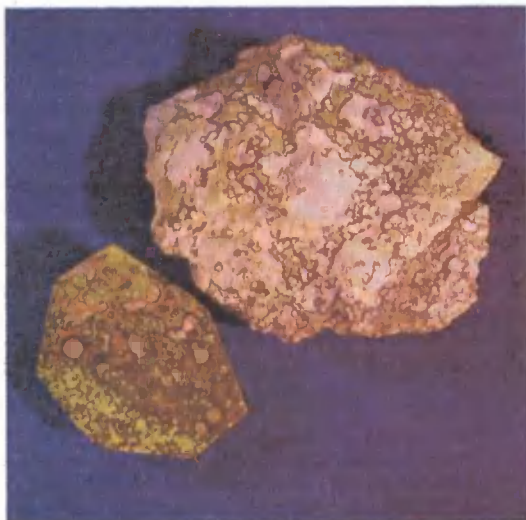
Подснежник складчатый.

Фото И. П. Орлова.

после организации заповедника) и баклан хохлатый. Обильны стайки белобрюхих стрижей, сизого голубя, часто можно услышать характерные позывки кекликов. Многочисленные щели и гроты скрывают летучих мышей. По северному склону Берегового хребта, по степным и лесостепным участкам заповедника встречаются черноголовая, серая славки, садовая овсянка. Доносятся флейтовые переливы иволги и посвисты черного дрозда, в низких доли-

Парчовая яшма.

Фото И. Н. Васильева



Халцедон.

Фото И. Н. Васильева.



нах в подлесе слышны трели соловья. Много здесь также зябликов, скворцов, просянок.

Богат птичий мир заповедника, но за последние 20—25 лет он понес значительные потери. Исчезли крупные хищники, достойно украшавшие веками небо Карадага: орлан-белохвост, могильник, белоголовый сип, стервятник, большой подорлик и многие другие. Чрезвычайно редким стал сокол сапсан, не видны зимородки. К сожалению, надежд на реакклиматизацию этих птиц в обозримом будущем очень мало из-за резкого сокращения их ареалов, либо полного исчезновения на полуострове.

Из зверей сегодня в заповеднике встречаются лисица, еж, каменная куница, белка, барсук, желтогорлая и лесная мышь. Землеройки представлены малой белозубкой. Животный мир Карадага также понес ощутимый урон: нет больше сусликов, большого тушканчика, хомячка. Из восьми видов летучих мышей, отмеченных зоологами на Карадаге, семь ныне занесены в «Красные книги», в последние годы встречаются только три вида — нетопырь карлик, большой и малый подковоносы. А ведь в 20—30-е годы в пещерах Берегового хребта колонии летучих мышей насчитывали десятки тысяч особей.

Особый интерес представляют некоторые виды пресмыкающихся заповедника. Здесь, на крайнем востоке Крымского Субсредиземноморья, находится одно из немногочисленных местообитаний таких очень редких, занесенных в «Красную книгу Международного Союза охраны природы» видов, как леопардовый полоз и крымский геккон. Обычны здесь желтобрюхий полоз, эндемичная крымская ящерица, встречается желтопузик.

Многообразен и ярок мир насекомых заповедника. Распределяясь по биотопам, насекомые дополняют сложную мозаичную картину уникальной природы заповедника. Так, южные склоны хребтов Сюрю-Кая и Балалы-Кая, сложенные известняками и сильно прогреваемые солнцем, привлекают многие виды дорожных, роющих и настоящих ос. Заповедник в целом богат перепончатокрылыми. Лес служит пристанищем многих жуков, полужесткокрылых, наездников, пчел и т. д. В зените летнего дня степные и лесостепные участки заповедника наполняются стрекотанием кузнечиков, саранчевых и цикад, а к вечеру их сменяют трели сверчков, гармонично вплетающиеся в неповторимый колорит крымской ночи.

Настоящим украшением заповедника



Эндемичная ящерица крымская.
Фото А. В. Ены.

являются многочисленные бабочки — парусники, сатиры, шашечницы, голубянки. Наиболее красивы из них — подалирии, махаон, цирцея, крупные бражники. В целом энтомофауна Карадага изучена слабо, и предстоит длительная и кропотливая работа по ее инвентаризации. Из редких и эндемичных насекомых заповедника зоологи выделяют жужелицу крымскую, богомолов, эмпузу полосатую, боливария, молящца, жука-оленья, крымского бескрылого кузнечика, аскалафа пестрого. Обнаружены редкие виды наездников, клопов.

Не менее богата и разнообразна своим растительным и животным миром черноморская акватория Карадага, примыкающая к наземной части заповедника. Из всего карадагского природного комплекса морская флора и фауна изучены наиболее полно. Это связано с деятельностью организованной у подножия горного массива еще в 1914 г. приват-доцентом Московского университета Терентием Ивановичем Вяземским Карадагской биологической станции². На протяжении многих десятилетий морские фаунистические и флористические исследования были основными в научной деятельности станции. Подробно изучались рыбы, ракообразные, моллюски, кольчатые черви, кишечные

² Теперь это Карадагское отделение Института биологии южных морей АН УССР (Севастополь).



Леопардовый полоз. Занесен в «Международную Красную книгу».

Фото М. М. Бескаравайного.

полостные, асцидии, велись количественные съемки основных биотопов шельфовой зоны, культивировались некоторые морские организмы. Весьма подробно изучалась гидрология и гидрохимия прибрежных вод. Многолетние стационарные исследования (долгое время проводившиеся под руководством К. А. Виноградова) планктона, бентоса, ихтиофауны привели к тому, что к 1950 г. район моря, прилегающий к Карадагу, оказался одним из наиболее изученных во всем Черноморском бассейне. Выяснилось, что Карадагская акватория очень разнообразна по систематическому составу и по основным группам флоры и фауны и содержит до 50—70% от всех видов, обитающих в Черном море. Здесь были описаны новые для науки роды и виды животных и много новых видов для Черноморского бассейна.

История создания на Карадаге заповедника, охраны этого уникального уголка крымской земли насчитывает тоже не один десяток лет.

Впервые мнение о необходимости охраны природы Карадага было высказано еще в 1922 г. известным палеонтологом А. П. Павловым, который, выступая на Всероссийском научном курортном съезде в Москве, поставил вопрос о создании на Карадаге национального парка. Позднее, в 1924 г. первый директор Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского — А. Ф. Слудский — опубликовал брошюру «О Национальном парке на Карадаге»,

в которой научно обосновал первоочередные задачи по созданию парка и его будущие границы. Однако первые практические меры по охране Карадага были приняты только после Великой Отечественной войны. В 1947 г. постановлением Крымского облисполкома геологические обнажения и участок леса на Карадаге были объявлены памятником природы. Затем, в 1963 г. Карадаг обрел статус памятника природы республиканского значения и, наконец, в августе 1979 г. здесь был образован государственный заповедник.

Организация Карадагского государственного заповедника открыла новую страницу в охране и изучении этого уникального ландшафта. Уже разработаны комплексные программы по изучению геологии и геоморфологии, флоры и фауны этого природного региона. В реализации программ помимо сотрудников заповедника участвуют ведущие институты АН УССР — Институт биологии южных морей, Институты зоологии и ботаники, Институт геологических наук, Институт минеральных ресурсов Министерства геологии УССР, Никитский ботанический сад, Киевский и Симферопольский университеты.

Среди первоочередных задач — детальная геологическая и геоморфологическая съемки территории, составление кадастров флоры и фауны, выявление и картографирование местообитаний редких и эндемичных видов, реакклиматизация автохтонных видов, ландшафтные исследования. Надлежит выявить основные источники антропогенных влияний на заповедник и пути нейтрализации их.

На базе Карадагского заповедника целесообразно в дальнейшем осуществлять научную разработку вопросов динамики естественных природовосстановительных процессов и экологических проблем в ландшафтных условиях крайнего юга Европейской части СССР. Организация комплекса стационарных наблюдений на Карадаге явится ценным вкладом в систему мониторинга состояния природной среды, динамики и ритмики ландшафтов Крымского Субсредиземноморья.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Ена В. Г. В ГОРАХ И НА РАВНИНАХ КРЫМА. Симферополь: Таврия, 1973.

Лебединский В. И. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЭКСКУРСИИ ПО КРЫМУ. Симферополь: Таврия, 1976.

Рубцов Н. И. РАСТИТЕЛЬНЫЙ МИР КРЫМА. Симферополь: Таврия, 1978.

Земледелие древних майя

В. И. Гуляев



Валерий Иванович Гуляев, доктор исторических наук, старший научный сотрудник Института археологии АН СССР. Специализируется по археологии и древней истории Мексики и Центральной Америки. Автор книг: *Америка и Старый Свет в доколумбову эпоху*. М., 1968; *Древнейшие цивилизации Мезоамерики*. М., 1972; *Идолы прячутся в джунглях*. М., 1972. В «Природе» опубликованы статьи: *Неизвестные колумбы* (1967, № 5); *Каналы древних майя* (1981, № 5).

Проблемы сложных взаимоотношений человека и природы, роль географического фактора в развитии древнего человеческого общества всегда занимали важное место в исследованиях ученых как естественного, так и гуманитарного профиля. Особенно значительный размах получили эти исследования в последние годы. За рубежом из рамок археологической науки сейчас даже выделилась особая, так называемая экологическая археология¹. И археологи, работающие в этом направлении в тесном содружестве с представителями других научных дисциплин, добились уже весьма весомых результатов, изучая древние цивилизации как Старого, так и Нового Света².

Экологический подход представляется особенно перспективным при исследовании тех многочисленных проблем и загадок, которые оставила после себя цивилизация древних майя, существовавшая в Центральной Америке с I по XVI в. н. э. Первый, наиболее яркий этап в развитии

этой цивилизации — классический — длился с I по IX в. и закончился невиданной по масштабам катастрофой, причины которой остаются пока во многом неизвестными. В многочисленных городах-государствах лесной равнинной зоны на юге Мексики и севере Гватемалы жизнь прекратилась в конце IX — начале X вв. и никогда уже больше не возрождалась вновь. А развитие цивилизации майя, несколько трансформированной иноземными влияниями, продолжалось до появления европейцев в XVI в. на п-ове Юкатан и в горных районах Гондураса и Гватемалы. Культуру майя по праву называют «культурой-загадкой», «культурой-феноменом».

Прежде всего, непонятно: каким образом могла столь высокая цивилизация существовать в течение многих веков в явно неблагоприятной, по представлениям большинства современных ученых, природной среде — влажных тропических лесах, однообразных и неизменно враждебных человеку?

Некоторые исследователи справедливо считают, что решающей экономической силой в происхождении и развитии древнейших цивилизаций явилось интенсивное высокопродуктивное земледелие, и прежде всего земледелие ирригационное. Однако и сейчас еще немало специалистов утверждают, что майя испокон веков использова-

¹ Evans I. G. An introduction to environmental archaeology. N. Y., 1978.

² McAdams R. C., Nissen H. I. The Uruk countryside: the natural setting of urban societies. Chicago, 1972; Sanders W. T. The Basin of Mexico, ecological processes in the evolution of a civilization. N. Y., 1979.

ли самую примитивную — подсечно-огневую — систему земледелия, которая требовала больших массивов свободной земли и частой смены выжигаемых участков в связи с быстрым истощением почвы. Такое земледелие не могло, по подсчетам этих ученых, обеспечить пищей сколько-нибудь значительное население. Как же в таком случае появились у майя многочисленные и цветущие города? Почему эти города существовали непрерывно на одном и том же месте на протяжении сотен, а то и тысяч лет?

Территория культуры майя в I тысячелетии н. э. Границы культурно-географических областей показаны цветными линиями; черными квадратами обозначены древние города.

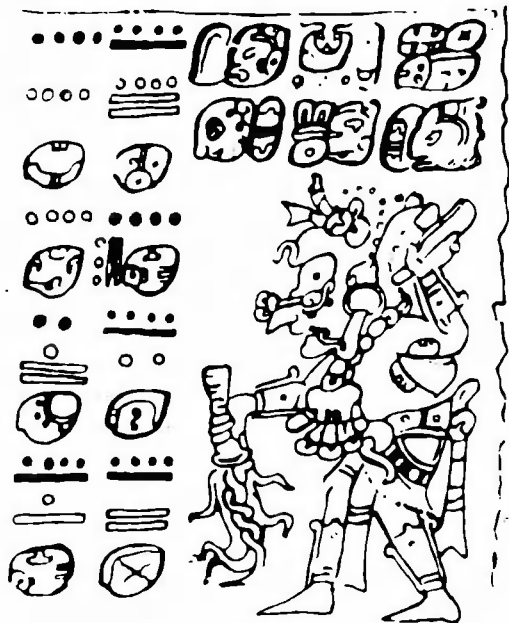


ПРИРОДНАЯ СРЕДА

К моменту появления европейских завоевателей (XVI в.) майя занимали обширную территорию, в пределах которой обычно выделяют три культурно-географических области. **Северная область** охватывает весь п-ов Юкатан — плоскую известняковую равнину с кустарниковой растительностью, кое-где пересеченную цепями не-

высоких каменистых холмов. Бедные и тонкие почвы полуострова не слишком благоприятны для земледелия. К тому же здесь нет рек, озер и ручьев; единственным источником воды, если не считать дождей, служат карстовые колодцы. **Южная область** включает горные районы и тихоокеанское побережье Южной Мексики и Гватемалы. Основу **Центральной области** составляет обширная территория департамента Петен (Северная Гватемала) и прилегающих к нему: с запада — мексиканских штатов Табаско, Чьяпас и Кампече в бассейне р. Усу-

масинты, впадающей в Мексиканский залив; с востока — районов нынешнего Белиза с сетью рек, текущих к Карибскому морю; с юга — западного района Гондураса с реками Мотагуа и Чамелекон. По своим природным условиям Центральная область — это холмистая известняковая низменность, лежащая на высоте 30—200 м над ур. м. Большая часть территории покрыта влажными тропическими лесами, кото-



Бог ветра и дождя К'аш-наш с факелом и топором-кельтом в руках (Дрезденская рукопись, XII в.).



Сев майса с помощью палки-копалки (Мадридская рукопись, XV в.).

рые чередуются с травянистыми саваннами, болотистыми низинами и озерами. Плодородный слой почвы встречается здесь чаще, чем на Юкатане, и имеет большую толщину. Климат теплый, тропический. Год делится на два сезона: сухой (с конца января до конца мая) и сезон дождей. Всего выпадает от 1000 до 3000 мм осадков в год. В сухой сезон дождевой воды недостаточно ни для земледелия, ни для бытовых нужд местного населения — приходится прибегать к строительству искусственных водоемов и резервуаров.

Именно равнинные лесные районы в Центральной и Северной областях стали колыбелью городов-государств майя классического периода. Представление ряда зарубежных исследователей о какой-то особой враждебности человеку центрально-американской природы основано, на мой взгляд, на неверной посылке, ибо исходит из европоцентристских воззрений на мировую историю.

Индейцы майя обосновались в лесной зоне на юге Мексики и севере Гватемалы еще во II тысячелетии до н. э. И не только освоили эти «гиблые», с точки зрения современного человека, джунгли, но и создали здесь высокоразвитую цивилизацию, просуществовавшую по меньшей мере 10 веков! Нужны ли после этого какие-то другие доказательства их полной адаптации к окружающей природной среде?

Не соответствует действительности и весьма распространенное мнение о каком-то однообразии природных условий в низменных лесных областях майя. На самом деле, как пишет американский исследователь У. Брэй, «эта зона экологически не едина. Количество осадков, растительный покров, толщина почв и период восстановления их плодородия значительно варьируются от одного района к другому, поэтому любое исследование в области экологии должно принимать во внимание наличие таких экологических микрорайонов, как берега озер, возвышенные участки речных долин, ежегодно затопляемые поймы рек, травянистые саванны и болотистые низины, точно так же, как и разницу в самом характере леса»³.

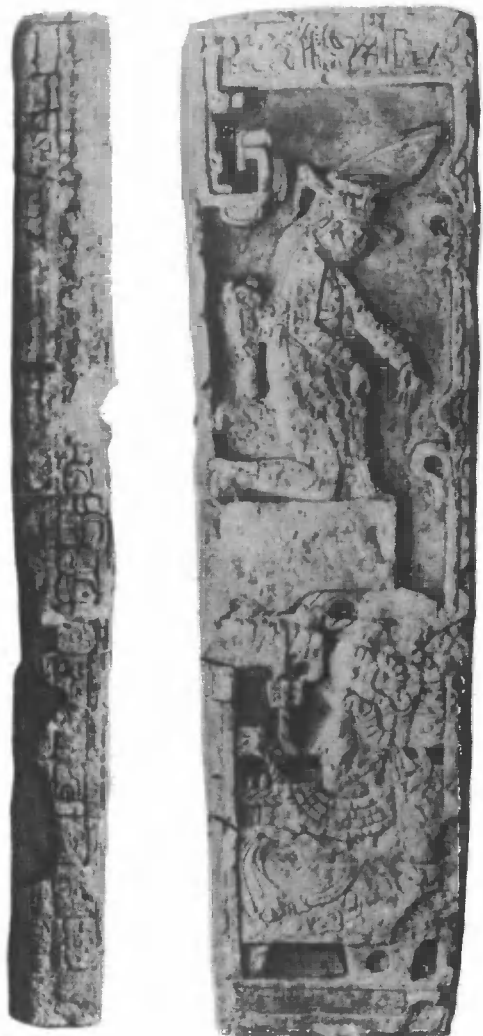
Такое разнообразие природной среды обусловило, видимо, и разнообразие приемов и методов главной хозяйственной системы доколумбовой Америки — земледелия.

³ Bray W. Land-use, settlement pattern and politics in prehispanic Middle America: a review. — In: Man, Settlement and Urbanism. L., 1972, p. 909.

ОСОБЕННОСТИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ МАЙЯ

Считается общепризнанным, что тот вид экстенсивного подсечно-огневого земледелия — система «милпа»⁴, — который обнаружили у индейцев Юкатана в XVI в. испанские конкистадоры, был широко распространен у майя на всей их территории начиная по меньшей мере с конца II тысячелетия до н. э. Во всяком случае, все виды дошедших до нас этноисторических источников рисуют именно такую картину. Большое значение майсового подсечно-огневого земледелия в жизни майя нашло свое отражение и в их религиозных представлениях, мифологии, искусстве.

В уцелевших иероглифических рукописях XII—XV вв. тексты религиозно-календарного содержания сопровождаются многочисленными цветными рисунками, с исключительной достоверностью отражающими все основные моменты земледельческого цикла: вырубку и выжигание участков в лесу, сев и т. д. Причем действующими лицами во всех этих актах являются божества — покровители земледелия. Наиболее часто в рукописях изображен персонаж с «глазом бога», с длинным крючковатым носом и кривыми клыками, торчащими изо рта. Он изображается на фоне дождя, с топором, горящим факелом и палкой-копалкой, т. е. с орудиями подсечно-огневого земледелия. Это — бог ветра и дождя К'аш-иш. В рукописях часто можно найти и просто изображения основных земледельческих орудий майя — палки-копалки, топора, факела. В древности покровитель земледельцев носил имя Ч'ак — «Топор»; в данном случае топор — не оружие, а главное орудие земледельца⁵. Согласно списку 13 небесных богов древних майя I тысячелетия н. э., Ч'ак был владыкой 6-го неба. Иероглиф лицевого варианта цифры 6 представляет собой «портрет» этого божества с горбатым коротким носом и оскаленными верхними резцами. Наиболее характерный его отличительный признак — стилизованный знак топора, вписанный в глаз. Таким образом, в условиях господства милповой системы земледелия топор стал главным



Ритуальный сев: правитель бросает горсть зерен майса (стела 40, городище Пьедрас-Неграс, Гватемала, I тысячелетие н. э.).

орудием земледельцев майя и важнейшим атрибутом их бога-покровителя.

Среди разнообразных произведений искусства майя в I тысячелетии н. э. можно также отметить немало мотивов, связанных с подсечно-огневым земледелием. Сложное мотыгообразное орудие представлено на одном из каменных рельефов с городища Тикаль. Правитель (или жрец), облаченный в пышный костюм с изображением лягушки на груди (земноводные у американских индейцев всегда ассоциируются с водой, дождем, плодородием), левой рукой опирается на мотыгу или усовершенст-

⁴ «Милпа» — ацтекское слово; буквально — «майсовое поле». Термин употребляется для обозначения особой системы тропического подсечно-огневого земледелия в Мексике и Центральной Америке, основанного на выращивании майса (кукурузы), фасоли и т. п.

⁵ Киорозов Ю. В. Письменность индейцев майя. М.—Л., 1963, с. 171, 210.

вованную палку-копалку, а правую поднял ладонью вверх, как бы взывая к богам.

В другой группе каменных скульптур (стелах из Тикаля, Пьедрас-Неграса и других древних городищ) запечатлены сцены ритуального сева, совершаемого, по-видимому, лично правителем города-государства. Так, на одной из стел в Пьедрас-Неграсе правитель, облаченный в головной убор из листьев маиса, стоя на коленях на платформе или троне, бросает горсть зерен, взятых, видимо, из длинной узкой сумки, которую он держит в левой руке. Внизу изображено божество земли. Вся сцена обрамлена с боков длинными стеблями маиса. Общий аграрно-культовый характер этого изображения не вызывает сомнений. Довольно значительную группу в искусстве древних майя составляют изображения божеств — покровителей земледелия (боги маиса, какао и др.).

И все же, несмотря на приведенные исторические свидетельства, многие вопросы, касающиеся системы мильпового земледелия майя, оставались до недавнего времени неясными. Прежде всего, требовалось определить реальную продуктивность такой системы.

До 60—70-х годов считалось, что майя в I тысячелетии н. э. практиковали подсечно-огневое земледелие того же самого типа, что и их потомки в XVI в. и даже в наши дни. Это означает, что мильповое земледелие было главным занятием рядового общинника и что главная его культура — маис — была тогда такой же, как и сейчас. Однако результаты самых последних археолого-ботанических исследований заставляют усомниться в правильности подобных представлений.

Возделывание маиса по системе «мильпа» — это явно экстенсивная форма земледелия. Она чаще всего используется там, где обстоятельства затрудняют применение более интенсивных методов, или там, где сравнительно редкое население и много свободной земли. Чаще всего мильповое земледелие представлено в лесных равнинных областях тропической зоны. Суть его состоит в расчистке от зарослей участка джунглей, выжигании его и посадке семян маиса в удобренную золой почву в начале сезона дождей. Если исходить из потребностей и состава пищи современных индейцев майя, то средняя семья нуждается примерно в 1200—1400 кг зерна маиса в год. Видимо, такие же потребности были у майя и в момент испанского завоевания в XVI в. Мексиканский этнограф Б. Васкес установил, например, что современные

майя, сохранившие подсечно-огневое земледелие, получают сейчас на п-ове Юкатан урожай маиса в среднем по 7 ц/га. Чтобы прокормиться, семья, состоящая обычно из пяти человек, должна засеивать около 3 га. Суточный расход маиса составляет здесь 4 кг на семью, и, таким образом, на ее обеспечение уходит в год 1460 кг, а 640 кг остается. Чтобы полностью обработать поле в 3 га и собрать урожай, требуется около 150 восьмичасовых рабочих дней. Следовательно, у индейца оставалось свободной для других дел больше половины года.

Однако подсечно-огневое земледелие накладывало на жизнь майяских общин и свои ограничения. После трех лет непрерывного возделывания поле должно находиться под паром не менее 4—8 лет. Следовательно, на каждый обрабатываемый участок приходилось в 4—8 раз больше земли, находящейся под паром. Любое сокращение периода восстановления плодородия почвы ведет к потере урожайности. А это строго лимитирует численность населения. При его количественном росте требуются новые массивы земель. По подсчетам специалистов⁶, мильповое земледелие могло обеспечить пищей максимум 76 человек на 1 км². Но если учесть обилие древних руин классического периода в лесных зарослях Южной Мексики и Северной Гватемалы, где через каждые 15—20 км встречаются остатки крупного городского центра с каменными дворцами и храмами, то общие возможности мильпового земледелия по обеспечению столь значительного населения (а по самым скромным подсчетам, оно превышало 2 млн человек) представляются явно недостаточными. Здесь, видимо, возможны два объяснения: либо в I тысячелетии н. э. у майя имелись какие-то иные, более интенсивные, чем система «мильпа», виды земледелия, либо сама эта система носила несколько иной, более продуктивный характер. Как показали недавние агроботанические и археологические исследования, древнее население низменных лесных областей майя применяло и улучшенный вариант подсечно-огневого земледелия, и более интенсивные способы ведения земледельческого хозяйства.

Сравнительно высокая продуктивность подсечно-огневого земледелия майя объясняется целым рядом причин.

Безусловно, во многом она связана с созданием к началу I тысячелетия н. э.

⁶ McAdams R. E. Prehistoric Mesoamerica. N. Y., 1977, p. 140.

Так выглядит современная мильпа сразу после выжигания растительности (окрестности древнего города Майяпан, Мексика, п-ов Юкатан).

Руины древнего городища Лабна (п-ов Юкатан, конец I тысячелетия н. э.).

Руины храмов в центре Эцим (п-ов Юкатан, I тысячелетие н. э.).

Фото автора.





Глиняная статуэтка бога маиса (область Альта-Верпас, Гватемала, VII—IX вв.).

стройного агрокалендаря, регламентирующего сроки и очередность всех сельскохозяйственных работ. Создателями и хранителями его были жрецы, которые облекали свои предписания в весьма строгую форму. Из старых документов и хроник известно, как тщательно жрецы устанавливали день выжигания растительности на участках. Это и понятно. Если бы их расчеты оказались ошибочными, был бы сорван важнейший этап полевых работ (ведь выжигание производилось в самом конце сухого сезона, поэтому затяжка сроков могла стать роковой: льющие здесь 5—6 месяцев подряд ливневые дожди помешали бы сжиганию деревьев и кустарников).

Астрономические расчеты мая отличались поразительной точностью. Исследуя руины древнего города Копан в Гондурасе, археологи обнаружили две каменные стелы, расположенные друг против друга на вершинах холмов, которые замыкали с запада и востока долину Копана. Стелы разделяют по прямой около 7 км. Если смотреть от восточной стелы, можно установить, что солнце заходит за западную стелу всего два раза в году: 12 апреля и 7 сентября. Первая дата приходится на самый конец

сухого сезона. Поэтому ученые предполагают, что 12 апреля определяло начало выжигания растительности на полях вокруг Копана⁷. Когда вечером 12 апреля солнце заходило точно за стелу на западе, по всей долине рассылались гонцы, извещавшие земледельцев о том, что боги приказали утром начать выжигание полей.

Земледельцы мая путем длительных опытов сумели вывести высокоурожайные сорта основных сельскохозяйственных растений — маиса, бобовых, тыквы, а ручная техника обработки небольшого лесного участка и сочетание на одном поле посевов нескольких культур (например, маиса и фасоли) позволяли долгое время сохранять его плодородие и не требовали частой смены участков. Н. И. Вавилов писал: «Поля на Юкатане, как и в Чиापаса, на юге Мексики, в Гватемале около Антигуа, нередко представляют собой как бы сообщество различных культурных растений: фасоль обвивает кукурузу, а между ними растут различного рода тыквы. Смешанная культура (курсив мой. — В. Г.) является господствующей в Мексике». И далее: «Естественно, что ручная культура мая, так же как ацтеков и сапотеков, должна была быть интенсивной (курсив мой. — В. Г.). Отсутствие сельскохозяйственных животных заставило человека ограничить площадь посева небольшими участками, обрабатывать тщательно небольшие площадки, вырабатывать своеобразные навыки ухода за растениями, как, например, надлом початков кукурузы перед созреванием... Возделывание растений мелкими деланками заставило уделить внимание самому растению... Многие сорта кукурузы, папайи, фасоли, плодовых и хлопчатника достигали здесь большого совершенства...»⁸.

Объем урожая, как показывает практика современных индейцев горной Гватемалы, районов Петена, Кампече, Юкатана, Белиза и других территорий, резко возрастает, если milhoвое земледелие в лесах сочетается с возделыванием садов, огородов и приусадебных участков. Они удобряются хозяйственными отбросами и растительным перегноем, а возделываются более интенсивно (ручная, «грядковая» культура), нежели лесные milhoпы. Это позволяет снимать по два урожая в год практически без какого-либо перерыва из-за

⁷ Morley S. G. The Ancient Maya. Stanford, 1956, p. 132.

⁸ Вавилов Н. И. Великие земледельческие культуры доколумбовой Америки и их взаимоотношения. — Избр. тр., т. II. М., 1960, с. 166, 167.



Террасы древних майя в горной Гватемале (районы оз. Атитлан — слева и селения Солола — справа).

истощения почвы. Урожайность здесь в 2 раза выше, чем на мильпе. Сочетание мильпы с огородами и плодовыми садами вокруг жилищ требует возделываемой земли в несколько раз меньше, чем при наличии одной мильпы, а плотность населения может быть при этом вдвое большей. Видимо, аналогичная практика имела место и в доиспанский период. Во всяком случае, наличие четко выделенных каменными стенами приусадебных участков отмечено в Майяпане (XIII—XV вв. н. э.), на севере п-ова Юкатан⁹.

Еще более очевиден факт широкого использования древними майя различных древесных плодовых растений, произраставших как вокруг жилищ, так и на мильпах. Об этом свидетельствует обилие деревьев сапота (*Achras zapota*) и рамона — хлебного дерева (*Brosimum alicastrum*) вокруг руин классического и постклассического времени на Юкатане и в Петене. Важное место в пищевом балансе майя принадле-



жало хлебному дереву: плоды рамона, будучи перемолотыми, дают неплохую муку для выпечки лепешек тортильяс. Особо велика его роль в сухое время года, до созревания урожая маиса. Не требуя больших затрат труда, рамоновые деревья дают с 1 га 1 тонну плодов — такой урожай заметно превосходит урожай маиса с той же площади¹⁰. Широко были распространены у майя и другие плодовые деревья — папайя, авокадо, сапот, саподилья, анона, гуайо.

Испанские хроники единодушно утверждают, что в питании индейцев большую роль играли также корнеплоды. У майя к моменту прихода испанцев были распространены четыре вида корнеплодов: батат, или сладкий картофель (*Ipomoea batatas*); ямс (*Pachyrhizus erosus*); маниок (*Manihot esculenta*) и маланга (*Xanthosoma* spp.). Все названные растения до сих пор выращиваются индейцами горных и низменных районов майя. Они были введены в культуру задолго до открытия Америки европейцами. Названия по крайней мере двух из них — маниока и батата — появились у майя, по лингвистическим данным, еще до начала нашей эры. Следует отметить, что по

⁹ Pollock H. et al. Mayapan, Yucatan, Mexico.— Carnegie Institute Publication, № 619. Washington, 1962.

¹⁰ Puleston D., Puleston O. S.— Archaeology, 1971, v. 24, № 4, p. 336.



Земледельческие работы у ацтеков (Флорентийская рукопись, 1570 г.). Общий характер земледелия у ацтеков был близок земледелию древних майя.

урожайности корнеплоды значительно превосходят маис¹¹.

По данным американской службы земледелия за 1959 г., в Гватемале на площади 1280 га было собрано 3700 т маниока (2,8 т с 1 га). В том же году урожай батата составил в среднем по 2,9 т с 1 га. В целом, учитывая все приемы и методы подсечно-огневого земледелия современных гватемальских крестьян, один земледelec может прокормить с участка в 3—5 га либо 12,6 человек (если выращивается маис), либо 16 человек (если выращивается маниок). А это дает уже возможную плотность населения в среднем 300—400 человек на 1 км², т. е. значительно больше, чем считалось до сих пор.

Не приходится сбрасывать со счетов и еще некоторые виды добывания пищи: сбор диких плодов и растений, охота, рыболовство, всесторонняя эксплуатация морских, речных и озерных пищевых ресурсов, разведение индеек и съедобных собак, пчеловодство. Каждый из этих способов, в зависимости от конкретных природных условий, играл большую или меньшую роль, но суть вопроса в том и состоит, что всегда надо иметь в виду комплексный и разносторонний характер хозяйственной деятельности древних майя, направленной на максимально полное использование местных природных ресурсов.

Но особенности экономики майя на этом не кончаются. Сейчас установлено, что в I тысячелетии н. э. помимо мильпового земледелия майя знали и другие, более интенсивные формы. На юге Юкатана и на территории Белиза, на склонах высоких холмов найдены земледельческие каменные террасы с особой системой увлажнения почвы. В бассейне р. Канделария (штат Кампече, Мексика) археологи с помощью аэрофотосъемки обнаружили в пойме отчетливые следы каналов и так называемых приподнятых полей — искусственно сделанных длинных и узких земляных гряд, или платформ. Подобные земледельческие системы (очень напоминающие знаменитые «плавающие сады» ацтеков) способны были давать огромные урожаи по несколько раз в год и практически обладали неистощимым плодородием¹².

Приподнятые поля расположены обычно на более высоких и сухих безлесных участках речной долины, на некотором удалении от главного русла. Согласно полученным данным, общая площадь таких полей по р. Канделария составляет 1,5—2 км². Ежегодно они затопляются водой во время паводков, так что из воды выступает только их верхняя часть. В местности Эль-Тигре на одном из таких приподнятых полей были заложены шурфы. В ходе раскопок обнаружены два больших куска твердого дерева, возраст которого, по данным радиоуглеродного анализа, 1721 ± 50 лет (т. е. 229 г. н. э.). Можно считать, таким образом, что приподнятое поле не могло быть сооружено позже этого времени.

Аналогичные поля были найдены на севере Белиза, в долине р. Ондо. Их возраст, если верить радиоуглеродным анали-

¹¹ Bronson B. — *Southwestern J. of Anthropology*, 1966, v. 22, № 3, p. 267.

¹² Hammond N. *Agricultural Intensification in the Maya Lowlands*. — *Actes du XLII^e Congrès International des Américanistes*. P., 1979, v. VIII, p. 328.

зам, еще более велик — II тысячелетие до н. э.

Однако департамент Петен на севере Гватемалы, где в I тысячелетии н. э. находилось большинство самых значительных городов майя, почти лишен крупных рек и описанные выше системы интенсивного земледелия там вроде бы невозможны. Правда, свыше 21 % всей территории Петена составляют болота, временные озера и водоемы, пересыхающие в сухое время года. Может быть, древние майя могли как-то использовать и эти «бросовые» земли?

Ответ на этот вопрос дало сообщение о новом открытии, сделанном в самом центре Петена: специалисты лаборатории НАСА в Пасадене (штат Калифорния, США) с помощью радарной системы, разработанной для изучения Венеры, при опробовании этой новой аппаратуры на Земле обнаружили в Северной Гватемале под густым пологом тропической зелени остатки разветвленной системы каких-то каналов¹³. Как показали археологические исследования в этих районах, майя прорывали на болотах множество параллельных каналов, а выкопанную землю бросали в промежутки между ними — так возникали ровные островки земли — те же приподнятые поля. Этот способ обеспечивал посаженные растения достаточным количеством влаги, а ее излишек выводился за пределы участка. Перед нами, таким образом, не столько ирригация, сколько мелиорация. Построенные майя во влажных джунглях Петена каналы одновременно аккумулировали и подводили в искусственно сделанные резервуары дождевую воду, служили важным источником животного протеина (рыба, водоплавающая птица, пресноводные моллюски), были удобным путем сообщения и доставки на лодках тяжелых грузов. Остатки каналов и приподнятых полей найдены сейчас также в болотах Тикаля, Накума и к юго-западу от руин древнего города Эль-Мирадор.

В мексиканском штате Кампече среди руин древней Эцны с помощью аэрофото съемки обнаружена и исследована еще одна интересная система водосборных каналов и резервуаров для воды¹⁴. В естественных условиях вода встречается в Кампече на поверхности лишь в сезон дождей. В этот

период здесь выпадает свыше 1000 мм осадков. Но чтобы выжить на раскаленной известняковой равнине в сухое время года, уже первые поселенцы этого района должны были мобилизовать все имевшиеся местные ресурсы воды. Для этого майя прежде всего углубили и расширили естественные сезонные водоемы, чтобы выпадавшая в период дождей вода сохранялась там круглый год. Затем они построили сеть водосборных каналов и искусственных резервуаров. В них жители Эцны конца I тысячелетия н. э. могли запастись до 2 млн м³ воды. Самый длинный канал города имел протяженность свыше 12 км, ширину до 50 м и глубину от 1,5 до 2 м. Канал соединял центр Эцны с ее окраинами. Всего для строительства этой сложной сети каналов и резервуаров жителям города потребовалось вынуть приблизительно 1,75 млн м³ грунта. Для сравнения можно сказать, что примерно такой же объем работ был затрачен для возведения гигантских пирамид Солнца и Луны в древнем Теотихуакане, в долине Мехико, на рубеже нашей эры; высота первой из них 60 м, второй — 42 м.

Итак, улучшенная разными способами мильпа (симбиоз разных растений и деревьев на одном участке, многоразовый последовательный сев различных сельскохозяйственных культур на одном поле в течение одного года, селекция растений, ручная обработка полей, удобрения, четкий агрокалендарь и т. д.) в сочетании с приусадебными участками и садами могла уже обеспечить в среднем не 76, а 200 и более человек на 1 км². Террасы и приподнятые поля (независимо от того, выращивался на них один маис или одновременно и другие культуры), включив в сельскохозяйственный оборот массивы ранее неиспользовавшихся земель, окончательно решили пищевую проблему, обеспечивая в среднем уже свыше 700 человек на 1 км² площади¹⁵. Все это во многом объясняет нам загадку «экономического чуда» одной из наиболее блестящих цивилизаций доколумбовой Америки.

¹³ Подробнее см.: Каналы древних майя. — Природа, 1981, № 5, с. 122.

¹⁴ Matheny R. T. — Science, 1976, v. 193, № 4254, p. 640.

¹⁵ Dahlin B. Preliminary investigations of agronomic potentials in "bajos" adjacent to Tikal. — Actes du XLII-e Congrès International des Américanistes. P., 1979, v. VIII, p. 306.

Геологическая история материкового склона Африки.

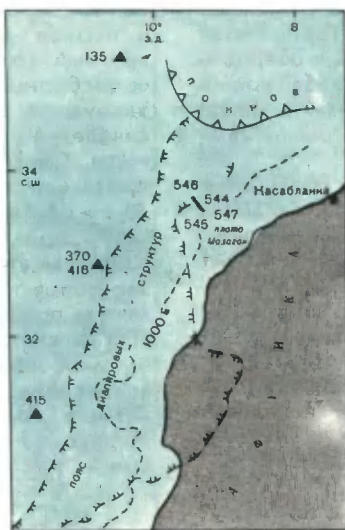
79-й рейс «Гломара Челленджера»

А. Е. Сузюмов,
кандидат геолого-минералогических наук

Москва

В «Большой Атлантической программе» бурового судна «Гломар Челленджер» три рейса были посвящены исследованию наиболее древних частей океана — так называемых пассивных континентальных окраин: в рейсах 76-м и 77-м изучалась западная часть Атлантического океана; 79-й рейс проходил в его восточной части, вблизи берегов Марокко (Африка)¹. Этот рейс начался в Лас-Пальмесе (Канарские о-ва) 15 апреля 1981 г. и завершился в Бресте (Франция) 30 мая. Внимание научного состава экспедиции, которой руководили К. Хинц (Институт исследования геологии Земли и природного сырья, ФРГ) и Э. Винтерер (Скриппсовский океанографический институт, США), было сосредоточено на изучении склона и подножия Африканского континента вблизи плато Мазаган, где предполагалось встретить наиболее древние осадки Атлантического океана, которые начали отлагаться сразу же после образования первичных рифтовых расколов континентальной коры.

Как показали сейсмические исследования, континентальный склон Марокко имеет сложное строение. Плато Мазаган — погруженная до 1000 м ступень материкового склона — обрывается крутым одноименным уступом, у подножия которого глубина океана достигает 3000 м. Далее, до глубины 3700 м, следует пологий участок материкового склона. Здесь его фундамент, тоже ступенями, погружается в сторону океана, однако на краю находится крупный горст, обрывающийся уступом, который выражен даже



Структурная схема района работ 79-го рейса «Гломара Челленджера». Цифрами обозначены скважины 79-го рейса, цифрами с треугольниками — скважины предыдущих рейсов.

Положение скважин 79-го рейса «Гломара Челленджера»

№ скважины	Координаты		Глубина океана, м	Глубина скважины, м	Выход керна, %
	с. ш.	з. д.			
544	33°46,0'	9°24,3'	3607	235	35,4
545	33°39,9'	9°21,9'	3150	701	50,5
546	33°46,7'	9°33,9'	3992	192	61,7
547	33°46,8'	9°21,0'	3940	1030	63,0

в рельефе дна в виде небольшой ступени. Ранее с этой ступени были подняты драгами обломки гранито-гнейсовых пород. По некоторым данным, именно эта ступень может быть границей между континентальной и океанической корой. За материковым склоном тянется неширокая зона, в пределах которой обнаружены многочисленные диапировые структуры, однако развиты ли они на континентальном или на океаническом основании, остается неизвестным. За диапирами

достоверно располагается базальтовое ложе океана. Здесь «Гломаром Челленджером» ранее уже было пробурено несколько скважин (см. рис.); в 79-м рейсе пробурены еще четыре: 544 — на выступе фундамента у основания материкового склона, 545 — в верхней части склона вблизи Мазаганского уступа, 546 — в зоне диапировых структур на одном из куполов, 547 — в нижней части материкового склона.

В скважинах 544 и 547 в основании осадочного разреза обнаружены красноцветные континентальные отложения с кристаллами гипса. Литологически они очень похожи на триасовые красноцветы, распространенные в Марокко. Под ними вскрыты лейкократовые биотитовые гнейсы. Таким образом, подтверждено представление о том, что и континентальный склон и подножие Африканского материка подстилаются континентальной корой.

Над красноцветами за-

легают известняки, частично доломитизированные, с прослоями черных сланцев, образовавшиеся в течение юрского периода. Наиболее древние предположительно относятся к низам юры (лайас, около 190 млн лет назад). Вероятно, они формировались в исключительно мелководных условиях. Обращает внимание, однако, то обстоятельство, что юрские осадки в скважинах 544 и 547 несхожи (в первой, помимо известняков, присутствуют аргиллиты и грауваки); следовательно, в то время уже суще-

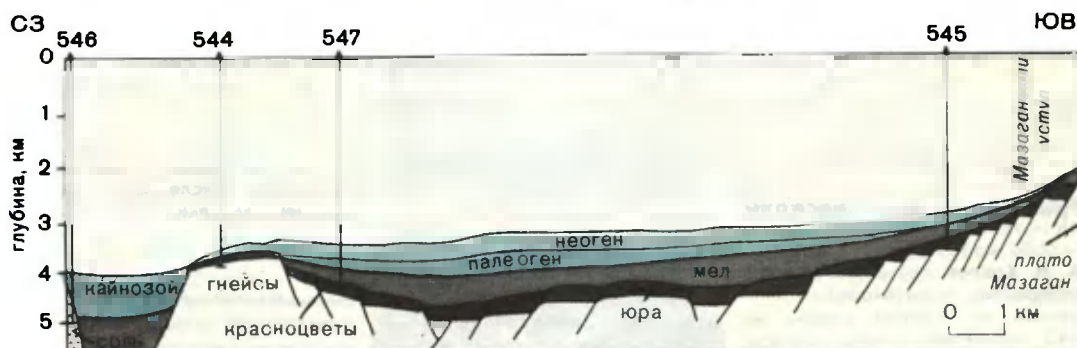
¹ JOIDES Journal, 1981, v. VII, № 3, p. 4.

ставал контрастный рельеф дна. Для отложений этого возраста характерны интрузивные брекчи, встречаются переотложенные осадки и т. д. Это указывает на нестабильный тектонический режим. Только в

волю значительной площади установился режим океанской седиментации.

Осадки палеоценового и эоценового возраста (от 65 до 37 млн лет назад) изучены только в скважине 547. Они представ-

ляют конгломераты середины мелового периода, горизонты верхнемеловых обломочных пород среди палеогеновых отложений, неогеновые брекчи, содержащие обломки юрских пород. Но как выраженная струк-



Сейсмический профиль и положение скважин 79-го рейса.

конец юрского периода условия накопления осадков стали более глубоководными и относительно спокойными.

Осадки мелового периода, с перерывом отлагавшиеся на юрских, значительно более однородны. Это глинистые сланцы, содержащие (в скважине 547) конгломераты этих же пород. Однако разрез меловых отложений неполон: постсеноманские осадки (т. е. почти весь верхний мел) в разрезе отсутствуют. То же самое обнаружено и в других скважинах, пробуренных «Гломаром Челленджером» в Восточной Атлантике ранее. Эта закономерность требует дальнейшего изучения. Позднемеловые осадки встречаются в виде переотложенных обломков и в образованиях кайнозойского возраста. Их присутствие здесь поможет, вероятно, определить время и длительность того периода, когда в Атлантике осадки подвергались интенсивному размыву. Важно отметить, что меловые осадки, вскрытые в скважине 79-го рейса, очень похожи на отложения того же возраста, которые ранее были изучены в кернах скважины 415, пробуренной за зоной диапировых структур на ложе океана. Это указывает, что уже в меловой период — около 95 млн лет назад — на востоке Атлантического океана на до-

лены главным образом карбонатными и глинистыми отложениями. Особое структурное положение этой скважины вблизи поднятия фундамента, видимо, обусловило наличие в разрезе горизонтов, обогащенных обломочным материалом, особенно в низах палеоцена и в верхах эоцена. Возможны здесь также интрузивные перерывы.

Более молодые кайнозойские образования (миоцен-четвертичные) — преимущественно биогенные карбонатные с большим или меньшим содержанием терригенных частиц — словно плащом перекрывают все нижележащие отложения, нивелируя рельеф. Следовательно, практически с миоцена здесь установились условия, присущие современному осадконакоплению.

Характер мезо-кайнозойских отложений говорит о том, что континентальный склон в это время претерпевал определенные деформации. Наиболее крупные ступенчатые погружения происходили, вероятно, в конце юрского периода. На сейсмограммах видно, что только юрские отложения, как и фундамент, разбиты серией сбросов, да и предаптический перерыв указывает на существенную тектоническую активизацию. Склон деформировался и позднее, при этом обнажались древние породы, которые размывались и переотлагались среди более молодых. Примером могут слу-

тура материковый склон оформился к концу юрского периода; все последующие его деформации были значительно меньшими, чем в поздней юре.

Скважина 546 была пробурена за пределами склона. Она вскрыла крупный соляной купол размером в поперечнике более 6 км. Соли образовались здесь в условиях очень засушливого климата; только этим можно объяснить присутствие среди них сильвина — калийной каменной соли, которая обычно выпадает из раствора в осадок одной из последних. Да и наличие гипсов в основании разреза скважины 547 указывает на жаркие аридные условия, существовавшие в начале мезозоя в пределах единого тогда Афродиапирно-Южноамериканского материка. По возрасту соли совпадают, вероятно, с красноцветными континентальными отложениями.

Зона диапировых структур имеет ширину около 50 км и протягивается на значительное расстояние вдоль Африканского материка. Остается невыясненным, нет ли среди диапировых структур останков континентальной коры (на сейсмограммах они не всегда различимы). Участники экспедиции не исключают такой возможности. Если это подтвердится новыми скважинами, границу между континентальной и океанической корой придется проводить немного дальше в океан.

Биология

Грач в роли наседки

А. Н. Хохлов

Ставрополь

Известно, что в настоящее время некоторые виды птиц резко увеличили свою численность. Особенно ярко это наблюдается у птиц из семейства врановых, поскольку изменения, происшедшие в природе за последнее столетие под воздействием человека, оказались благоприятными для этих видов.

В Центральном Предкавказье, где проходили на протяжении последних пяти лет наши исследования, организованные кафедрой зоологии Ставропольского педагогического института, такие виды врановых, как грач, сорока, серая ворона и галка, являются самыми обычными, а местами — массовыми представителями авифауны. Их ориентировочная численность в этом регионе в период после вылета птенцов составляет соответственно: грач — 1,3 млн, сорока — 0,5 млн, серая ворона — 0,3 млн, галка — 0,07 млн особей.

Отметим, что в начале XX в. эти виды отсутствовали в степных районах Ставропольского края, исследованных А. А. Браунером¹; об отсутствии сороки в восточных районах края писал К. А. Сатунин².

Во время работ по массовому кольцеванию слетков грача, проводившихся в южных районах Ставропольского края в 1981 г., нами неожиданно был пойман цыпленок в одном из небольших грачевников близ станицы Старопавловской (Новопавловский район). Позднее выяснилось, что некоторые жители местных станиц и сел уже в течение нескольких лет, в апреле и мае, подкладывают куриные яйца в гнезда грачей. Как правило, собственная кладка грача совсем или частично выбрасывается, а в гнездо подкладывается от 2 до 5 куриных яиц (оптимальный вариант — 2—3 яйца). В отдельных грачевниках высиживается таким образом до 60 куриных яиц. В последующем задача состоит в том, чтобы вовремя забрать вылупившихся цыплят, иначе грачи их могут заклевать. Зная сроки вылупления цыплят, сделать это нетрудно.

В изученной нами литературе (более 2 тыс. источников) использование грача в качестве наседки нигде не описано. Однако попытки использовать с этой целью другие виды врановых, в частности галку, были описаны Е. Кайгородовым³. Делались даже попытки провести подобные эксперименты с серой вороной⁴.

В заключение отметим, что использование грача в качестве наседки, конечно, исключает из репродукции некоторую часть популяции грача. Но даже при массовой постановке подобных экспериментов нельзя считать, что будет нанесен ущерб

природной фауне птиц этой группы, поскольку дальнейшее нарастание численности врановых нежелательно.

Минералогия

Почему «болеет» жемчуг!

Б. И. Сребродольский,
кандидат геолого-минералогических наук

Львов

Знакомясь в 1981 г. с коллекциями жемчуга в экспозициях и фондах Мурманского и Архангельского краеведческих музеев, Архангельского музея изобразительных искусств, Государственного Русского музея, мы обнаружили «больные» жемчужины. «Болезнью» самоцветов, в том числе и жемчуга, мы называем потерю присущего им цвета и блеска. Этот изъян, однако, можно устранить и вернуть камню первоначальную окраску и блеск.

Образование жемчужины представляет собой, как известно, защитную реакцию моллюска на проникновение в его раковину постороннего предмета, обычно песчинки. Стараясь избавиться от чужеродного тела, моллюск начинает обволакивать его слоями того же самого перламутрового вещества, которое идет на постройку раковины. Поверхность предмета сглаживается и меньше беспокоит моллюска. Постепенно сформировавшаяся жемчужина — это своеобразное конкреционное образование, состоящее в основном из тонко переслаивающихся арагонита и органического вещества. Различный по характеру состав органического

¹ Браунер А. А. — Зап. Новоросс. об-ва естествоисп., 1906, т. 30, с. 113.

² Сатунин К. А. — Зап. Кавк. отд. Импер. Русск. геогр. об-ва, 1907, кн. XXVI, вып. 3, с. 3.

³ Кайгородов Д. Черная семья. СПб, 1914.

⁴ Швалдышев Н. В. — Орнит. вест., 1917, №1, с. 59.

вещества — одна из главных причин неодинаковой устойчивости речных и морских жемчужин к воздействиям факторов внешней среды.

Начало «заболевания» речных жемчужин из водоемов Северо-Запада СССР связано с первыми стадиями разложения органического вещества и начавшимся разрушением арагонита. При этом жемчуг теряет свой блеск, становится тусклым, непривлекательным. Это — «потухший» жемчуг. На отдельных участках арагонит превращается в порошокатый мелкозернистый агрегат с величиной частиц порядка 0,01 мм.

Последующее изменение речного жемчуга обусловлено дальнейшим разложением органического вещества, посредством которого призмочки и пластинки арагонита скрепляются в агрегат. В ряде случаев разлагающееся органическое вещество не выносится из жемчужины, а концентрируется на ее поверхности в виде коричневого маслянистого налета, имеющего форму крапинок, неправильных разводов и сравнительно хорошо выдержанных по ширине полосок. В итоге разрушающийся жемчуг приобретает пятнистую окраску, теряя свои драгоценные качества. В предметах жемчужного шитья (начиная с XVI в.) отмечены случаи, когда из двух рядом расположенных жемчужин одна в процессе изменения стала пятнисто-коричневой, а другая только слегка потускнела. Такое избирательное изменение жемчуга следует связывать, видимо, с различным составом и строением органического вещества жемчужин.

Морской жемчуг менее долговечен. Начальные стадии его разрушения также связаны с изменением органического вещества. Однако последнее не образует на нем таких налетов, как на пресноводном жемчуге. Поверхность морских жемчужин в процессе видоизменения становится серой, свинцово-серой, темной. Исклечение составляют неправильные (уродливые) жемчужины, отдельные участки которых, несмотря на трехсотлетнюю давность, совсем не утратили своего блеска. Мало изменились за это время и ред-



На жемчужине (верхний символ) отчетливо видна ямка, дно которой заполнено порошокатым [выветрелым] арагонитом.

Часть шитья жемчужном украшении первой половины XIX в. Отдельные жемчужины покрылись темным маслянистым налетом.

Мурманский краеведческий музей.
Фото Л. М. Кузиной.

ко встречающиеся жемчужины с характерными красными верхушками.

Наряду с «заболевшим», в собраниях названных музеев изредка встречается «умерший» морской жемчуг. Он отличается величиной (до 8 мм) и легко определяется по характерной коричневой окраске, охватывающей целиком всю жемчужину. От такого жемчуга постепенно отслаиваются верхние оболочки, отчего поверхность жемчужин приобретает ступенчатый вид. «Умершие» морские жемчужины иногда состоят из не связанных между собой оболочек или их частей.

«Заболевшей» жемчужине можно вернуть ее первоначальный цвет и сверканье. Для этого необходимо тем или иным способом (механическим или химическим) снять с жемчужины отмерший слой. Механический способ заключается в остром снятии выветрелого слоя путем шлифовки жемчужины алмазом или другим абразивом. Эта операция («алмазить жемчуг») весьма трудоемка и успешно заканчивается только в том случае, если разрушение жемчуга не зашло далеко в глубь жемчужины. Химический способ состоит в остром снятии выветрелого слоя слабым раствором уксусной кислоты. Кислоту реакцию имеет и пот человека. Поэтому одним из старинных способов «лечения» жемчуга было ношение его на шее. Хорошо зарекомендовало себя также обтирание «больных» жемчужин мягким материалом, смоченным спиртом. Таким способом были возвращены к жизни жемчужины трехсот- и семисотлетней давности; у них был восстановлен не только первоначальный цвет, но и нежный розовый оттенок.

Разрушению жемчуга способствует не только время, но и ряд факторов внешней среды, в первую очередь высокая температура (а также ее резкие колебания) и значительная влажность. Жемчуг хорошо сохраняется в сухих прохладных местах с более или менее постоянной температурой и умеренным поступлением кислорода. Жемчужную россыпь лучше всего хранить в небольших бумажных пакетах.

Космические исследования

Запуски космических аппаратов в СССР (май — июнь 1982 г.)

В мае — июне 1982 г. в Советском Союзе было запущено 34 космических аппарата, в том числе 29 спутников серии «Космос». Большая часть этих спутников оборудована научной аппаратурой, предназначенной для продолжения исследований космического пространства. На спутнике «Космос-1366» дополнительно установлена экспериментальная аппаратура для ретрансляции телефонно-телеграфной информации, работающая в сантиметровом диапазоне радиоволн, а на «Космос-1383» — экспериментальная аппаратура для отработки систем определения местоположения судов и самолетов, терпящих бедствие.

Научная аппаратура «Космоса-1369» и «Космоса-1376» предназначена для продолжения исследований природных ресурсов Земли в интересах различных отраслей народного хозяйства СССР и международного сотрудничества. Информация с них поступает в Государственный научно-исследовательский и производственный центр «Природа» для обработки и использования.

Транспортный космический корабль «Союз Т-5» доставил на орбитальную станцию «Салют-7» основной экипаж в составе космонавтов А. Н. Березового и В. В. Лебедева, которые с 14 мая выполняют программу научно-технических исследований и экспериментов на орбите¹.

Малый искусственный спутник «Искра-2» запущен в

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	наклонение, град.	период обращения, мин
«Космос-1356»	5.V	632	684	81,2	97,6
«Космос-1357—1364»	6.V	1449	1520	74	115,4
«Союз Т-5»	13.V	261*	326	51,6	90,3
«Космос-1365»	14.V	259	276	65	89,6
«Искра-2»	17.V	342	357	51,6	91,3
«Космос-1366»	18.V	35 820	35 820	1,5	1437
«Космос-1367»	20.V	612	39 530	62,8	709
«Космос-1368»	21.V	218	365	70,4	90
«Прогресс-13»	23.V	191	278	51,6	88,9
«Космос-1369»	25.V	229	296	82,3	89,4
«Космос-1370»	28.V	203	290	64,9	89,2
«Молния-1»	29.V	653	40 633	62,8	736
«Космос-1371»	1.VI	793	833	74,1	101
«Космос-1372»	1.VI	258	277	65	89,6
«Космос-1373»	2.VI	217	368	70,4	90,1
«Космос-1374»	4.VI	225	225	50,7	—
«Космос-1375»	6.VI	990	1021	65,9	105
«Космос-1376»	8.VI	227	274	82,3	89,2
«Космос-1377»	8.VI	179	362	64,9	89,7
«Космос-1378»	10.VI	648	682	82,5	97,8
«Космос-1379»	18.VI	552	1027	65,8	100,3
«Космос-1380»	18.VI	156	732	82,9	93,1
«Космос-1381»	18.VI	216	395	70,4	90,3
«Союз Т-6»	24.VI	248*	277	51,6	89,6
«Космос-1382»	25.VI	614	39 540	62,8	709
«Космос-1383»	30.VI	1004	1041	83	105,4
«Космос-1384»	30.VI	181	381	67,1	89,8

* Параметры орбиты после коррекции.

космическое пространство с борта орбитального комплекса «Салют-7» — «Союз Т-6». Спутник создан студенческим КБ МАИ им. С. Орджоникидзе; на его борту установлены ретранслятор для проведения экспериментов в области любительской радиосвязи, запоминающее устройство, командная радиолиния и радиотелеметрическая система для передачи научнотехнической информации.

Автоматический грузовой корабль «Прогресс-13» доставил на орбиту топливо, оборудование и научную аппаратуру, материалы для проведения научных исследований и обеспечения жизнедеятельности экипажа.

Очередной спутник связи

«Молния-1» предназначен для обеспечения эксплуатации системы дальней телефонно-телеграфной радиосвязи и передачи программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита», расположенные в районах Крайнего Севера, Сибири, Дальнего Востока и Средней Азии.

На транспортном космическом корабле «Союз Т-6» стартовал советско-французский международный экипаж в составе командира корабля В. А. Джанибекова, бортинженера А. С. Иванченкова и космонавта-исследователя гражданина Французской Республики Жан-Лу Кретьена. 25 июня «Союз Т-6» состыковался с орбитальным комплексом «Салют-7» —

¹ Подробнее об этом см.: Природа, 1982, № 8, с. 103.

«Союз Т-5», международный экипаж перешел на борт станции и приступил к выполнению научной программы, включающей 14 экспериментов в области космической биологии и медицины, астрофизики и космического материаловедения².

Астрофизика

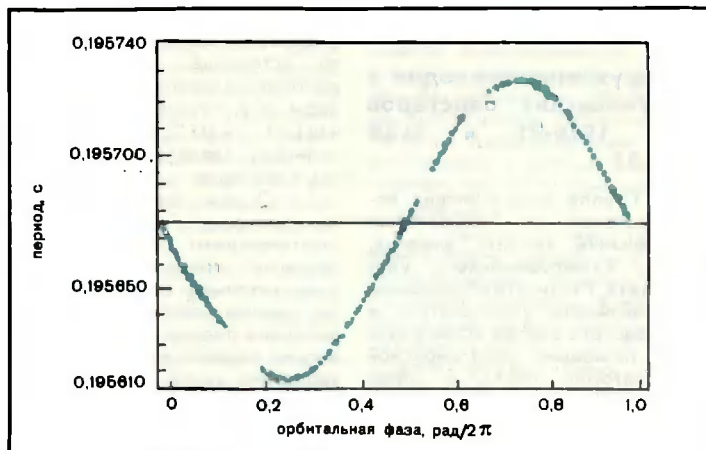
Найден третий радиопульсар, входящий в двойную звездную систему

В 1978 г. в Национальной радиоастрономической обсерватории США (Грин Бэнк, Западная Вирджиния) был сделан обзор неба в Северном полушарии, в результате которого открыто 23 новых радиопульсара. Наблюдения, проведенные затем на радиотелескопе с размером антенны 92 м в диапазоне частот 400 и 600 МГц, позволили уточнить координаты этих пульсаров и определить изменения их периодов.

У одного из вновь открытых пульсаров, PSR 0655+64 интервал между импульсами периодически изменялся: в течение $P_2 = 24$ ч 41 мин период следования импульсов от пульсара выписывал почти синусоидальную кривую, в максимуме которой импульсы следовали с периодом $P_1 = 0,195728$ с, а в минимуме $P_1 = 0,195614$ с. Подобное поведение радионизлучения характерно для нейтронной звезды, вращающейся вокруг своей оси с периодом P_1 , если она входит в двойную систему с орбитальным периодом P_2 .

С апреля 1979 г. и по сентябрь 1981 г. группа Дж. Тейлора проводила подробное исследование этого пульсара; в результате были уточнены периоды P_1 и P_2 , их изменения, параметры орбиты, а также функция масс двойной звездной системы, содержащей радиопульсар PSR 0655+64.

Пульсар PSR 0655+64 — уже третий из 330



Изменение периода пульсара PSR 0655+64 в зависимости от угла поворота (орбитальной фазы) двойной системы.

известных, который входит в двойную звездную систему, и второй (после пульсара PSR 1913+16), входящий в тесную двойную систему с орбитальным периодом порядка суток. Это сравнительно близкий объект, расстояние до него составляет примерно 280 парсек. Период пульсара P_1 и скорость его изменения малы, что очень напоминает свойства первого двойного радиопульсара PSR 1913+16 (всего 12 радиопульсаров имеют меньшие периоды, и лишь PSR 1952+29, возможно, имеет меньшее значение скорости изменения P_1).

Совпадение свойств радиопульсаров, входящих в состав тесных двойных систем, показывает, что, по-видимому, в ходе их эволюции имели место физические процессы, приводящие к большим скоростям вращения наряду с малой радиосветимостью и аномально слабым торможением собственного вращения. Таким процессом могла быть стадия дисковой аккреции, связанная с предшествующей фазой эволюции звезды-компаньона. В результате такой аккреции нейтронная звезда ускоряла свое вращение, получая вращательный момент от диска, а ее магнитное поле уменьшалось: поэтому у обоих двойных пульсаров магнитное поле в 10—100 раз меньше, чем

у типичных одиночных пульсаров¹.

Природа компаньона нейтронной звезды в двойной системе, содержащей радиопульсар PSR 0655+64, остается неясной. Анализ карт Паломарского атласа показал отсутствие в этом месте звезды ярче 13-й абсолютной величины. Это означает, что компаньоном может быть либо довольно холодный белый карлик, либо нейтронная звезда. В этом случае время, в течение которого орбита из эллиптической превращается в круговую, должно быть очень велико. Однако наблюдения фиксируют круговую орбиту, что пока не поддается объяснению.

Необходимы глубокие оптические наблюдения области, содержащей пульсар PSR 0655+64, которые позволили бы внести ясность в вопрос о природе данной двойной звездной системы.

Astrophysical Journal (Letters), 1982, v. 253, L. 57 (CUSA).

¹ Малая величина магнитного поля как общее свойство радиопульсаров в двойных системах и необходимость предшествующей стадии дисковой аккреции впервые отмечались в работах Г. С. Бисноватого - Когана и Б. В. Комберга (Астрон. ж., 1974, т. 51, № 2, с. 373; Письма в Астрон. ж., 1976, т. 2, № 7, с. 338); см. также: — Природа, 1975, № 3, с. 100.

² Подробнее о работе международного экипажа см. в этом номере: Никитин С. А. Космический полет советско-французского международного экипажа, с. 6.

Астрофизика

Обнаружение периодов у рентгеновских барстеров МХВ 1916-05 и МХВ 1636-53

Группа американских исследователей из Лаборатории астрофизики высоких энергий, НАСА, Калифорнийского университета, Института астрономии при Гавайском университете и Гарвардского центра астрофизики с помощью рентгеновской обсерватории «HEAO-2» обнаружили, что в спектре излучения от рентгеновского барстера МХВ 1916-05 имеются так называемые абсорбционные детали, появляющиеся с периодом $P=50$ мин.

По мнению авторов, это первое доказательство «двойственности» барстеров. По-видимому, они представляют собой двойную систему, в которой одна звезда — маломассивная ($M < 1 M_{\odot}$), а вторая — компактная нейтронная звезда, на которую происходит аккреция. В результате этого процесса вокруг нейтронной звезды образуется аккреционный диск¹. Как предполагают авторы работы, абсорбционные детали вызваны взаимодействием потока падающего вещества с аккреционным диском.

Более ранние данные, полученные для этого источника на спутнике «OSO-8», также свидетельствуют о существовании абсорбционных деталей.

Проведя анализ спектра этих деталей, авторы установили, что концентрация металлов в поглощающем веществе по крайней мере в 17 раз ниже, чем их концентрация на Солнце.

Кроме рентгеновских наблюдений, было проведено исследование источника МХВ 1916-05 в оптическом диапазоне. Они проводились с помощью 4-метрового телескопа обсерватории Кит Пик. В красном фильтре было получено изображение слабой звезды 22-й звездной

величины. Если эта звезда — оптический сосед рентгеновского источника, то отношение потоков излучения в рентгеновском и в оптическом диапазонах $L_x/L_{\text{оп}} \sim 10^{-4}$, т. е. составляет величину, характерную для других барстеров.

О чем говорят полученные результаты? Во-первых, они подтверждают предположение, согласно которому барстеры действительно являются членами двойных систем. Во-вторых, величина периода системы дает весьма важную информацию об эволюции таких систем. Столь короткие периоды могут быть объяснены тем, что эволюция системы происходит под действием излучения гравитационных волн². Отсюда можно сделать вывод о массе и химическом составе компонентов. В-третьих, определение концентрации тяжелых элементов в барстере позволяет решить вопрос, как происходит термоядерная вспышка на поверхности нейтронной звезды.

Были проведены также оптические исследования источника МХВ 1636-53. Наблюдения велись на 1,5-метровом датском телескопе ESO в Ла Силла Дж. Парадийсом (Университет в Амстердаме, Дания), Х. Педерсоном (ESO) и У. Люнином (Массачусетский технологический Институт, США). Найден орбитальный период $P=4$ ч. Отсюда была сделана оценка массы оптического компонента ($0,4 M_{\odot}$), который заполняет свою полость Роша.

Astrophysical Journal (Letters), 1982, N 253, L 61, L 67; Preprint CSR—HEA-81—20 (США).

Астрономия

Структура колец Сатурна

Группа исследователей, возглавляемая Л. Эспозито (Университет штата Колорадо, Боул-

дер, США), сообщила о результатах фотополариметрических наблюдений системы колец Сатурна, выполненных при пролете межпланетной станции «Вояджер-2» вблизи Сатурна в августе 1981 г.

С помощью фотополариметра наблюдалось покрытие звезды Дельта в созвездии Скорпиона широкими кольцами Сатурна D, C, B и A, а также узким кольцом F. Эти наблюдения позволили чрезвычайно детально изучить строение колец и установить их огромную «дробность».

Как оказалось, система состоит не из сотен, а из сотен тысяч или даже миллионов отдельных колец; некоторые из них представляют собой тесно сплетенные спиральные образования. Толщина колец оказалась вдесятеро меньшей, чем считали, опираясь лишь на наземные наблюдения: местами она составляет всего 200 м и менее, т. е. выходит за пределы чувствительности прибора. С Земли в ходе изучения колец в период, когда наблюдатель видит их «с ребра», толщина колец оценивалась в 1—2 км.

Анализ данных, относящихся к мелким кольцам, образующим главное внутреннее кольцо B, показал, что в некоторых участках они со временем меняют расположение, подчиняясь определенному закону, — более удаленные от Сатурна кольца постепенно сближаются друг с другом.

New Scientist, 1982, v. 93, № 1290, p. 235 (Великобритания).

Астрономия

Хирон — образующаяся комета?

В 1977 г. Ч. Коваль (Хэйлская астрономическая обсерватория, Пасаде́на, штат Калифорния, США) открыл неизвестное небесное тело, совершающее медленное движение вокруг Солнца. Орбита его была вытянута так, что часть ее проходила внутри орбиты Сатурна, а часть — почти у самой орбиты

¹ Подробнее о барстерах, их строении и механизме излучения см.: Льюин У. Х. Дж. Решены ли загадки рентгеновских барстеров? — Природа, 1981, № 10.

² Подробнее об этом см.: Масевич А. Г., Тутуков А. В., Юнгельсон Л. Р. Гравитационное излучение и эволюция карликовых двойных звезд. — Природа, 1981, № 5.

Урана. Интересно, что след этого небесного тела был обнаружен на старых фотопластинках, сделанных еще в 1895 г.

До сих пор природа этого тела не выяснена. С одной стороны, «медленно движущийся объект Ковалея», как его временно называли, находится далеко от места скопления большинства астероидов, с другой — на снимках этого объекта отсутствует некоторая «смазанность» границ изображения, обычно присущая кометам. Коваль дал этому телу имя Хирона — мифологического кентавра.

Отнесение Хирона к тому или иному виду небесных тел требовало дополнительной информации. Особенно важно было получить более или менее точную оценку его размеров, так как яркость изображения Хирона на пластинках могла быть следствием либо высокой отражающей способности, свойственной ледяному покрову даже небольшого тела, либо результатом крупных размеров тела, пусть даже слабо отражающего свет.

Трудности были преодолены американскими астрономами У. Хиртманном (Институт планетарных наук в Аризоне), Д. Крукшенком и Р. Каппсом (Гавайский университет) и И. Дегви (Лаборатория реактивного движения, Пасадена). Они установили, что большинство объектов в нашей Солнечной системе попадают в одну и ту же категорию, если их классифицировать сначала по степени яркости, а затем по спектру излучения, свойственного им в близкой инфракрасной части спектра.

Так как ни отражательная способность, ни диаметр Хирона неизвестны, следовало пойти по пути изучения спектра его излучения. Это было сделано с помощью 3-метрового телескопа обсерватории Мауна-Кеа на Гавайских о-вах, работавшего в инфракрасной части спектра.

По первоначальным оценкам, основанным на измерении яркости, диаметр Хирона находился в пределах 100–400 км. Изучение же спектра излучения спутника позволило установить, что объект имеет крайне темную поверхность и поперечник от 310 до 400 км. Тем самым

Хирон попадает в категорию крупнейших астероидов: лишь четыре из нескольких тысяч известных малых планет имеют более крупные размеры. Он также превосходит размерами многие естественные спутники планет Солнечной системы.

Не отвечает Хирон и требованиям, предъявляемым к кометам: их ядра обычно бывают много меньшими.

Анализ орбиты Хирона указывает, что гравитационное воздействие со стороны внешних планет могло вывести его за пределы так называемого облака Оорта — скопления комет, находящегося далеко за орбитой Плутона. Нынешняя орбита Хирона, период которого, как полагают, изменяется в пределах от 47 лет до 51 года, кажется довольно стабильной.

По мнению исследователей, Хирон может представлять собой каменно-ледяное тело, подобное многим спутникам Сатурна, но находящееся на пути к тому, чтобы превратиться в «полноправную» комету.

(Icarus, 1981, v. 47, p. 333 (США).

Физика

Обнаружен η'_c -мезон

В Станфорде (США) в экспериментах на встречных электрон-позитронных пучках «SPEAR» наблюдалась частица с массой (3592 ± 5) МэВ. По-видимому, она является одним из связанных состояний «очарованной» кварк-антикварковой пары $c\bar{c}$, получившей название «чармоний»¹.

Как известно, первым было открыто состояние чармония, названное J/ψ -частицей. В ней спины кварков параллельны и складываются, а их орбитальный угловой момент равен нулю. Поэтому полный момент (т. е. спин) J/ψ -частицы равен единице. Следующие члены этого се-

мейства — ψ' и др. — имеют те же квантовые числа и являются возбужденными состояниями J/ψ -частицы, отличающимися от нее массой. Кроме того, наблюдались состояния чармония с параллельными спинами кварков и орбитальным моментом, равным единице (три χ_j -частицы).

Однако должны существовать также состояния с антипараллельными спинами, и в частности состояния, в которых спины кварков вычитаются, а орбитальный момент равен нулю; полный момент таких частиц должен быть тоже равен нулю. В 1981 г. была открыта одна из этих частиц — мезон η_c с массой 2980 МэВ².

Предполагают, что сейчас обнаружено ее возбужденное состояние — мезон η'_c . Теоретические предсказания для массы η'_c (около 3600 МэВ) близки к экспериментальному значению. Окончательная идентификация наблюдавшейся частицы зависит от других ее свойств — спины, четности и т. п.

Эксперименты проводились группой, работающей с детектором «Хрустальный шар», на котором ранее был обнаружен η_c -мезон. Изучался радиационный распад частицы ψ' (масса 3684 МэВ), рожденной при столкновении электронов и позитронов: $e^+ + e^- \rightarrow \psi' \rightarrow \gamma + \chi$. Здесь буквой χ обозначены различные состояния чармония, образующиеся при таком распаде. Обычно эти состояния обнаруживаются по монохроматическим (т. е. имеющим определенную энергию) фотонам: энергия фотона почти равна разности масс ψ' и χ . Наибольшее отличие возникает за счет отдачи, т. е. движения родившейся частицы χ .

В спектре фотонов наблюдалось несколько пиков, соответствующих радиационным распадам ψ' на γ и уже известные состояния чармония χ_j и η_c . При энергии фотонов (91 ± 5) МэВ обнаружен новый небольшой пик, свидетельствующий о появлении частицы (η'_c)

¹ О свойствах чармония см.: Волошин М. Б. Спектр чармония и взаимодействие кварков. — Природа, 1979, № 1.

² Об открытии η_c -мезона см.: Природа, 1981, № 8, с. 110.

с массой (3592 ± 5) МэВ. Возможности другого объяснения этого сигнала были рассмотрены и отвергнуты.

Если экспериментаторы действительно обнаружили мезон η_c , то им осталось открыть еще лишь одно невозбужденное состояние чармония с относительно небольшой массой, около 3500 МэВ. В этом состоянии спины кварков антипараллельны, а орбитальный момент равен единице, так что спин частицы также равен единице. Наблюдать это состояние сложно, поскольку, согласно законам квантовой механики, оно не может образоваться ни в радиационных распадах частиц из семейства J/ψ , ни в прямом столкновении электронов и позитронов.

Physical Review Letters, 1982, v. 48, № 2, p. 70 (США).

Физика

Обращение волнового фронта звуковой волны.

Впервые замечательные свойства излучения с волновым фронтом, обращенным по отношению к исходной волне, были использованы для задач радиолокации, а спустя несколько лет применение этого явления в оптическом диапазоне позволило по-новому взглянуть на целый ряд прикладных проблем современной оптики¹. По сути дела, устройства обращения волнового фронта позволяют автоматически фокусировать излучение на объект даже в том случае, когда среда распространения существует неоднородна (иными словами — позволяют «видеть объект сквозь туман»).

В лаборатории прикладной гидрофизики Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР под руководством Ф. В. Бункина интенсивно развиваются работы по исследова-

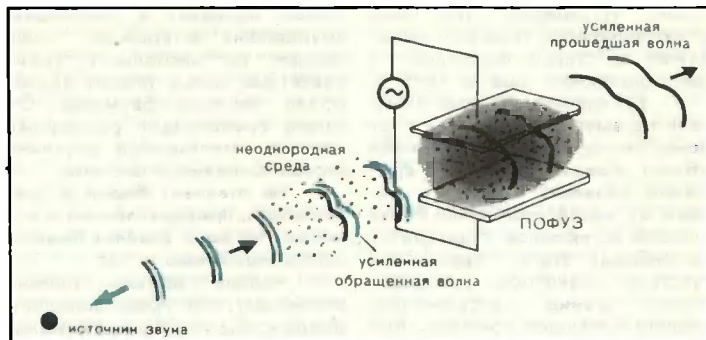


Схема эксперимента по обращению волнового фронта звуковой волны.

нию общих закономерностей явления обращения волнового фронта волн произвольной физической природы, и в частности звуковых волн. Было установлено, что для обращения волнового фронта звуковых волн применимы как физические механизмы, используемые для динамического обращения волнового фронта в диапазоне радиоволн, так и нелинейные физические механизмы автоматического сопряжения фазы, используемые в нелинейной оптике. Однако для звуковых волн существуют и специфические, характерные только для акустики, механизмы обращения волнового фронта, среди которых наиболее прост и интересен параметрический механизм, позволяющий осуществить прямое преобразование электрической энергии («от розетки») в акустическую волну с волновым фронтом, обращенным по отношению к исходной сигнальной волне.

Простейший механизм, позволяющий модулировать скорость звука при постоянной средней плотности среды, — нелинейное взаимодействие звука с пузырьками воздуха в жидкости. Такие пузырьки представляют собой резонансные полости; прикладывая внешнее переменное электрическое поле, можно менять объем пузырьков и, следовательно, их резонансную частоту. Если размер пузырьков в несколько раз меньше длины волны, возникает однородная модуляция скорости звука в среде, заполненной такими пузырьками и наблю-

дается эффект обращения волнового фронта с усилением обращенной волны.

На основании этого механизма был предложен новый прибор — параметрический обрабатывающий фазу усилитель звука (ПОФУЗ), не имеющий аналогов в оптическом диапазоне и в диапазоне радиоволн. Согласно теоретическим и экспериментальным исследованиям, выполненным в лаборатории прикладной гидрофизики, этот прибор позволяет получать усиленные действительное и мнимое акустические изображения объекта одновременно, причем легко может быть реализовано усиление порядка миллиона.

ПОФУЗ и другие устройства обращения волнового фронта звука могут найти применение в акустической голографии, ультразвуковой технологии обработки материалов, медицинской диагностике (акустической томографии), ультразвуковой микроскопии и в других областях.

Письма в ЖТФ, 1981, т. 7, вып. 6, с. 325; вып. 9, с. 560—563; Квантовая электроника, 1981, т. 8, № 5, с. 1144—1145.

Физика

Генерация фононов в пространственно разделенных сверхпроводниках

П. Л. Стор (Массачусетский технологический институт, США) провел эксперимент по регистрации в образце сверхпроводника фононов (коллективных колебаний кристалли-

¹ Подробнее об этом см.: Басов Н. Г., Зубарев И. Г. Эффект обращения волнового фронта лазерного излучения. — Природа, 1980, № 8, с. 8.



Схема эксперимента по регистрации фононов в пространственно разделенных сверхпроводниках.

ческой решетки), создаваемых электронным пучком в другом образце сверхпроводника, отделенном от первого диэлектрической пленкой.

В качестве диэлектрика использовался сапфировый диск толщиной 10 мкм; на его противоположные стороны были нанесены металлические пленки толщиной в 1 мкм малой площади, так чтобы перекрытие пленок отсутствовало (см. рис.). Обе пленки после погружения в жидкий гелий переходили в сверхпроводящее состояние. Затем одну из них облучали электронным пучком сканирующего микроскопа с энергией электронов от 2 до 30 кэВ. В точке падения луч разрывал связи электронов в куперовских парах, т. е. переводил исследуемый участок образца из сверхпроводящего в нормальное состояние. Через короткое время разорванные связи восстанавливались, а избыточная энергия выделялась из облученной точки в виде мощного пучка фононов. Фононы, пересекая сапфировый диск, достигали другой сверхпроводящей пленки — детектора, к которой были приложены электроды. (Следует иметь в виду, что несверхпроводящие детекторы обладают недостаточной чувствительностью, чтобы регистрировать разницу в интенсивности различных пучков фононов с энергией, не превышающей 0,05 эВ.)

На электродах детектора наблюдался импульс напряжения, пропорциональный интенсивности импульса фононов.

Поскольку количество фононов зависит от того, в какую именно точку исследуемого сверхпроводящего образца попадает сканирующий электронный луч, то отсюда извлекалась информация о плотности частиц кристалла в данной точке, о наличии или отсутствии дислокаций и т. п.

Таким образом, сканируя весь образец и регистрируя интенсивности фононного пучка в каждой точке попадания электронного луча в образец, Стору удалось построить изображение кристаллической решетки сверхпроводника.

Ранее такая картина была получена с помощью сканирующего электронного микроскопа, но при этом регистрировались не фононы, а вторичные электроны, выбитые падающим электронным лучом из данной точки образца. По существу, регистрация фононов — принципиально новый метод исследования структуры сверхпроводника со значительно более высокой точностью и без повреждения исследуемого образца.

Physics Letters, 1981, v. 86A, No 2, p. 110 (Нидерланды).

Физика

Двухфотонная спектроскопия атомов

В последние годы стал развиваться новый вид лазерной спектроскопии — двухфотонная спектроскопия, использующая явление одновременного поглощения атомами двух квантов из встречных монохроматических световых волн¹. Разрешающая способность этого вида спектроскопии более чем в сто раз выше обычной, поскольку при двухфотонном поглощении исключено влияние эффекта Доплера (первого порядка). Так, если

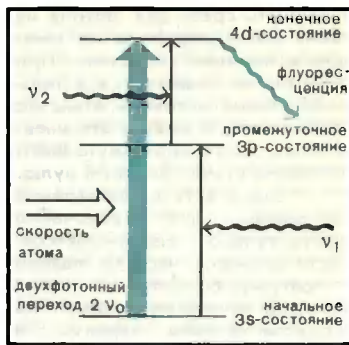


Схема двухфотонного поглощения. ν_0 — частота лазерного излучения; $2\nu_0 = \nu_1 + \nu_2$ — частота двухфотонного поглощения, ν_1 — частота встречной световой волны, ν_2 — частота световой волны, распространяющейся в направлении движения атомов.

доплеровская ширина линии поглощения в обычной спектроскопии равна нескольким гигагерцам, то ширина при двухфотонном поглощении, определяемая скоростью поглощения, частотой соударений между атомами и аппаратными факторами (например, дрожанием частоты лазера), равна нескольким десяткам мегагерц.

Метод двухфотонной спектроскопии состоит в следующем. Рассмотрим атом, движущийся с некоторой скоростью v в поле двух встречных бегущих световых волн одинаковой частоты ν_0 . Пусть этот атом имеет три дискретных уровня энергии, расположенных один над другим (см. рис.). В системе отсчета, связанной с атомом, частота встречной волны увеличивается за счет эффекта Доплера, $\nu_1 = \nu_0(1 + v/c)$, а частота волны, бегущей в направлении движения атома, уменьшается, $\nu_2 = \nu_0(1 - v/c)$. Однако сумма этих «сдвинутых» частот остается неизменной, а главное — она не зависит от скорости атома.

Меняя скорость атома или частоту лазера, или то и другое вместе, можно добиться, чтобы встречная волна с частотой ν_1 оказалась в резонансе, например, с переходом атома из нижнего состояния в промежуточное, а вторая волна с частотой ν_2 — в резонансе с переходом атома из промежуточного в верхнее состояние. Тогда атом начнет интенсивно

¹ Подробнее об этом см.: Бьеркхольм Д. Двухфотонная спектроскопия. — В сб.: Нелинейная спектроскопия. Под ред. С. А. Ахманова. М., 1979.

поглощать сразу два фотона из обеих волн, переходя из нижнего в верхнее состояние. При этом он не задержится в промежуточном состоянии, а быстро покинет его; в результате населенность этого промежуточного состояния станет близка к нулю.

Это и есть двухфотонное поглощение; оно чрезвычайно чувствительно к величинам скорости атома и частоты лазера и поэтому позволяет с очень большой точностью определять скорости атомов, характер и расположение их возбужденных состояний.

Недавно сотрудники университета в Орхусе (Дания) экспериментально исследовали двухфотонное поглощение света. Опыты велись с пучком быстрых атомов неона ^{20}Ne , находившихся в долгоживущем метастабильном состоянии $3s$. Атомный пучок помещали в соосный с ним луч лазера на красителе с перестраиваемой частотой. Двухфотонное поглощение наблюдалось на длине волны 5900 Å и сопровождалось переходом атомов из $3s$ - через промежуточное $3p$ - в конечное $4d$ -состояние. Эффект регистрировался по возникавшей на длине волны 5562 Å флуоресценции из $4d$ -состояния. Ширина линии оказалась чрезвычайно узкой (4,7 МГц) и была примерно в 30 раз меньше доплеровской ширины, наблюдаемой в обычной спектроскопии.

Столь узкая ширина линии двухфотонного поглощения позволила с большой точностью определить скорость атомов в пучке; она составила 10^8 см/с при абсолютной ошибке эксперимента $5 \cdot 10^4$ см/с.

Physical Review Letters, 1981, v. 47, № 21, p. 1522—1525 (США).

Техника

Охлаждение пористых лазерных зеркал жидкими металлами

«Природа» уже сообщала об использовании пористых материалов для подложек зеркал

лазеров высокой мощности¹, что существенно облегчает охлаждение таких зеркал. В. В. Аполлонов, П. И. Быстров, Ю. А. Бровальский, В. Ф. Гончаров и А. М. Прохоров (Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР) предлагают использовать в качестве теплоносителя при таком охлаждении жидкие щелочные металлы, например сплав натрия и калия эвтектического состава (т. е. сплав, находящийся в равновесии с кристаллами исходных компонентов); такой сплав имеет температуру плавления минус 11°C.

Применение жидких металлов для охлаждения элементов силовой оптики позволит получить в пористом материале высокий коэффициент теплообмена из-за благоприятного сочетания теплофизических свойств жидких металлов и пористых материалов. Кроме того, применение жидких металлов снижает требования к теплопроводности материала пористой структуры и, таким образом, позволяет использовать для ее создания целый ряд новых веществ.

Были рассчитаны тепловые и термодформационные характеристики охлаждаемых сплавом Na - K лазерных зеркал, выполненных из волокон различных материалов, например из молибденовой и инваровой войлочных структур. Расчеты велись при условии постоянства перепада давления теплоносителя и при максимальной температуре охлаждаемой поверхности, равной 100°C. Такая температура не является предельной (как при охлаждении водой), поскольку диапазон рабочих температур теплоносителя из жидкого металла существенно шире, что позволяет значительно увеличить отводимые тепловые потоки.

Как показали расчеты, термодформация отражающей поверхности зеркала особенно заметно снижается при использовании пористой структуры из материала с низким коэффициентом теплового расширения (например, волокна из инвара). Тогда плотность потока отводимого тепла может достигать

20 кВт/см² при температуре отражающей поверхности зеркала около 100°C.

Таким образом, применение жидкометаллического охлаждения в сочетании с пористыми структурами из материалов с низким коэффициентом теплового расширения позволит создать класс особо точных отражателей с высоким порогом оптического разрушения.

Квантовая электроника, 1981, т. 8, № 6, с. 1328—1331.

Физическая химия

Автоволновые процессы под воздействием ультрафиолетового излучения

Е. Г. Струков и В. И. Тупиков (Филиал Научно-исследовательского физико-химического института им. Л. Я. Карпова, Обнинск) обнаружили новый тип автоволновых процессов — вызванных ультрафиолетовым излучением концентрационные автоколебания хлорофилла и комплексов фталоцианина с окисью ванадия, окисью титана и кобальтом в этанольных растворах при комнатной температуре.

Автоколебательные химические реакции¹ — особый тип химических реакций, в которых возникающие периодические изменения (колебания) концентраций исходных веществ или продуктов реакции носят самоподдерживающий (автоколебательный) характер. В реакциях этого типа могут возникать практически все виды колебаний, которые генерируются в обычных механических и электрических устройствах. В автоколебательных химических реакциях, протекающих в гомогенных растворах при постоянном перемешивании, периодические изменения концентраций компонентов происходят только во времени. Внешне это может проявиться в периодическом изменении окраски раствора. Од-

¹ См., напр.: Жаботинский А. М. Концентрационные автоколебания. М., 1974.

нако можно создать условия, например, исключив перемешивание, когда в разных точках раствора концентрационные колебания не совпадают по фазе, что может стать причиной возникновения и распространения незатухающих волн кольцевой или спиральной формы, которые сами поддерживают свое существование, т. е. являются автоволнами. Автоволновой процесс, сопровождающий автоколебательную химическую реакцию, носит пространственно-временной характер.

Е. Г. Струков и В. И. Тушков, исследуя оптические спектры поглощения этанольных растворов хлорофилла и комплексов фталоцианина после их облучения ультрафиолетовым светом, установили, что образуются разнообразные промежуточные продукты реакции: моно- и дианоны и их гидрированные производные, причем изменение концентрации хлорофилла и комплексов фталоцианина и промежуточных продуктов реакции от времени носит автоколебательный характер. В зависимости от условий реакции (концентрации исходных веществ, интенсивности облучения, температуры растворов) периоды концентрационных автоколебаний составляют от 10 до 40 с. В результате чередования слоев хлорофилла, комплексов фталоцианина и их промежуточных продуктов возникают неоднородности концентраций, с которыми связано появление и распространение автоволн. Но так как фотохимические реакции проходили в замкнутой системе, из-за расхода компонентов автоволновые процессы существовали ограниченное время. Доклады АН СССР, 1981, т. 260, № 1, с. 136—138.

Биохимия

Углевод-белковые соединения, обладающие активностью кейлонов

Кейлоны¹ — группа природных веществ, выделяемых из тканей животных и человека, которые контролируют деление

и дифференцировку клеток. К кейлонам относят разнообразные химические вещества, многие из которых обладают довольно сложной химической структурой — полипептиды, пептидогликаны², гликопротеиды. Сейчас известно около 20 кейлонов; они обнаружены в лейкоцитах, наружном слое кожи, печени и т. д. Обладая высокой тканевой специфичностью, кейлоны не проявляют видоспецифичности. Хотя их исследование началось почти 20 лет назад, химическая природа и механизм действия кейлонов пока не изучены.

Существуют разные способы выделения кейлонов из тканей животных; Г. М. Роничевская и В. И. Рыкова (Институт цитологии и генетики Сибирского отделения АН СССР, Новосибирск) предложили новый метод выделения кейлонов из препаратов РНК самых различных тканей животных³. Хотя во всех исследованных РНК-препаратах содержание кейлонов составляло менее 1,5%, именно эта примесь и тормозила деление клеток, причем только тех тканей, из которых была выделена фракция кейлонов. Было установлено, что основными компонентами фракции кейлонов из препаратов РНК оказались пептидогликаны.

Продолжая исследование пептидогликанов, В. И. Рыкова, Г. М. Роничевская и др. установили химический состав их белковой и углеводной частей. Аминокислотный анализ белкового компонента выявил высокое, до 40%, содержание дикарбоновых аминокислот и отсутствие серусодержащих и ароматических аминокислот. В углеводной части методом электрофореза в агарозном геле обнаружено шесть фракций, в состав которых входят гетеропо-

лисахариды (гиалуроновая кислота, хондроитин) и гепарансульфаты (62—83%), т. е. полимеры, состоящие из мономерных углеводных звеньев двух типов.

Затем было исследовано влияние препарата пептидогликана печени и трех его составляющих углеводных фракций на фазу митоза (деления) клеток из разных органов 5—7-дневных мышей. Оказалось, что исходный препарат и отдельные его углеводные фракции подавляли деление только клеток печени животных, причем наиболее сильным тормозящим действием обладали исходный препарат и суммарный препарат, т. е. пептидогликан, составленный из трех фракций. Это свидетельствует о том, что для торможения процесса деления клеток необходимы обе части молекулы пептидогликана — белковая и углеводная.

Таким образом, выделенные и исследованные пептидогликаны из препаратов РНК обладают активностью, присущей кейлонам.

Доклады АН СССР, 1981, т. 261, № 6, с. 1473—1476.

Биохимия

Инсектициды и фунгициды нарушают биосинтез хитина

Предполагалось, что действие инсектицидов и фунгицидов (химических препаратов, используемых для борьбы, соответственно, с вредными насекомыми и паразитическими грибами) обусловлено в первую очередь нарушением ими биосинтеза хитина — основной опорной структуры тела насекомых и грибов. Недавно американские биохимики Е. Маркс (Лаборатория исследований метаболизма и воздействия радиации, штат Северная Дакота) и Т. Лейтгон (Отделение микробиологии и иммунологии Калифорнийского университета) получили новые данные о механизме действия инсектицидов

¹ От греческого «замедлять» или «ослаблять».

² Пептидогликаны (протеогликаны) и гликопротеиды (мукопротеиды) — углевод-белковые соединения, в которых соответственно поли- и олигосахаридная цепь ковалентно связана с полипептидной цепью белка.

³ Роничевская Г. М. и др. — Доклады АН СССР, 1977, т. 237, № 2, с. 481.

и фунгицидов, подтверждающие это предположение.

Авторы исследовали действие большого числа инсектицидов и фунгицидов на активность хитинсинтазы — фермента, который участвует в биосинтезе хитина как в изолированной системе фермент-субстратного комплекса из гриба *Phycomyces*, так и в культуре клеток таракана, синтезирующих хитин.

Установлено, что большинство исследованных соединений — хлорсодержащие углеводороды (хлордан, ДДТ и др.), триазины, нитрофенолы, органические фосфаты, сульфониимиды, тиоланы — оказывают тормозящее действие на активность хитинсинтазы уже в довольно низких концентрациях. Так, 50-процентное подавление активности хитинсинтазы в системе фермент-субстратного комплекса из *Phycomyces* наблюдалось при концентрациях 10^{-5} — 10^{-4} М/л, а в культуре клеток таракана — при концентрациях 10^{-11} — 10^{-6} М/л. Действие этих соединений на биосинтез хитина в большинстве случаев является специфическим, так как не затрагивает биосинтеза других веществ, например, кутикулы, и не вызывает повреждения клеток культуры.

Science, 1981, v. 213, № 4510, p. 905—907 (США).

Вирусология

Вакцина против ящура

Ящур — острое и весьма заразное заболевание скота, поражающее главным образом парнокопытных животных; человек относительно мало восприимчив к этой болезни. Наиболее распространен ящур в Южной Африке и Азии. Хотя смертность от ящура у взрослых животных редко превышает 5%, у молодых животных — коров и свиней — она достигает 50%.

Заболевание вызывает вирус из группы пикорнавирусов; его молекулярный вес составляет $7 \cdot 10^6$ Д; генوم содержит РНК и состоит приблизительно из 8000 нуклеотидов.

Борьба с ящуром проводится путем вакцинации животных. Вакцина готовится из инактивированного вируса (т. е. вируса, лишенного инфекционных свойств, что достигается с помощью его соответствующей обработки), который вырабатывается в культурах клеток хомячков или эпителия бычьего языка. Часто вспышка заболевания бывает связана с недостаточной инактивацией вирусных частиц, используемых для приготовления вакцины. Кроме того, вакцины, приготовленные из цельного вируса, нестабильны, и их необходимо хранить в холодильниках.

В состав оболочки вируса ящура входят четыре белка: vP_1 , vP_2 , vP_3 и vP_4 , которые могут быть выделены из клеток при культивировании в них вируса. Особенно интересным оказался белок vP_3 : введение его свиньям и коровам вызывало образование антител, защищающих животных от заболевания ящуром.

Группа Д. Ж. Клейда (отдел молекулярной биологии и генной инженерии, Сан-Франциско, Калифорния, США) и группа Д. Мура (Центр болезней животных отдела сельского хозяйства, Нью-Йорк, США) использовали для приготовления вакцины против ящура новый подход. Вначале была расшифрована аминокислотная последовательность белка vP_3 . Затем из него был получен белок с молекулярным весом $13 \cdot 10^6$ Д. Так же, как и в случае vP_3 , введение этого белка животным защищало их от ящура. Авторами был «сконструирован» фрагмент ДНК, отвечающий указанной иммуногенной части белка vP_3 . Он состоял из 610 пар оснований. С помощью плазмиды рFM, этот фрагмент был введен в геном кишечной палочки, которая стала вырабатывать этот белок. Затем «бактериальный» белок был очищен, и, как и белок vP_3 , его использовали для приготовления вакцины. Испытания этой вакцины на животных показали ее эффективность в создании невосприимчивости организма к заболеванию.

Science, 1981, v. 214, № 4525, p. 1125—1128 (США).

Медицина

Оценка факторов риска инфаркта миокарда у мужчин

Всесоюзный кардиологический научный центр АМН СССР опубликовал результаты почти четырехлетнего наблюдения мужского населения одного из районов Москвы, проанализированные Г. С. Жуковским с целью сравнительной оценки влияния различных факторов риска на смертность от ишемической болезни сердца.

Из мужчин в возрасте 40—59 лет была сформирована случайная группа численностью 5031 человек. Программа исследования включала: опрос по кардиологическому опроснику с учетом фактора курения; электрокардиографическое обследование; измерение артериального давления и биохимическое исследование крови (определение содержания холестерина, триглицеридов) для выявления нарушений липидного обмена в организме. Ежегодно на основе данных Центрального адресного бюро, прямого контакта с ранее обследованными (по письмам, телефону, посещениям на дому) выявлялись случаи смертности от сердечно-сосудистой патологии; по медицинским документам собиралась дополнительная информация о причинах смерти.

Весь анализируемый контингент был разделен на 6 групп: без факторов риска (1-я, контрольная группа); только курящие (2-я группа); с нарушениями липидного обмена или с артериальной гипертензией в отдельности (3-я группа); с нарушениями липидного обмена в сочетании с курением или артериальной гипертензией в сочетании с курением (4-я группа); с нарушениями липидного обмена в сочетании с артериальной гипертензией (5-я группа); с нарушениями липидного обмена в сочетании с артериальной гипертензией и курением (6-я группа).

Установлено, что смертность от инфаркта миокарда в

среднем за один год для всех обследованных составляет $0,38 \pm 0,05\%$. Для лиц в возрасте более 54 лет она в 2 раза выше, чем у 44—53-летних. При этом оказалось, что только при одном факторе риска — курении — смертность в 3 раза выше, чем в контрольной группе, и практически одинакова со смертностью в 3-й. Еще более показательны в этом отношении 5-я и 6-я группы: смертность в них оказалась соответственно в 6 и 10 раз выше, чем в 1-й.

Полученные статистические данные наглядно свидетельствуют о значении курения как одного из основных факторов риска ишемической болезни сердца, особенно в сочетании с нарушениями липидного обмена, артериальной гипертензией; эти данные будут учтены при планировании профилактических мероприятий по борьбе с этим заболеванием среди неорганизованного населения.

Вестник АМН СССР, 1981, № 9, с. 66—72.

Медицина

Вакцина против гриппа

Возникновение эпидемий и пандемий гриппа, каждый раз нового вида, во многом связано с изменчивостью структуры гемагглютинина — антигена, расположенного на поверхности вирусной частицы. Наиболее эффективным средством борьбы с гриппом могла бы стать вакцина, приготовленная из гемагглютинина. Однако выделение этого белка из вирусных частиц и его последующая очистка — процесс весьма сложный и дорогостоящий.

И. Хейланд и М.-Ж. Гейтинг (Лондонский королевский фонд исследований рака, Англия) использовали для получения гемагглютинина вируса гриппа методы генной инженерии. Как известно, геном вируса гриппа построен из РНК, в которой имеется участок, кодирующий вирусный гемагглютинин. Исследователям удалось клонировать участок ДНК, комплементарный вирусному гену РНК,

отвечающему за синтез гемагглютинина вируса гриппа человека типа А/Japan/57 (H2 субтипа). Этот ген с помощью плазмиды был введен затем в геном кишечной палочки, которая начала вырабатывать необходимый белок.

Разработанный английскими исследователями метод заложил основу для массовой выработки дешевого гриппозного гемагглютинина. Это позволит со временем создать в нужных количествах эффективную противогриппозную вакцину, столь необходимую для органов здравоохранения всех стран.

Nature, 1981, v. 292, № 5826, p. 861 (Великобритания).

Медицина

Новый иммунологический тест для онкологических больных

А. И. Джагинян и Т. А. Демченко (Ленинградский санитарно-гигиенический медицинский институт) обнаружили в крови онкологических больных фактор, угнетающий процесс трансформации мононуклеаров¹ в макрофаги. Обследовались две группы людей: больные раком молочной железы II—IV стадии и практически здоровые люди. Выделенные из крови лейкоцитарные клетки (лимфоциты, нейтрофилы, эозинофилы, базофилы и мононуклеары) заставляли в культуральную среду и выращивали на стеклах в течение суток.

На препаратах, приготовленных из клеточной культуры здоровых людей, через сутки появилась большое количество молодых макрофагов, а также клеток промежуточного типа, непосредственно отражающих различные стадии трансформации

мононуклеаров в макрофаги. У больных злокачественными образованиями способность мононуклеаров к трансформации резко снижалась и, что особенно важно, степень ее выраженности зависела от тяжести клинического состояния больных.

Если сыворотку раковых больных добавляли в культуру клеток крови здоровых людей, то и здесь наблюдали феномен торможения трансформации мононуклеаров в макрофаги. При этом тормозящий эффект сыворотки больных с более ранней клинической стадией болезни был выражен слабее, чем у людей с далеко зашедшей формой заболевания. При добавлении сыворотки здорового человека к отмытой лейкоцитарной взвеси клеток больного трансформация мононуклеаров в макрофаги частично восстанавливалась.

Является ли обнаруженный ингибитор трансформации мононуклеаров в макрофаги новым фактором или это одна из сторон проявления уже известных медиаторов, влияющих на макрофаги, пока неясно. Однако можно предположить, что обнаруженный ингибитор играет определенную роль в поведении макрофагального звена в общей кооперации клеток при формировании иммунитета. Феномен торможения трансформации мононуклеаров в макрофаги может быть использован как дополнительный тест при иммунологическом обследовании онкологических больных с различной степенью выраженности заболевания.

Вопросы онкологии, 1981, т. 27, № 6, с. 32—35.

Медицина

Воздействие НК-клеток и интерферона на опухоли

В последние годы было обнаружено, что важная роль в контроле за появлением новообразований принадлежит так называемым НК-клеткам. Считается, что эти клетки являются одним из видов лимфоцитов, хотя их природа до конца не выяснена. В отличие от Т-лимфо-

¹ Мононуклеары — мало-специализированные клетки костного мозга, которые, попадая в кровь или другие ткани, трансформируются в активные макрофаги.

цитов, действие которых специфично и стимулируется определенными антигенами поверхности опухолевых клеток, НК-клетки способны, по-видимому, разрушать опухолевые клетки без предварительной стимуляции антигенами их поверхности. Действие их не специфично, отсюда и происходит их название: нормальные, или естественные, клетки-киллеры (natural killers).

В 1980 г. Дж. Талмедж с коллегами (Фредерик-центр по исследованию рака, США) показал, что число метастазов после пересадки опухоли мышам линии beige (у которых от рождения снижена активность НК-клеток) было значительно больше, чем у мышей, НК-клетки которых обладали нормальной активностью¹.

Недавно группа японских исследователей во главе с М. Касан (Токийский национальный институт здоровья и Токийский университет) получила новые доказательства против опухолевой активности клеток НК. Авторы получили сыворотку крови кроликов, содержащую антитела против НК-клеток мышей. Введение этой сыворотки мышам линии BALB/C nude вызывало подавление активности НК-клеток, наблюдавшееся в течение недели. В результате у мышей усилился рост лимфом, а также других видов опухолей, которые были индуцированы у этих животных.

Появились сообщения, что активность НК-клеток стимулируется интерфероном, а также препаратами, вызывающими его выработку. Так, Ф. Эннис и А. Мигер (Лондонский национальный институт биологических стандартов, Англия) провели исследования на 28 добровольцах, которых заражали определенным штаммом вируса гриппа. Затем последовательно определяли содержание в крови интерферона и НК-клеток — в день заражения, а также спустя три и шесть дней. У большинства добровольцев наблюдалось увеличение в крови интерферона и усиление активности НК-клеток (максимум

которой зарегистрирован на третий день).

А исследования группы Л. Рейда (Нью-Йорк, США) показали, что с помощью противointерфероновой сыворотки можно блокировать образование в организме мышей интерферона. Если после введения этой сыворотки животным пересадить кусочки опухолей, то у них образуются метастазы.

Приведенные факты делают еще более основательным предположение о важной роли НК-клеток в контроле над появлением и ростом новообразований. По-видимому, способы, усиливающие активность этих клеток, например введение интерферона, могут стать важным терапевтическим средством в борьбе с раком.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 1981, v. 78, p. 1171 (США); Lancet, 1981, v. II, № 8252, p. 891—893 (Великобритания).

Медицина

Новый индуктор интерферона

Как известно, широкому применению интерферона препятствует ограниченность исходного материала (препарат получают из лейкоцитов крови доноров), сложность и высокая стоимость его очистки и получения в больших концентрациях. Поэтому вместо введения в организм интерферона исследователи пытаются с помощью различных индукторов заставить сами клетки вырабатывать интерферон.

Ф. И. Ершов, С. С. Григорян, И. Б. Кемерман и О. В. Николаева (Институт вирусологии им. Д. И. Иванова АМН СССР) предложили использовать в качестве индуктора интерферона левамизол. Этот препарат до сего времени был известен как эффективное противопarasитарное средство. Его использовали также для лечения иммунодефицитных и аутоиммунных заболеваний, злокачественных опухолей и т. д. По суще-

ствующим представлениям, в основе столь широкого спектра действия левамизола лежит его способность восстанавливать пониженную иммунную реакцию организма. Этот препарат можно употреблять довольно длительное время — до 1,5—3,5 лет — без возникновения каких-либо побочных эффектов. Авторы предположили, что широкий спектр действия левамизола связан с тем, что он вызывает образование в организме интерферона.

В экспериментах по определению интерферониндуцирующей активности левамизола в качестве тестов служили вирус клещевого энцефалита и вирус гриппа, адаптированный к мышам. Левамизол вводили белым мышам в концентрации 100 мг/кг, а затем в сыворотке крови животных определяли концентрацию интерферона. Максимальная его концентрация была обнаружена через 4—6 ч после введения левамизола и достигала 320—640 ед/мл.

Введение левамизола за 24 ч до заражения животных вирусом защищало от заболевания клещевым энцефалитом 35—40% животных, а гриппом — 15%. Кроме того, исследователи комбинированно вводили левамизол и другой индуктор интерферона — полигуанил, представляющий собой синтетический комплекс полигуаниловой и полицитидиловой кислот. Комбинированное применение обоих препаратов (левамизол вводился за сутки, а полигуанил — за 36 ч до заражения) защищало от клещевого энцефалита 55% животных. После введения левамизола в крови у животных наблюдалась длительная (до 5 дней) циркуляция интерферона.

По мнению авторов работы, левамизол или его комбинированное введение с другими индукторами интерферона можно использовать для лечения ряда вирусных инфекций, а также вирусных осложнений, часто возникающих при применении различных иммунодепрессантов.

¹ Nature, 1980, v. 284, p. 622.

Биология

Получение безмикробных поросят

В последнее время в нашей стране и за рубежом ведутся интенсивные работы с безмикробными животными — так называемыми гнотобионтами¹. Медико-биологические исследования с использованием гнотобионтов создают возможность дифференцированного контроля и регуляции различного микробного воздействия на организм.

Сотрудники Научно-исследовательской лаборатории экспериментально-биологических моделей при АМН СССР во главе с Л. А. Болотских отработали методические приемы получения и выращивания безмикробных миниатюрных поросят геттингенской и новосибирской линий. Большой интерес к этим животным как объекту медико-биологических исследований объясняется близким сходством ряда их систем и функций с человеческими (сердечно-сосудистой, желудочно-кишечного тракта, обмена веществ, морфологических особенностей кожи).

Для получения и выращивания поросят были сконструированы специальные гнотобиологические изоляторы, оборудованные шлюзовой системой проведения стерильных материалов и выведения проб из изолятора, системой стерильного воздухообмена и т. д. Извлеченных оперативным путем новорожденных поросят переводили через шлюзовую систему в состыкованный с операционным манипуляционный отсек изолятора, где их просушивали, подвергали первичной обработке, а затем кормили. Для кормления использовали специальную синтетическую безмикробную диету, состоящую из смеси необходимых организму аминокислот, витаминов, лецитина, глицерина, соевого масла. Ежедневно проводили микробио-

логический контроль свежих выделений животных, корма, воды, подстилочных материалов, а также смылов с поверхности тела поросят и стенок камер изолятора.

На протяжении всего периода наблюдений (2—3 недели) не было выявлено нарушений стерильности изолятора. Поросята нормально росли и развивались, были активны. Если при рождении их вес равнялся 250 г, то в двухнедельном возрасте он был уже около 750 г, а в трехнедельном — 1100 г.

По описанной методике в Советском Союзе впервые были получены безмикробные минисвиньи, которые уже предоставлены ряду научно-исследовательских институтов АМН СССР для медико-биологических экспериментов, открывающих новые перспективы в решении актуальных проблем отечественной медицины.

Вестник АМН СССР, 1981, № 5, с. 42—43.

Биология

Типы высшей нервной деятельности крыс

Физиологи Н. М. Хоничева (Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии АН СССР) и Х. Ильяна Вильяр (Институт фундаментальных исследований мозга, Гавана, Куба) обнаружили корреляции между поведением белых крыс в некоторых типичных ситуациях, что позволило выделить три четко очерченных типа их высшей нервной деятельности.

Исследовались следующие ситуации: 1 — «избегание закрытого пространства»: крысы, находящейся в маленькой темной камере (наиболее комфортной для крыс условия), предвещают записанные на магнитофон крики другой крысы, страдающей от боли, при этом крыса имеет выбор: либо остаться в камере и слышать крики, либо выйти на открытое пространство и не слышать их¹; 2 — «открытое поле»: крыса помещается в центре ярко

освещенной площадки (дисконфортная ситуация); 3 — выработка пищевого условного рефлекса на свет; 4 — «невротизация»: стремление бежать к кормушке при отсутствии условного сигнала наказываемых механическим ударом; 5 — проверка устойчивости условного рефлекса после «невротизации».

Крысы с I типом высшей нервной деятельности отличались быстротой выработки пищевого условного рефлекса (обучаемость), высокой активностью в «открытом поле»; после «невротизации» у них сохранялся не только условный пищевой рефлекс, но иногда и стремление к кормушке, несмотря на наказание; в ситуации (1) эти крысы быстро выходили в открытое пространство и не стремились возвращаться в камеру.

Противоположную картину демонстрировали крысы со II типом высшей нервной деятельности. У них отмечена замедленная выработка условного рефлекса, отражающая низкую обучаемость; малая двигательная активность в «открытом поле», связанная с реакцией страха; наказания разрушают пищевой условный рефлекс, т. е. тормозятся стремления к кормушке не только в отсутствие сигнала, но и правильные стремления; в ситуации (1) эти крысы предпочитают оставаться в камере.

Таким образом, I тип характеризуется ориентацией на биологически положительные раздражители, повышенной ориентировочной активностью, недооценкой значимости биологически отрицательных раздражителей. Для типа II, наоборот, характерна ориентация на отрицательные стимулы (наказание), что служит причиной плохой выработки навыка и быстрого его разрушения при введении наказания. Доминирующей чертой этого типа является склонность к пассивно-оборонительной реакции.

Крысы с III типом высшей нервной деятельности в ситуа-

¹ См.: Подопригора Г. И. Гнотобиология в современной медицине. — Природа, 1978, № 6, с. 3.

¹ См. также: Альтруистическое поведение крыс. — Природа, 1981, № 6, с. 117.

циях (1) и (2) занимают промежуточное положение между описанными выше типами. Однако введение наказания приводит у них к еще более глубокому разрушению условного рефлекса, чем у II типа. Биохимический анализ показал, что нарушение навыка происходит у них на фоне высокого уровня адреналина в крови (у II типа — при низком уровне), что принято считать показателем тревоги. Авторы предполагают, что у этих крыс в ситуациях «условный рефлекс + наказание» и «избегание» затруднен выбор между биологически положительными и отрицательными раздражителями, что повышает уровень тревоги. Разрушение условно-рефлекторного поведения может быть вызвано, следовательно, различными механизмами: тревогой — у крыс с III типом и склонностью к пассивно-оборонительному поведению — у крыс со II типом.

Журнал высшей нервной деятельности, 1981, т. XXXI, вып. 5, с. 975—984.

Зоология

Ископаемые амфибии в современной фауне Европы

Современное человечество — свидетель (и виновник) вымирания сотен видов животных, которые становятся, таким образом, как бы объектом палеонтологии. Случаи же обнаружения в современной фауне животных, считавшихся вымершими, очень редки. Тем более неожидан и удивителен такой случай для густонаселенной Европы, фауна которой очень хорошо изучена.

Около трех лет назад испанские исследователи¹ опирались по костным остаткам из средне- и позднелайстоценовых отложений о-ва Мальорка,

самого крупного в группе Балеарских о-вов (Средиземное море), новый род и вид бесхвостых амфибий *Baleaphryne muletensis*. Отнеся эту форму к семейству круглоязычных (*Discoglossidae*), авторы отметили ее сходство с ныне живущей обыкновенной жабой-повитухой (*Alytes obstetricans*).

В сводках по современной фауне о-ва Мальорка в течение 100 лет упоминалась только эта жаба-повитуха, представленная подвидом *A. O. boscai*. Однако, как оказалось, эти сведения были основаны всего лишь на находке нескольких головастика, а не взрослых особей. Возникшие из-за этого сомнения в правильности определения головастика, а также описание ископаемой *Baleaphryne muletensis* вызвали предположение, не могла ли эта, жившая относительно недавно, амфибия сохраниться на острове до наших дней.

Изучение экземпляра, пойманного летом 1978 г. и отнесенного первоначально к обыкновенной жабе-повитухе, показало его большое сходство (в частности, по строению плечевой кости) именно с ископаемой формой и позволило, таким образом, доказать ее реальное существование в современной фауне острова. В ходе дальнейших поисков удалось установить, что «ископаемая» форма обитает в шести горных ручьях Мальорки. Была отловлена серия головастика и лягушат, только что окончивших метаморфоз. Лягушата обладают яркой окраской: ряды четких темных оливково-зеленых пятен на золотисто-желтом фоне, брюхо беловатое, с небольшой пигментацией. Кожа гладкая, с очень слабой зернистостью, без морщин. Тело коренастое с округлой крупной головой; задние конечности длинные. Имеется также единственный взрослый экземпляр длиной 35 мм.

Авторы² не сообщают точных мест находок животных, так как редкость вида и крайне незначительная область его распространения делают, любые

дальнейшие отловы абсолютно недопустимыми. Небольшое количество особей содержится в террариуме для того, чтобы со временем создать «лабораторную популяцию» вида для научных и музейных целей.

Л. Я. Боркин
Ленинград

Зоология

Муравьиные часы и компас

Многие насекомые используют небесные ориентиры, чтобы находить правильное направление. Однако видимое движение главного ориентира — Солнца — неравномерно по небосводу: в полдень оно перемещается в 10 раз быстрее, чем на заре. Поэтому насекомые, которые используют Солнце лишь как веху для отсчета азимутальных углов (а не как указатель сторон света, на чем основана наша человеческая навигация), вынуждены в разные часы суток изменять азимутальный угол к Солнцу на разную величину, чтобы компенсировать неравномерность видимого движения светила. Очевидно, для этого им необходимы некие «часы». В доказательство этого предположения швейцарские энтомологи Р. Венер и Б. Ланфранкони (Цюрихский университет) провели эксперимент с крупными муравьями вида *Cataglyphis*, живущими в пустынных районах Туниса.

Рабочие особи этого вида покидают муравейник поодиночке и в поисках пищи преодолевают сотни метров. Однако, в отличие от других видов, катаглифис не метит тропу пахучим веществом, используя в качестве «компаса» только Солнце. Исследователи установили на некотором удалении от муравейника, с разных его сторон, кормушки. Приблизившихся к ним муравьев они сажали в темную влажную фольжку, а затем, через 3—6 часов, выпускали в заведомо неизвестном месте. Наблюдая

¹ Sancliz F. B., Adrover R. — Doñana (Acta Vertebrata), 1977 (1979), v. 4, № 1-2, p. 5.

² Mayol J., Alcover J. A. — Amphibia-Reptilia, 1981, v. 1, № 3/4, p. 343.

за направлением движения муравья, экспериментаторы одновременно перемещали над ним специальную тележку, снабженную оптическим фильтром-крышей, что позволяло не только скрыть от насекомого все предметы, могущие служить ориентирами, но и исказить вид неба. Ассистенту, двигавшему тележку, не были известны ни направление, где находился муравейник, ни даже сама цель эксперимента.

Часть муравьев отлавливали ранним утром, когда Солнце еще движется по небосводу медленно. Если бы эти муравьи просто экстраполировали положение Солнца на небо, ведя «отсчет» от момента, когда видели его в последний раз перед отловом, они должны были бы «недооценивать» скорость движения Солнца и двигаться в ложном направлении. Напротив, муравьи, отловленные в полдень, должны были бы «переоценивать» его скорость и тоже ошибаться в поисках муравейника, но в другую сторону. Однако все 153 особи, участвовавшие в эксперименте, подобных ошибок не совершали, внося точную поправку на изменение скорости движения Солнца.

Таким образом, было показано, что муравьи катаглифис обладают стойкой памятью, хранящей образ небесной дуги, по которой совершается перемещение Солнца, и это помогает им компенсировать неодинаковую угловую скорость видимого его движения.

Nature, 1981, v. 293, № 5835, p. 731 (США).

Экология

Реутилизация минеральных солей из опадающих листьев

Обыкновенный дуб (*Quercus robur*) и бук (*Fagus sylvatica*) в Северной Европе не полностью сбрасывают листья осенью. Часть листьев (у больших деревьев — преимущественно в нижних ярусах, у моло-

дых — по всей кроне) сохраняются сухими всю зиму и опадают только весной. Шведские экологи Х. Отто и Л. Нильсон показали, что такое двухэтапное опадение листьев обеспечивает постепенность возврата минеральных солей в почву и более полное их поглощение корнями деревьев.

На протяжении нескольких месяцев зимне-весеннего периода они определяли содержание ионов водорастворимых солей в листьях, опавших осенью и лежащих под деревьями, и в листьях, висящих на тех же деревьях. Общее содержание ионов измерялось по электропроводности водных вытяжек из одинаковых по массе образцов высушенных листьев. Определялось также количественное содержание отдельных ионов.

Оказалось, что и у дуба, и у бука общее содержание ионов, равно как и содержание отдельных ионов (Fe^{3+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Na^{+} , Mg^{2+} , K^{+} , PO_4^{3-} , NO_3^{-} , NH_4^{+}) в вытяжках из листьев, висящих на деревьях, во все изученные сроки было существенно большим, чем в вытяжках из листьев, опавших на землю осенью. Максимальные различия — между листьями, опавшими осенью, и листьями, опавшими в мае.

Полученные данные свидетельствуют, что минеральные соли лучше сохраняются в листьях, висящих зимой на деревьях. Главной причиной этого являются, по-видимому, различия во влажности среды, окружающей опавшие и висящие листья. Кроме того, сухие висящие листья лучше предохраняются от разрушающего воздействия микроорганизмов.

Опавшие осенью листья вымываются или разносятся ветром в сторону от деревьев, поэтому часть питательных веществ для них теряется. Сохранение же листьев, висящих на небольшой высоте, обеспечивает более кучное их опадение весной вблизи деревьев.

Все это весьма существенно для деревьев, произрастающих на бедных и быстро высыхающих почвах.

Oikos, 1981, v. 37, № 3, p. 387—390 (Дания).



Токсичность сероводорода

Объединенный комитет по разработке научных критериев качества окружающей среды при Национальном совете по исследованию Канады опубликовал сводку данных о путях поступления сероводорода в окружающую среду и его вредном воздействии на живые организмы.

В обычных условиях сероводород (H_2S) — бесцветный газ с отталкивающим запахом тухлых яиц, однако при больших концентрациях (более 140 мг/м^3) запах исчезает вследствие быстрого наступающего паралича нервных обонятельных центров. Как сообщают канадские специалисты, по их подсчетам, 10% всего количества сероводорода, выделяемого в атмосферу над Канадой, представляют собой продукты технической деятельности человека. Так, в 1978 г. заводы Канады выбросили в воздух 28 350 т этого вещества, а котельные и транспорт добавили еще соответственно 412 и 53 т. Наиболее сильно загрязняет воздух целлюлознобумажная промышленность.

Попав в атмосферу, сероводород постепенно окисляется, в основном за счет реакций с радикалами. Время жизни его в воздухе может меняться в широких пределах — от одного дня при наличии смога до 40 суток в сравнительно чистой атмосфере.

Проникнув с вдыхаемым воздухом в организм, сероводород концентрируется в печени, почках, легких и в небольшой степени в головном мозге. Точный механизм отравляющего действия сероводорода пока неизвестен, но есть предположение, что сероводород, реагируя с такими металлами, как железо, магний, медь, разрушительно действует на ряд жизненно важных ферментов, содержащих эти элементы. Токсичность сероводорода зависит от длительности его воздействия и концентрации и носит кумулятивный характер. Наиболее сильно сероводород способен

поражать очень молодые или, наоборот, старые организмы, в особенности страдающие болезнями глаз и дыхательных путей. Сероводород поражает роговицу, слизистые оболочки, вызывая раздражение, конъюнктивит, а при больших концентрациях — катаракту глаз. Вдыхание сероводорода может привести к возникновению или обострению бронхита, воспаления легких, ринита, фарингита и других болезней дыхательных путей. Выводится из строя сердечно-сосудистая система: повышается кровяное давление, уменьшается частота пульса, меняется сердечный ритм (как при ишемической болезни сердца). Отравление сопровождается головными болями, усталостью и постепенным снижением мыслительных способностей. Очень высокие концентрации сероводорода (более 1400 мг/м^3) вызывают почти мгновенную остановку дыхания и смерть. Однако жизнь пострадавшего можно спасти, если вынести его на чистый воздух и делать искусственное дыхание до восстановления работы легких.

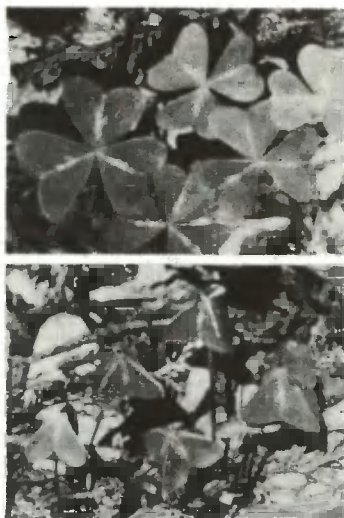
Уже сравнительно невысокие концентрации сероводорода ($0,04 \text{ мг/м}^3$) останавливают рост растений, замедляют процесс фотосинтеза, уменьшают в них содержание сахара, крахмала, хлорофилла; усиленно стимулируется или, наоборот, подавляется активность ряда ферментов.

Из экспериментов с гризунами известно, что сероводород повышает частоту выкидышей у самок и отрицательно влияет на потенцию самцов. National Research Council Canada, 1981, № 18467 (Канада).

Ботаника

Приспособительное свойство листьев кислицы

Ботаникам известно немало видов растений, изменяющих ориентацию своих листьев с целью увеличить количество поступающего на их поверхность солнечного излучения.



При резком возрастании освещенности сердечкообразные дольки у листьев западноамериканского вида кислицы *Oxalis oregana* отгибаются на 90° вниз, к черешку.

Противоположной цели служит подобная приспособительная особенность у западноамериканского вида кислицы (*Oxalis oregana*). Как и большинство других, этот вид кислицы тенелюбив. Однако в субтропических условиях Калифорнии буквально за несколько секунд (например, вблизи опушки или на прогалинах) освещенность возрастает в 200 раз. Пребывание в столь ярком свете в течение 1—2 часов может вызвать ожог нежных листьев.

Как установили физиологи О. Бьеркман и С. Праулс (Институт им. Карнеги, Вашингтон, США), избежать ожога калифорнийской кислице помогает выработавшаяся у нее следующая способность: уже через 10 секунд с момента установления яркой освещенности каждая из трех сердечкообразных долей, на которые разделен лист, начинает отгибаться на 90° вниз, к черешку. Поверхность листа теперь направлена не перпендикулярно, а параллельно солнечным лучам, и если раньше поглощалось 90% общего количества солнечной энергии, то при

измененном положении — менее 10%.

Весь этот процесс развивается чрезвычайно быстро: уже через 6 мин листки находятся в прижатом к черешку положении. Обратная реакция растения менее скорая: движение долек листа вверх начинается лишь через 10 мин после прекращения действия яркого света, а нормальную позицию они занимают окончательно спустя примерно полчаса.

Исследователи установили также, что орган — рецептор излучения (главным образом голубой части спектра) расположен у растения в месте соединения листа с черешком. Science News, 1981, v. 120, № 25/26, p. 392 (США).



Охрана природы

Охрана уникальной природы Индонезии

Флора и фауна Индонезии принадлежат к числу наиболее разнообразных и богатых на земном шаре. Из существующих в мире видов птиц 17% встречаются на территории этой страны. Здесь обитают такие редкие животные, как орангутан, слон, тигр, носорог (в том числе яванский, насчитывающий всего 50—60 особей). Только в Индонезии сохранилось «живое ископаемое» — знаменитый дракон острова Комодо. Из 500 видов млекопитающих Индонезии 100 эндемичны — не встречаются более нигде.

Активные меры по сохранению этой уникальной флоры и фауны стали приниматься в стране с 1977 г., когда было заключено соглашение с Международным союзом охраны природы, предусматривавшее осуществление 37 специальных проектов. Были взяты под охрану 196 районов, охватывающих около 4% территории Индонезии. Только в 1980 г. ассигнования на природоохранные цели достигли 5,4 млн долл.

Особенно серьезное положение сложилось в связи с

массовой эксплуатацией лесных богатств (торговля лесом — крупнейший источник валюты для Индонезии, и дорогостоящие ценные породы тропических деревьев вырубались на огромных площадях). Ныне рубка леса запрещена на всех охраняемых территориях, независимо от их режима. Введено правило: в компенсацию за 1 м³ экспортированного леса соответствующая компания должна внести 4 долл. на лесопосадки.

Жители населенных пунктов, оказавшихся внутри охраняемых территорий или в буферных зонах трех национальных парков Индонезии, переселяются в другие места.

Утвержден пятилетний план охраны природы, предусматривающий увеличение вдвое (на 11,5 млн га) взятой под защиту территории. При университетах и колледжах организованы 23 центра по изучению природной среды. Особое внимание в пятилетнем плане уделено комплексному изучению состояния земли и вод (в том числе морских, омывающих острова Индонезии), водоразделов, флоры и фауны, а также разработке мер по сохранению важнейших элементов природного ландшафта и исторического культурного наследия индонезийских народов.

Ambio, 1982, v. XI, №1, p. 72—73 (Швеция).

Антропология

Рамапитек — древесный или наземный?

Рамапитек — один из древнейших приматов, живший 7—14 млн лет назад и считавшийся хотя и отдаленным, но прямым предком человека, — до сих пор относился антропологами к наземным животным. Этот вывод специалисты делали на основании изучения нескольких имеющих в их распоряжении ископаемых черепных костей, челюстей и зубов, позволявших предполагать, что рамапитек передвигался на двух конечностях и добывал пищу либо охотой,

либо подбирая трупы павших животных. С возражениями против этой точки зрения недавно выступил американский антрополог Р. Кей (Медицинский центр при Дьюкском университете в Дареме, США). Сопоставив моляры (коренные зубы) современных и ископаемых приматов, Кей заключает, что рамапитек вел древесный образ жизни.

Зубы австралопитека, жившего около 6 млн лет назад, были, как и у рамапитека, покрыты толстым слоем эмали. Отсюда некоторые антропологи по аналогии делали вывод: раз австралопитек вел наземный образ жизни, значит, это относится и к рамапитеку. Однако Кей отвергает обязательность такой связи. Он указывает, что, например, у ныне существующей гориллы — самой наземной из современных видов обезьян — тем не менее наиболее тонкий среди них слой зубной эмали.

Другим свидетельством служит форма моляров. У рамапитеков поверхность коронки ровная, режущие поверхности развиты слабо. По мнению Кей, это не подтверждает приспособленности челюстного аппарата рамапитека к эффективному разжевыванию мяса. Кроме того, моляры рамапитека хорошо «отполированы», как это наблюдается при износе зубов у современных древесных животных. У наземного животного моляры были бы испещрены углублениями и выемками, которые образуются из-за песка и камешков, попадающих в пищу. Наконец, челюстной аппарат рамапитека был явно приспособлен к раскалыванию орехов и разжевыванию твердых плодов, т. е. пищи, не встречающейся в открытой местности.

Таким образом, по заключению Кей, предки человека перешли от древесного к наземному образу жизни всего лишь около 6 млн лет назад. Это вдвое сокращает срок, в течение которого, как полагают антропологи, у гоминид вырабатывались навыки прямохождения. Дискуссия продолжается.

American Journal of Physical Anthropology, 1981, v. 55, № 2, p. 141—151 (США).

Климатология

Климат и орбита Земли

Археологам известно, что около 9 тыс. лет назад в центре Сахары был достаточно влажный климат и населявшие эту ныне пустынную область племена занимались рыбной ловлей в многочисленных озерах, с тех пор давно исчезнувших. Муссонные ливни, теперь охватывающие почти исключительно западное побережье Африки, тогда распространялись далеко в глубь континента.

Всесторонний анализ причин, приведших к таким переменам, выполнил Дж. Кутцбах, директор Центра климатологических исследований при Университете штата Висконсин (США). По его мнению, снижение интенсивности муссонов есть следствие изменений в параметрах орбиты Земли, которые оказывают влияние на распределение солнечной радиации в толще атмосферы нашей планеты и на ее поверхность.

Как известно, форма земной орбиты и пространственное положение оси вращения Земли с течением времени изменяются. Так, в наше время Земля находится в перигелий своей орбиты (на наименьшем расстоянии от Солнца) в январе, а в афелии (на наибольшем удалении от Солнца) — в июле. Благодаря этому в Северном полушарии зима оказывается не такой суровой, а лето не столь знойным. Но 9 тыс. лет назад ситуация, согласно расчетам, была близка к противоположной: лето в Северном полушарии наступало, когда Земля находилась в перигелии, а зима — когда она находилась в афелии. Поэтому, как показало математическое моделирование на ЭВМ, выполненное в Национальном центре изучения атмосферы США в Боулдере, количество солнечной радиации, достигавшей Земли 9 тыс. лет назад, было в летний сезон на 7% больше, а в зимний — на 7% меньше, чем ныне. «Добавочная» энергия, поступающая в летнее время, сильнее, чем теперь, нагревала поверхность планеты,

которая, в свою очередь, отдавала тепло атмосфере. По мере подъема континентальных масс теплого воздуха и конденсации влаги на их место поступал более холодный воздух из океанических областей, приносивший с собой мощные муссонные ливни, которые продавливались на значительные расстояния в центральные части материков Африки и Азии. При существующем же ныне сезонном распределении пребывания планеты в точках перигелия и афелия эти процессы сильно ослаблены.

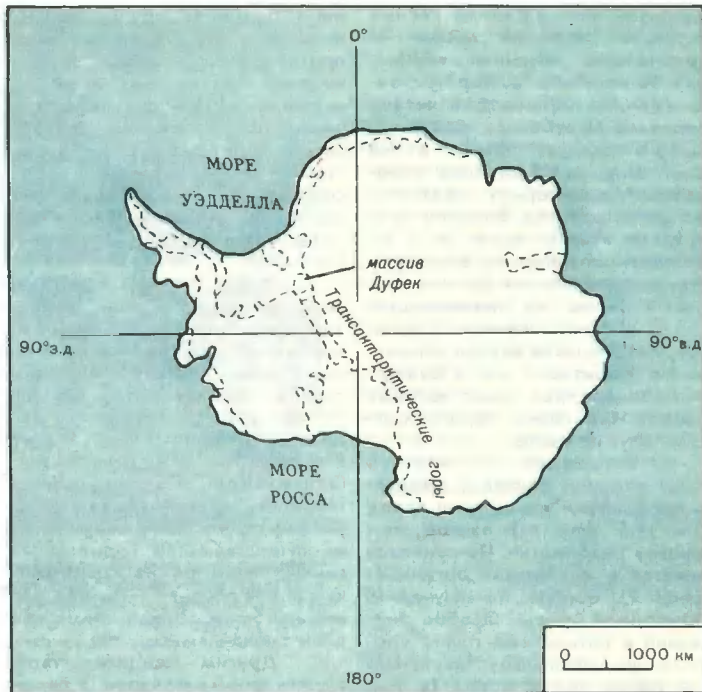
До сих пор изучение подобных факторов велось главным образом в отношении высокоширотных областей Земли. Оно привело к разработке одной из гипотез, объясняющих возникновение эпох оледенений в связи с изменениями в орбите планеты, наклоне ее оси (гипотеза Миланковича). Теперь на основе изменений параметров орбиты Земли специалисты пытаются объяснить чередование эпох увлажнения и иссушения в низких широтах.

Science, 1981, v. 214, № 4516, p. 59—61 (США).

Геофизика

Геология Антарктиды проясняется

Группа геофизиков из Геологической службы США и Института полярных исследований им. Скотта (Великобритания) завершила обработку геомагнитных и радиогеодезических данных, полученных в одном из интереснейших районов Антарктиды — в пределах Трансантарктических гор, разделяющих Западную и Восточную Антарктиду. Хотя горные породы покрыты здесь слоем льда мощностью до 1 км, тем не менее несколько крупных обнажений позволили еще раньше выяснить, что в строении Трансантарктических гор большую роль играют интрузивные образования. Так, два крупных горных массива — Форрестол



Местоположение массива Дюфек в Антарктиде.

и Дюфек сложены породами, образовавшимися 160—180 млн лет назад. Однако мощный ледяной покров не давал возможности установить действительные размеры этого магматического комплекса.

Проведенные в 1978 г. радиолокационное зондирование льда с целью изучения подледной топографии и аэромагнитная съемка показали, что интрузия Дюфек — одно из крупнейших магматических образований на земном шаре. Ее площадь не менее 50 тыс. км². Это сопоставимо с размерами самой большой из известных сейчас Бушвельдской интрузии (Южная Африка), площадь которой 66 тыс. км². Правда, Бушвельдский массив много древнее и в его строении, помимо основных и ультраосновных пород, принимают участие граниты.

Мощность интрузии Дюфек по сравнению с ее линей-

ными размерами невелика — около 8—9 км. Весь этот массив разбит разломами на серию блоков, лежащих на разных гипсометрических уровнях: от 2 км ниже уровня моря до 2 и более км выше него. С разной высотой расположения магматических пород прямо коррелируется и интенсивность магнитных аномалий.

Геомагнитное моделирование позволило определить, что возникновение этого комплекса не было одноактным процессом: в составе интрузии имеются породы, намагниченные как в соответствии с современным геомагнитным полем, так и в противоположном направлении.

Как объяснить происхождение этой интрузии? Время, когда она образовалась (вторая половина юрского периода) — это время разъединения Южной Америки, Антарктиды и Африки. Возможно, происхождение интрузии Дюфек связано с общим процессом распада континентов в Южном полушарии.

Journal of Geophysical Research, 1981, v. 86, № B4, p. 3014—3020 (США).

Океанология

Водообмен между Атлантическим и Тихим океанами

Научно - исследовательские суда Антарктической экспедиции ФРГ в течение двух лет вели океанологические наблюдения на крайнем юге Атлантического океана, вблизи скал Шаг ($53^{\circ}30'$ ю. ш., $42^{\circ}00'$ з. д.), расположенных между о-вом Южная Георгия и Фолклендскими (Мальвинскими) о-вами. Этот район привлекал внимание гидрофизиков и океанологов, так как, по некоторым данным, именно здесь проходит одно из наиболее мощных на Земле течений — Циркумполярное, которое охватывает с запада на восток Антарктиду и играет существенную роль в водообмене Тихого и Атлантического океанов.

Батиметрическими измерениями было установлено, что в этой области находится зона разлома земной коры, получающая название порога Шаг. Этот порог отделяет Аргентинский бассейн Атлантики от Юго-Восточного бассейна Тихого океана, и через него, как теперь стало ясно, переливаются крупные массы придонной воды, входящей в Циркумполярное течение.

Исследователи из ФРГ установили в Аргентинском бассейне в точке с координатами 53° ю. ш., 48° з. д., где глубина океана составляет 3000 м, два измерителя течений на разных уровнях — 85 и 35 м над ложем океана. Их показания за 11 мес. говорят об активном движении вод в северо-западном направлении со средней скоростью $17,1$ см/с. Временами интенсивность перелива вод через порог достигает $38,2 \pm 8,8$ см/с, а в весенний для Южного полушария период — даже 65 см/с.

Обнаружено также, что течению свойственна некая пульсирующая периодичность с циклом от двух до трех недель, причем обычно увеличение скорости течения сопровождается падением температуры воды. Водная масса Аргентинского бассейна имеет температуру около

$0,6^{\circ}\text{C}$, а переливающаяся в него через порог Шаг — $0,47 \pm 0,11^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, установлена важная роль очень характерной в топографическом отношении зоны морского дна в перемешивании южно-полярных вод двух величайших океанов Земли.

Nature, 1981, v. 213, № 4512, p. 1113 (Великобритания).

Петрология

О подвижности магматических расплавов

Изливающиеся на поверхность магмы могут быть и высокоподвижными — растекаться на значительные расстояния от места извержения, и, напротив, — настолько вязкие, что закупоривают жерло вулкана, приводя в итоге к мощным, иногда катастрофическим взрывам. Вязкость магм определяется, главным образом, их составом: магмы основного состава (базальты) подвижны, а кислые (гранитные) магмы очень вязкие. Однако, как показали экспериментальные исследования, на некоторой глубине в земной коре и гранитные магмы могут обладать столь же высокой подвижностью, как и базальтовые расплавы. Подвижность магматических расплавов определяется наличием в них воды и летучих компонентов. Но точные данные о закономерностях количественного изменения вязкости расплавов в зависимости от содержания в них воды и летучих компонентов до недавнего времени отсутствовали.

Э. С. Персиков (Институт экспериментальной минералогии АН СССР) изучал вязкость расплавов в диапазоне температур от 0 до 1700 К и давлении до 400 МПа. Было убедительно показано, что с увеличением температуры вязкость и кислого и основного магматических расплавов уменьшается по экспоненциальной зависимости. Установлено также, что различные вещества по-разному влияют на вязкость магм. Так,

добавка в расплав соляной и плавиковой кислот приводит к увеличению вязкости; растворение воды, напротив, заметно снижает ее. Наибольшее влияние на вязкость оказывает не свободная, а диссоциированная, химически связанная вода.

Если воды в расплаве сравнительно много (до 2 мас. %), особенно сильно она воздействует на кислые горные породы. Так, в широком диапазоне глубин в земной коре (от $1,5$ до 15 км), в условиях, когда парциальное давление воды в гранитных расплавах не превосходит давления массы вышележащих пород, вязкость гранитных расплавов сравнима с вязкостью высокоподвижных базальтовых магм (10^5 Пз). При повышении температуры их текучесть еще более возрастает. В таких условиях становится возможной гомогенизация расплава в магматических камерах, что при остывании приводит к образованию чрезвычайно однородных гранитных массивов.

При малом содержании воды (менее $1,5$ — 2 мас. %) вязкость основного расплава увеличивается лишь на порядок (до 10^4 — 10^5 Пз), тогда как вязкость гранитных расплавов увеличивается многократно — до 10^7 — 10^9 Пз. При столь высокой вязкости гранитные магмы практически не могут изливаться; они сравнительно редко извергаются в виде экструзий или же выбрасываются при катастрофических извержениях.

На основании экспериментальных данных автор приходит к выводу, что более широкое распространение на поверхности базальтов, по сравнению с их глубинными аналогами — габбро, связано с тем, что основные расплавы остаются подвижными в любых условиях (и на больших, и на малых глубинах) и благодаря этому легко изливаются. Более широкое распространение в земной коре гранитов, по сравнению с их излившимися аналогами — липаритами, объясняется меньшей подвижностью кислых расплавов, что приводит к их застытию на некоторой глубине.

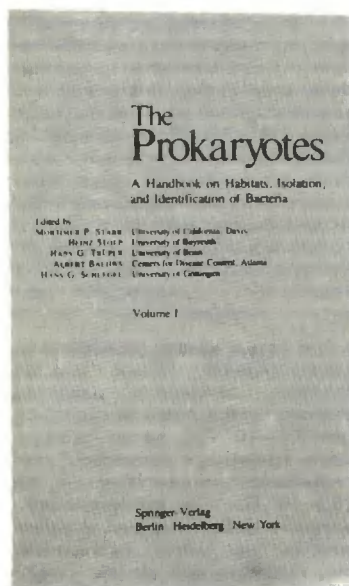
Доклады АН СССР, 1981, т. 260, № 2, с. 426—429.



Энциклопедия бактериологии

Член-корреспондент АН СССР
Г. А. Заварзин

Москва



THE PROKARYOTES. A handbook on habitats, isolation and identification of bacteria. Edited by M. P. Starr, H. Stolp, H. Trüper, A. Balows, H. G. Schlegel. Berlin, Heidelberg, N. Y.: Springer Verlag. 1981, v. I, 1102 p., v. II, 2284 p.

Взросшее понимание значения бактерий (тривиальное название прокариот) в экологической системе биосферы побуждает к глубокому интересу не только к тем из них, с которыми человек встречается в своей повседневной деятельности, но и к микроорганизмам, действующим в природной обстановке и обеспечивающим

глобальный биологический цикл элементов. Этот интерес проявляет очень широкий круг ученых: от молекулярных биологов до биохимиков. В связи с этим велика необходимость в своего рода энциклопедическом издании, которое охватило бы все многообразие бактерий и позволяло бы, ознакомившись со сравнительно короткой статьей, вполне компетентно приступить к конкретной задаче.

Многообразие бактерий традиционно отражается в наиболее авторитетном справочнике — «Определителе бактерий Берги», выдержавшем с 1923 г. восемь изданий на английском языке (сейчас готовится 9-е). На русский язык было переведено и выпущено в 1980 г. издательством «Мир» под названием «Краткий определитель Берги» извлечение из 8-го издания с определительными таблицами и ключами, подготовленное Дж. Холтом. Это издание достаточно для повседневных нужд. Определители такого типа ставят задачей идентификацию бактерий после их выделения в чистую культуру и изучения свойств. Однако не менее часто бактериолог сталкивается с обратной задачей — найти и выделить заданную бактерию. Для решения этой задачи «Определитель Берги» ничем помочь не может, и исследователь вынужден обращаться к специальной литературе. Если дело касается сколько-нибудь своеобразных групп бактерий, такие поиски оказываются очень нелегкой задачей, так как вторичная обобщающая информация по ним крайне расчленена. Существуют, однако, многочисленные практические руководства со строго стандартизованными рецептами. Они широко применяются, и такой подход сильно сужает наше представление о многообразии бактерий, поскольку сходными методами обнаруживаются сходные организмы. Последнее десятилетие окончательно убедило бактериологов не только в том, что

многообразие бактерий не исчерпано, но и в том, что об этом многообразии сложилось искаженное представление в связи с преимущественным изучением лишь ограниченной выборки организмов.

В 1981 г. издательство «Шпрингер» (ФРГ) выпустило под названием «Прокариоты» двухтомное справочное издание, которое явилось результатом четырехлетней работы 182 авторов из 18 стран. Редакторами издания были выдающиеся знатоки многообразия бактерий М. Старр (США), Г. Штольп (ФРГ), Г. Трюпер (ФРГ), А. Балва (США), Г. Шлегель (ФРГ).

Появление «Прокариот» с подзаголовком «Руководство по местам обитания, выделению и идентификации бактерий», представляет собой определенную оппозицию господствующей формальной тенденции.

Дело в том, что существует «Международный кодекс номенклатуры бактерий», введенный на русский язык (М.: Наука, 1978), по которому законными признаются лишь названия, опубликованные в «Международном журнале систематической бактериологии», издаваемом Американским микробиологическим обществом для Международной ассоциации микробиологических обществ. Каждое название вида должно соответствовать типовому штамму, сохраняемому в одной из общепризнанных коллекций микроорганизмов (почти монопольное положение занимает Американская коллекция). Поскольку для множества названий эти требования не были выполнены, решено было опубликовать списки названий, одобренных Международной ассоциацией, и начать номенклатуру бактерий с 1 января 1980 г. Титаническую работу по подготовке этих списков проделал австралийский микробиолог В. Б. Д. Скерман, и недавно Американское общество микро-

биологов выпустило эти списки отдельным изданием.

Бактерии, названия которых не были узаконены установленным порядком, рассматриваются как вроде бы несуществующие. Дело доходит до анекдотических ситуаций, когда, например, описанные английским микробиологом Р. Виттенбаром метаноокисляющие бактерии, широко используемые в промышленности для производства белка, считаются формально не признанными. Далее, согласно формальным требованиям, необходимо, чтобы каждый вид бактерий был представлен типовой культурой. В число незаконных попали все те организмы, которые мы видим, но не умеем культивировать. Когда дело дошло до объединения воедино всех прокариот, то камнем преткновения оказались синезеленые водоросли, многообразие которых обусловлено различиями в морфологии и которые большей частью изучаются непосредственно в местах обитания. Таким образом, принятие этих правил просто парализовало бы работу гидробиологов. Более того, известно, что вполне определенные группы организмов, широко распространенные в природе, очень трудно выделять в чистые культуры, потому что они приспособлены не к колонизации свежей среды, а к существованию внутри уравновешенного сообщества (так называемая К-стратегия). Любопытно, что внутриклеточные паразиты, чистых культур и типовых штаммов которых нет и о которых судят главным образом по реакции высшего организма, избегли дискриминации.

Итак, редакторы издания оказались в очень непростой ситуации. Они избрали самый правильный путь, поставив своей задачей изучение окружающего нас мира прокариот, а не удовлетворение «юридических» правил. Книга поэтому получилась в большей части очень интересной и полезной.

Для такого рода справочного издания очень важен срок пользования. Руководящими признаками при изучении деятельности прокариот в среде обитания служат физиологические признаки. В подавляющей

степени они выявляются при применении селективной среды, предназначенной для преимущественного роста интересующего нас организма. Как правило, такая среда приводится при первоначальном выделении и описании новой бактерии. Для этого существует множество «кухонных рецептов». Естественно, что эти рецепты оказываются неустаревающими. В дальнейшем их уточняют, видоизменяют, но тем не менее и сейчас вполне можно пользоваться средами, предложенными С. Н. Виноградским и М. Байеринком на рубеже XX века. Неустаревающей остается и информация о местах обитания бактерий. Таким образом, в отличие от номенклатуры, где последующий этап отрицает предыдущий, и экологии, где стремительно возрастают данные о деятельности микроорганизмов в природе на основе применения новых методов, «Руководство по местам обитания, выделению и идентификации бактерий» оказывается устаревшим лишь в малой мере. Вместе с тем неизбежно пополнение этого материала. Таким образом, книга останется полезной на длительное время.

Что же нового можно извлечь из ознакомления с «Прокариотами»?

Книга открывается вступительными статьями редакторов, где дается определение прокариот, их мест обитания, принципов культивирования, выделения и идентификации. Одним из наиболее крупных концептуальных достижений биологии XX века — пишут М. П. Старр и Ж. Шмидт — явилось признание резкого разрыва между клеточными организмами и неклеточными единицами, известными под названием вирусов. Клеточные организмы, в свою очередь, разделяются на прокариоты и эвкариоты по строению клетки, с которым коррелирует множество очень глубоких биохимических различий. Еще в 70-х годах встречалось непонимание глубины этих различий. Кстати, слово «prokaryoteae» — это латинизированное греческое существительное множественного числа женского рода. Следует ли их писать по-латыни через «с», как предложили

Н. Гиббонс и Р. Мюррей, или через «к», как настаивает М. П. Старр, по-прежнему неясно, но что их не следует маскулинизировать при переводе на русский — очевидно. В родительном падеже множественного числа нужно писать: прокариот.

Специальная часть открывается фототрофными прокариотами, и первые главы посвящены арене споров между ботаниками и бактериологами — синезеленым водорослям, которые могут быть подчинены как правилам ботанической, так и бактериологической номенклатуры. Решение было найдено в том, что для культивируемых водорослей — а их число все возрастает — была применена отдельная номенклатура и свои определительные ключи.

Бесспорно, культивирование в чистой культуре дает очень большую информацию, игнорировать которую нельзя, и будущее именно за этим подходом. Однако не следует забывать об одном подводном камне, который имеется в применении чистых культур: в природной среде обитания микроорганизмы развиваются в сообществе с многими другими организмами. Обычной реакцией на них служит изменение внешних оболочек клетки, которые имеют большое значение в систематике синезеленых водорослей. Таким образом, чистая культура может представлять морфологический артефакт, и ее сопоставление с организмами в естественной среде обитания окажется не всегда полноценным. Но это обстоятельство носит второстепенный характер. «Прокариоты» явились первой книгой, в которой синезеленые водоросли рассматриваются на равных правах с другими прокариотными организмами.

В последние годы большой успех был достигнут при изучении многоклеточных трихомных бактерий с хлоросомами. Внешне очень похожие на осцилляториевые водоросли, они принципиально отличаются от них и генетически и физиологически. Внешне сходны с ними и бесцветные скользкие организмы, большими массами встречающиеся на дне водоемов. В культивировании и изуче-

нии этих бактерий практически сделаны только первые шаги, однако сейчас они могут стать объектом углубленных лабораторных исследований. Следующую новую группу представляют почкующиеся бактерии и простекобактерии. Последние совершенно изменили наши представления о возможных для бактерий формах клетки.

Все эти необычные бактерии исследованы за последние годы очень немногочисленными энтузиастами, среди которых немало советских исследователей из Института микробиологии АН СССР. Именно их материалы, а также данные ленинградских микробиологов Б. В. Перфильева и Т. В. Аристовской были приняты во внимание составителями. К сожалению, по остальным разделам вклад советских микробиологов оказался небольшим.

В книге обстоятельно рассматриваются спирохеты, известные дурной репутацией из-за своих патогенных представителей. Однако эти элегантные прокариоты принимают заметное участие в анаэробном разложении органических веществ. До недавнего времени их почти не культивировали, да и сей-

час это умеют лишь немногие. Сходные извитые формы представлены микроаэрофильными спираллами. Это тоже нечастый объект бактериологических исследований, так же как и похожие на крендель микроциклы.

Мицелиальные многоклеточные прокариоты — актиномицеты — привлекли большое внимание в связи с образованием ими антибиотиков. Однако это внимание было сосредоточено в основном на стрептомицетах, в то время как другие группы актиномицетов до появления рецензируемого издания оставались в тени.

В 8-м издании «Берги» не позволило коринеподобным бактериям, из которых были отмечены только патогенные формы. Составители «Прокариот» попытались восполнить этот пробел детальным описанием сапрофитных и фитопатогенных организмов.

В отступление от таксономического принципа в «Прокариотах» пришлось допустить и чисто прагматический подход к описанию литотрофных, метанобразующих, метаноокисляющих, галофильных термофильных бактерий. Эти разделы написаны с глубоким знанием дела спе-

циалистами, являющимися высшими авторитетами в своей области.

В одном разделе рецензируемый справочник явно не поспевает за прогрессом в изучении многообразия микроорганизмов: в области облигатных анаэробов. Однако этому есть объективные причины: вся эта область исследуется сейчас в высшей степени интенсивно.

Какое же общее впечатление от издания «Прокариот»? Даже профессиональный бактериолог, специально следящий за новыми организмами, оказывается удивлен тем, что удалось сделать немногим специалистам в этой не слишком модной области познания. Сведенные воедино данные, дополненные собственным опытом выдающихся исследователей, дают яркую картину развития знаний о многообразии бактерий. Вместо мозаики отдельных сообщений и мертвящей скуки номенклатурных упражнений вырисовывается живая и радостная картина творческой исследовательской работы.

Справочник «Прокариоты» принесет пользу очень широкому кругу естествоиспытателей.

НОВЫЕ КНИГИ

Физика

А. П. Эфрос. ФИЗИКА И ГЕОМЕТРИЯ БЕСПОРЯДКА. М.: Наука, Главная редакция физ.-мат. литературы (Библиотечка «Квант», вып. 19), 1982, 176 с., ц 30 к.

В книге идет речь о теории процессов протекания (regulation processes) и ее различных применениях. Эта область исследований очень молодая: ее основные идеи были сформулированы лишь в 1957 г. За прошедшие с тех пор 25 лет выяснилось, что теория протекания необходима для понимания широкого круга явлений, относящихся главным образом к физике и химии. Она описывает так называемые критические явления, характеризующиеся кри-

тической точкой, в которой определенные свойства системы резко меняются.

Физика всех критических явлений весьма своеобразна и имеет общие черты, самая важная из которых состоит в том, что вблизи критической точки система как бы распадается на блоки с различными свойствами, причем размеры отдельных блоков неограниченно растут при приближении к критической точке. Блоки расположены беспорядочно, однако «в среднем» эта геометрия, которую и называют геометрией беспорядка, обладает определенными свойствами. Самое главное, что из-за больших размеров блоков эта геометрия фактически не зависит от атомной структуры вещества и потому обладает универсальными свойствами, одинаковыми для многих со-

вершенно различных систем. Отсюда и универсальность физических свойств, проявляющихся в окрестности критических точек.

Как и вся теория критических явлений, теория протекания еще недостаточно строга. Поэтому автор книги всюду старается четко отделить доказанные утверждения от недоказанных.

Биология

Ю. М. Свирижев, В. П. Пасеков. ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕТИКИ. М.: Наука, Главная редакция физ.-мат. литературы, 1982, 512 с., ц. 3 р. 50 к.

Основанное С. С. Четвериковым направление отече-

ственной генетики всегда было сильно своим математическим уклоном, и один из учеников С. С. Четверикова Н. В. Тимофеев-Ресовский выдвинул в 60-х годах большую программу математизации популяционной генетики и теории эволюции. Его ученики, авторы этой книги, осуществили, как они сами говорят, эту «концептуальную программу».

Математическая генетика, изложению основ которой посвящена книга, представляет собой одну из наиболее формализованных областей биологии. Она включает в себя как построения, имеющие целью достигнуть понимания характера эволюционного процесса, так и чисто практические направления, используемые, например, в животноводстве и растениеводстве, в задачах селекции и т. д.

В книге рассматриваются детерминистские и стохастические модели математической генетики. Каждая глава заканчивается библиографическими ссылками и комментариями, составленными таким образом, чтобы читатель получил представление не только об источниках происхождения изложенных методов и результатов, но и о направлениях их дальнейшего развития.

Вдохновитель этой книги Н. В. Тимофеев-Ресовский не дождался выхода книги, и авторы посвящают свой труд его светлой памяти.

Биология

П. Зенгбуш. МОЛЕКУЛЯРНАЯ И КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ. В трех томах. Пер. с нем. Л. В. Алексеевой, Л. С. Шляхтенко и Г. И. Лойдиной, Под ред. и с предисл. В. А. Энгельгарда. М.: Мир, 1982, т. 1, 368 с., ц. 1 р. 80 к.; т. 2, 440 с., ц. 2 р. 20 к.; т. 3, 344 с., ц. 1 р. 80 к.

Профессор Билефельдского университета (ФРГ), рассказывая о замысле этой своей книги, вспоминает статью в американском журнале «Science» (1968), озаглавленную так: «Молекулярная биология была, да сплыла» (That was the molecular biology, that was). Авто-

ром этого преждевременного своеобразного некролога науки был не кто иной, как Г. Стент, один из ярчайших ее представителей. Но 70-е годы принесли серию удивительных открытий (использование мутаций с практической целью, генетическую инженерную, гибридизацию клеток), и автору захотелось показать это замечательное возрождение увядшей, казалось, науки. Он не сразу взялся за перо, долго обсуждал свою работу с коллегами, участвовал в конференциях и симпозиумах, стремился держать руку на пульсе времени. Собранный таким образом материал П. Зенгбуш использовал в лекциях для студентов, и лишь после такой системы фильтров он отлагался в книгу. Оттого изложение получилось ассторонним, глубоким и увлекательным.

«Автору приходится преодолевать соблазн, не пытаться «объять необъятного», — замечает в предисловии В. А. Энгельгардт, — но и не ограничиваться застывшими контурами, которые обрисовались к началу 70-х годов... Явно ощущается большой педагогический дар автора».

По форме это учебник, а по существу — увлекательное и полезное чтение для биологов всех специальностей.

Биология

Р. Дин. ПРОЦЕССЫ РАСПАДА В КЛЕТКЕ. Пер. с англ. М. Д. Гроздовой. М.: Мир, 1981, 120 с., ц. 50 к.

Хотя синтез и распад представляют собой две стороны единого процесса метаболизма, вопросы распада не привлекают к себе и доли того внимания, которое уделяется вопросам биосинтеза.

Книга Р. Дина в значительной мере восполняет существующий пробел. Читатель найдет в ней обобщения эволюционного плана: выделена связь внутри- и внеклеточных процессов распада соответственно с пищеварением у простейших и выделением во внешнюю среду ферментов у бактерий и некоторых гри-

бов; указано на фундаментальную общность процессов распада у всех живых организмов.

Зачем вообще нужен распад молекул, каково его биологическое значение? Отвечая на этот вопрос, автор раскрывает интереснейшую связь процессов катаболизма (распада) с процессами старения и развития, выявляет роль процессов полного или ограниченного распада макромолекул в обеспечении ряда важнейших функций организма, в регуляции обмена веществ и функциональной активности клеток. Поэтому в книге органически переплетаются сведения по биохимии и иммунологии, физиологии клетки и организма, онкологии и геронтологии, медицинской биохимии. Эта широкая подхода еще раз подчеркивает обобщающий характер изложения.

Хотя книга написана в исключительно сжатой форме, она доступна читателю, только начинающему знакомиться с проблемой, так как автор приводит элементарные сведения относительно ферментов гидролиза и структуры их субстратов, дает оценку методических подходов, используемых при изучении обновления соединений различных классов, при выделении лизосом и выявлении их участия в распаде тех или иных соединений, указывает на источники возможных ошибок на пути такого исследования. В конце каждой главы приводится основная литература по затронутым вопросам, снабженная лаконичными характеристиками автора.

Геология

Н. В. Белов, А. А. Годовиков, В. В. Биликин. ОЧЕРКИ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МИНЕРАЛОГИИ. М.: Наука, 1982, 208 с., ц. 3 р. 70 к.

Серьезные успехи отечественных и зарубежных кристаллохимиков в исследовании структур минералов побудили известного советского кристаллографа, академика Николая Васильевича Белова (1891—1982) и двух его соавторов

обобщить и осмыслить новые данные с учетом последних достижений теоретической и физической химии. Это привело авторов к рассмотрению взаимосвязи конституции минералов с их свойствами и, в конечном итоге, к созданию новой детальной систематики минералов.

В первых двух очерках последовательно излагаются представления о сходстве и различии в свойствах элементов. Здесь же затрагиваются основные представления о типах химической связи в кристаллах, их зависимости от свойств исходных атомов, и на этой базе строится минералого-кристаллохимическая систематика элементов. В третьем очерке изложены основы единой химико-структурной систематики минералов, объединяющей минеральные виды по многим параметрам: по типу химической связи, составу, закономерностям изоморфизма, структуре, свойствам, условиям образования. В последующих очерках эта систематика детализируется на примере чистых веществ, халькогенидов и оксидов, приводятся конкретные доказательства ее правомочности.

Книга адресована минералам, геохимикам, химикам-неорганикам, а также студентам, специализирующимся в этих областях.

География

А. Сифр. В БЕЗДНАХ ЗЕМЛИ. Пер. с франц. Предисл. и ред. Н. А. Гвоздецкого. М.: Прогресс, 1982, 238 с., ц. 1 р.

Имя французского исследователя пещер Мишеля Сифра известно советскому читателю по его книге 1963 г., опубликованной на русском языке под названием «Один в глубинах Земли» (М.: Мир, 1966). Новая книга (вышла в Париже в 1975 г.) шире по содержанию и знакомит читателя с новыми объектами исследования в малоизвестных нашим специалистам карстовых районах, с постановкой оригинальных экспериментов и использованием своеобразной методики.

Автор освещает вопросы общей спелеологии, подземную гидрографию и гляциологию, прикладные вопросы, но наибольшее внимание уделено биологическим и физиологическим проблемам. Главы книги соответствуют этапам путешествия автора «в бездны Земли»: сначала в пещеры Шри Ланки, затем — 64-дневное добровольное заточение в пропасти Скарассон, спуск на подземный ледник, изучение 640-метровой глубины пропасти Пьяджа Белла и, наконец, рекордное по длительности пребывание в американской пещере Миднайт. Биологические эксперименты Сифра «на себе» имеют... «космическое» значение (недаром, находясь в подземном одиночестве, он вспоминает о Юрии Гагарине).

По мнению автора предисловия и редактора профессора Н. А. Гвоздецкого, книгу «с интересом прочтут широкие круги читателей» и «несомненную пользу извлекут географы и геологи, занимающиеся изучением карста, спелеологи, а возможно также — биологи, физиологи, медики». Книга богато иллюстрирована цветными фотографиями.

Археология

В. Г. Котович. ПРОБЛЕМЫ КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ НАСЕЛЕНИЯ ДРЕВНЕГО ДАГЕСТАНА. Отв. ред. К. Х. Кушнарева. М.: Наука, 1982, 236 с., ц. 3 р.

Это итог долгой и плодотворной работы автора над тремя проблемами, связанными с историей древнего Дагестана: периодизация и хронология культур эпохи бронзы и раннего железа; истоки и эволюция хозяйственной деятельности; причины зарождения и развития железоделательного производства. В книге доказываются синхронность развития культур северо-восточного Кавказа с аналогичными культурами Закавказья и таким образом опровергается тезис об отставании северокавказских культур от южнокавказских. Исследуя керамику, предметы украшений, вооружения, детали одежды,

конской сбруи, погребальный обряд, автор меняет хронологию каякентско-хорочоевской культуры, переместив ее из эпохи поздней в эпоху средней бронзы. Сопоставляя эволюцию кремниевоего инвентаря с палеоботаническими данными, В. Г. Котович приходит к выводу о возможности отнесения горного Дагестана к числу тех областей, где проходила «неолитическая революция». На Кавказе, по мнению автора, существовал мощный очаг медно-бронзовой металлургии с «азиатским» (выражение академика А. А. Байкова) способом плавки железных руд.

Книга снабжена большим списком литературы; предназначена этнографам, археологам, историкам науки.

История науки

Э. Л. Андроникашвили. НАЧИНАЯ С ЭЛЬБРУСА... (Теоретические портреты ученых). Тбилиси. Мецниереба, 1982, 334 с., ц. 2 р. 20 к.

Академик АН ГрузССР Э. Л. Андроникашвили, известный фундаментальными работами в различных областях физики и биофизики, популярно излагает узловые вопросы физики космических лучей, твердого тела и низких температур, а также биофизики. Книга написана с такой экспрессией и так образно, что воспринимается как произведение художественной литературы.

В книгу вошли воспоминания о встречах автора с видными учеными Советского Союза — И. В. Курчатовым, Л. Д. Ландау, А. П. Александровым, М. В. Келдышем, П. Л. Капицей, А. Н. Несмеяновым, Н. И. Мухомишвили, В. А. Энгельгардом — и крупнейшими физиками других стран мира — Н. Бором, Дж. Бардином, С. Фарбером и М. Гелл-Манном. Параллельно рассказывается о работе грузинских физиков. Перед читателем проходят красочные картины природы Грузии, памятники ее старины, национальные обычаи и т. п. Описание охватывает период с 1950 по 1975 г.

Сервантес и химия

З. Е. Гельман

Москва

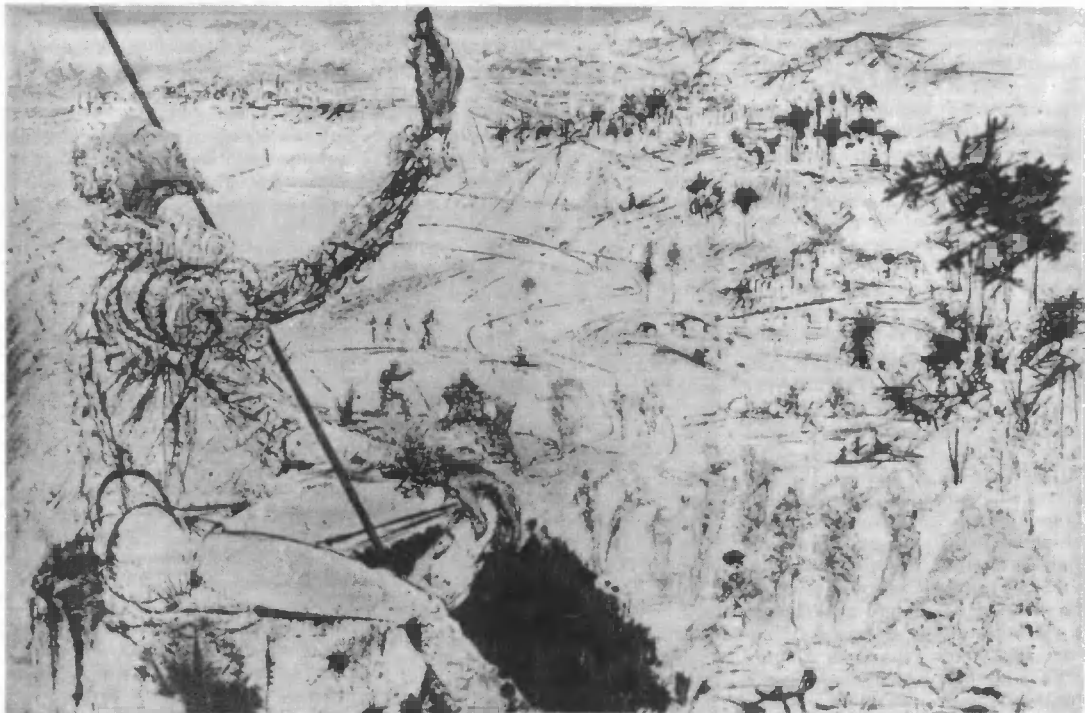
Для тех, кто внимательно читал Сервантеса (1547—1616), не могла остаться незамеченной многосторонность его научных познаний. На страницах «Дон Кихота», «Галатеи», «Назидательных новелл», «Странствий Персилеса и Сихизмунды», многочисленных драматических произведений, интермедий и поэм Сервантеса нетрудно обнаружить следы его знакомства с «Естественной историей» Плиния Старшего, трудами Птолемея и Диоскорида, сведения о приготовлении лекарств и бальзамов, строении человеческого тела, положении небесных светил, примеры из жизни растений и животных.

Однако осведомленность Сервантеса в области алхимии и химии, очевидная для испаноязычного читателя, в значительной степени ускользает от многочисленных читателей его произведений в переводах на другие языки.

Любопытно, что слово «алхимия» (alquimia), не раз употребленное Сервантесом в «Дон Кихоте», вообще не встречается в наиболее известных переводах знаменитого романа на

На этой странице представлены первые издания «Дон Кихота» на русском языке. К сожалению, переводчики позапрошлого и начала прошлого века пользовались не испанским оригиналом, а его переводами на французский. Неудивительно, что при этом Дон Кихот превращался в Дон Кишота, а Санчо в Санто или даже Санко. Во что бы превратились «алхимия» и «атом» — узнать уже не придется, ибо первые переводчики никогда не доходили до второй части «Дон Кихота», где встречаются алхимические и атомистические термины.





русский язык. Так, во второй части «Дон Кихота» (глава XVI) Сервантес устами главного героя определяет алхимию, которую сравнивает с поэзией, буквально так: «Алхимия — это такое достойное занятие, которое в руках мастера может принести плоды такой стоимости, которую трудно оценить» (перевод мой. — З. Г.).

В современном и самом распространенном сейчас переводе Н. М. Любимова это предложение звучит следующим образом: «Она (т. е. «наука поэзии», о которой и ведет речь Дон Кихот. — З. Г.), из такого металла, что человек, который умеет с ней обходиться, может превратить ее в чистейшее золото, коему нет цены»¹. Нет слова «алхимия» и в давних переводах «Дон Кихота» на русский язык В. А. Карелина (СПб, 1873) и Л. А. Мурахиной

(мы пользовались изданием М., 1899), и в хорошо известном современному читателю старшего поколения переводе «Дон Кихота» под редакцией Б. А. Кржевского и А. А. Смирнова (см., например, издание: М.—Л.: Asademia, 1932).

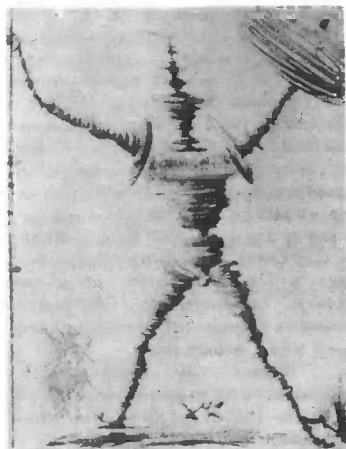
Такое неприятие термина «алхимия» характерно не только для русских переводчиков «Дон Кихота». Например, в одном из изданий на немецком языке (перевод Э. Цоллера, Лейпциг — Вена, предположительно 1896) в интересующем нас предложении слова «алхимия» тоже нет. Однако во многих переводах «Дон Кихота» на другие языки термин «алхимия» или производные от него («алхимик», «алхимический») сохранены. По крайней мере, именно так обстоит дело в просматривенных нами переводах «Дон Кихота» на английский (перевод П. А. Мотто, 1902), эстонский (перевод А. Курфельдта, 1955), литовский (перевод А. Хургинаса, 1959), латышский (перевод Мирдзы Кемпе, 1979).

Нет сомнений в том, что

Сервантес неплохо знал «кухню» алхимии, ее внешние атрибуты. Эти познания он демонстрирует, например, в забавной интермедии «Мнимый бискавец», где заставляет героев — Солорсано и Крестину — осуществлять эксперимент по определению пробы золота. Однако не нужно особой проницательности, чтобы заметить, что Сервантес чаще всего говорит об алхимии и алхимиках с некоторой иронией, хотя довольно мягкой. В том же слегка насмешливом тоне он говорит об алхимии, используя ее как литературный элемент, в новеллах «Обманная свадьба», «Подставная тетка», «Цыганочка», в «Новелле о беседе двух собак» и других произведениях.

Откуда же у Сервантеса оказались познания в области алхимии? Отвечая на этот вопрос, исследователь творчества Сервантеса О. Фернандес придает особое значение тому, что именно на территории Испании существовал один из центров арабской культуры — Кордовская высшая школа (учреждена в 961 г.), в которой наря-

¹ Сервантес Сааведра М. де. Дон Кихот Ламанчский. Ч. 2. Пер. с исп. Н. М. Любимова. М., 1976, с. 98.



«Дон Кихот» Сервантеса — не только энциклопедия испанской жизни конца эпохи Возрождения. Это еще и энциклопедия человеческого духа, зримо рисующая его взлеты и падения. Каким видит главного героя Сервантеса современный читатель! Несомненно разным. Небезынтересны в этом отношении иллюстрации к «Дон Кихоту» Сальвадора Дали. Дали видит в Дон Кихоте воплощение трагизма человеческой



жизни. Доволя стилизацию образа до крайних пределов, Дали все-таки не всегда решает нарушить «физическое» сходство своего Дон Кихота с его традиционным обликом, знакомым миру уже три столетия. Рисунки С. Дали взяты из книги:

Dali S. et Michel Déon. Histoire d'un grand livre Don Quichotte illustré par Dali. Textes de Salvador Dali et Michel Déon. P., 1957.

ду с другими науками специально преподавалась алхимия². Арабские ученые-алхимики были первыми учителями европейских студентов в университетах Кордовы, Толедо и других центрах арабской Испании и тем самым оказали влияние на распространение алхимических познаний в Европе в последующие века. Правда, во времена Сервантеса авторитет алхимии был уже невысок. Очевидно, этим объясняется и то, что Сервантес никогда не издевался над алхимиками, ибо в его времена это означало «бить лежащего». Однако заподозрить его в увлечении алхимией, как это делает О. Фернандес, с нашей точки зрения, оснований нет.

Большого внимания, на наш взгляд, заслуживает замечание Фернандеса относительно другого «пристрастия» Сервантеса, а именно пристрастия к

атомизму. Действительно, Сервантес часто упоминает слово «атомы».

В главе III второй части «Дон Кихота» бакалавр Самсон Карраско, беседа с Дон Кихотом, говорит, имея в виду цензоров книг: «Я бы предпочел, чтобы подобного рода судьи были более снисходительны и менее придирчивы и не следили за каждым атомом (átomos; здесь и далее жирный шрифт мой.— З. Г.) на ярком солнце того творения, которое они хулят» (перевод мой.— З. Г.). Однако в известных нам переводах на русский «атомы» не встречаются. Например, в переводе Н. М. Любимова это место читается так: «... менее придирчивы и чтобы они не считали пятен на ярком солнце того творения, которое они хулят»³. Более ранние переводчики «Дон Кихота» на русский язык, как нам кажется, тоже не видели того подтекста, который несли в себе «атомы» у Сервантеса. Например, в упоми-

навшемся нами переводе Л. А. Мурахиной интересные нас строки переведены так: «...и не прицеплялись бы так ожесточенно к малейшему пятнышку, открываемому ими на ясном солнце, разбираемого произведения»⁴. Отсутствуют «атомы» и в переводе В. А. Карелина (1873), и в переводе под редакцией Б. А. Кржевского и А. А. Смирнова (1932).

В главе XXVI второй части «Дон Кихота» артист Маэсе Педро, в ответ на замечание Дон Кихота о неуместности отдельных сцен и некоторых художественных приемов, говорит: «Продолжай, мальчик, и никого не слушай, пусть в этом моем представлении окажется столько несообразностей, сколько атомов содержится в солнце,— у меня одна забота: набить кошелек» (перевод мой.— З. Г.). И здесь «атомы» как будто бы не играют особой роли. В переводе Н. М. Любимова это место звучит так: «...окажется столько несообразностей, сколько песчинок на дне морском...»⁵. Перевод этих строчек в издании под редакцией Б. А. Кржевского и А. А. Смирнова такой: «...если даже у меня окажется столько нелепостей, сколько пылинок в солнечном луче...»⁶. Однако в переводах Л. А. Мурахиной и В. А. Карелина именно в данном месте «атомы» присутствуют. У Мурахиной здесь переведено так: «...пусть в моих комедиях будет больше чуши, чем атомов в солнце»⁷. У Карелина: «...хоть здесь представлено больше чуши, чем атомов в солнце»⁸. Что касается

² Fernández O. La química en las obras literarias de M. de Cervantes.— Revista de la Real Academia de Ciencias, Físicas y Naturales de Madrid, 1948, t. XLII, p. 138.

³ Цит. изд., с. 28.

⁴ Сервантес Сааведра М. де. Дон-Кихот Ламанский. Пер. с исп. Л. А. Мурахиной. М., 1899, ч. 2, с. 23.

⁵ Цит. изд., с. 158.

⁶ Сервантес Сааведра М. де. Собр. соч., т. 2. Хитроумный идальго Дон Кихот Ламанский. Ч. 2. Пер. под ред. и со вступ. ст. Б. А. Кржевского и А. А. Смирнова. М.— Л., 1932, с. 322.

⁷ Цит. изд., с. 143.

⁸ Сервантес Сааведра М. де. Дон-Кихот Ламанский. Пер. с исп. В. А. Карелина. Изд. 2-е. СПб, 1873, ч. 2, с. 442.

переводов «Дон Кихота» на другие языки, то и среди них какого-либо единого подхода к «атомам» Сервантеса выявить не удалось.

В назидательной новелле «Сеньора Корнелия» главная героиня, беспокоясь о судьбе дона Хуана де Гамбоа, которому, как она полагает, предстоит опасное путешествие вместе с ее братом в Феррару, пытается успокоить себя словами: «Если я, несчастная, даже в атомах солнца боюсь ошибиться, то приходится каждой тени бояться». И опять в переводах на русский язык «атомы», так сказать, исчезают. У А. Карелова это место звучит следующим образом: «...а несчастной мне со всех сторон горе и страх»⁹. В современном переводе Б. А. Кржевского так: «...но сейчас, в несчастиях моих, я даже пылинку солнечного луча готова принять за помеху, я пугаюсь при виде тени»¹⁰.

В новелле «Ринконете и Кортадильо» Сервантес вновь упоминает атом. Студент-ризничий, обнаружив пропажу своего кошелька, пытается вывести у Кортадо его местопребывание,

надеясь вернуть утраченное. Кортадо же дает ему различные советы и, прежде всего, не забыть примет кошелька, на что студент-ризничий отвечает: «Я не ошибусь ни на атом» (перевод мой.— З. Г.). В переводе на русский язык «атом» отсутствует и здесь. Б. А. Кржевский это место перевел так: «...потому не ошибусь ни на йоту»¹¹.

«Атомы» многократно встречаются во многих главах «Дон Кихота» и в ряде других произведений Сервантеса.

Случаен ли этот факт? Надо полагать, что нет. Более того, Мигель Асиан Паласьос, анализируя труды Али Ибн Ахмада Ибн Хазма (994—1064), посвященные жизни и творчеству арабо-испанского атомистика Абенхазама де Кордовы, предполагает, что именно благодаря кордовским арабам атомизм стал внедряться в научную жизнь Испании еще в XI в.¹² В Андалузии даже существовало общество мотакалимов (*motacalimes*), члены которого были сторонниками атомистического учения Демокрита, в отличие от членов общества мотазиллов (*motaziles*), выступавших против

идей атомизма. В XVI в. в Испании появился такой выдающийся реформатор науки, как Гомес Перейра. В своей книге «Антониана Маргарита» (1554 г.) Перейра, продолжая традиции мотакалимов, выступает как яркий сторонник атомизма. «Антониана Маргарита» была широко известна в Испании и наверняка с этой книгой был знаком и Сервантес. О. Фернандес видит в Перейре, что, по-видимому, справедливо, «лучшего учителя Сервантеса, привившего ему идеи атомизма».

Через три десятилетия после выхода второй части «Дон Кихота» (1615) во Франции возродилась атомистика Эпикура в лице самого выдающегося представителя метафизического атомизма XVIII в. Пьера Гассенди (1592—1655), который в 1647 г. издал свой главный труд — «О жизни, нравах и учении Эпикура». Любопытно, что труды и многих других видных представителей атомизма XVIII в. вышли после опубликования обеих частей «Дон Кихота» Сервантеса.

Все это говорит о том, что Сервантес был не просто просвещенным человеком. Он был необычайно чуток к направлениям движения науки своего времени. Этот «конгломерат гения и знания» позволил ему стать именно тем, кем он и стал — создателем бессмертного «Дон Кихота».

⁹ См.: Русский Вестник, 1872, т. 101, № 9, с. 252.

¹⁰ Сервантес Сааведра М. де. Собр. соч. в 5 т. Т. 3. Назидательные новеллы. Пер. Б. Кржевского. М., 1961, с. 437.

¹¹ Там же, с. 147.

¹² Ibn Hazm, 'Ali ibn Ahmad. Abenházam de Cordova y su Historia crítica de las ideas religiosas, por Miguel Asín Palacios... Madrid, 1927—1932, t. 5, p. 280.

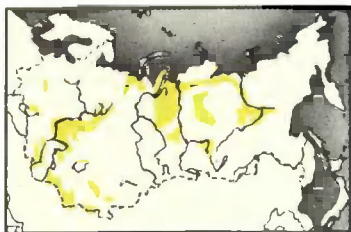
Художник П. Г. АБЕЛИН
Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР
Корректоры:
Т. Д. МИРЛИС, М. Б. РЫБИНА

Адрес редакции:
117049, Москва, ГСП-1,
Мароховский пер., 26.
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 7.07.82
Подписано к печати 16.08.82
Т—15934
Формат 70×100 1/16
Офсет
Усл.-печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 1636 тыс.
Уч.-изд. л. 15,6
Бум. л. 4.
Тираж 61 100 экз. Зак. 1773

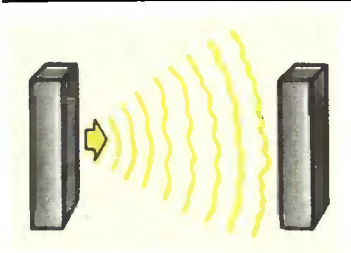
Ордена Трудового Красного
Знамени Чеховский
полиграфический комбинат
ВО «Союзполиграфпром»
Государственного комитета СССР
по делам издательства, полиграфии
и книжной торговли.
г. Чехов Московской области.

В следующем номере



В нашей стране и за рубежом имеется многолетний опыт бурения глубоких скважин на нефть и газ. Но многие теоретические аспекты проблемы нефтегазоспособности глубоких горизонтов пока неясны.

АРХИПОВ А. Я. Нефть и газ на больших глубинах.



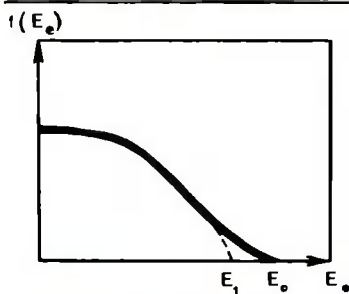
Возникло новое направление физической и технической оптики — адаптивная, «живая» оптика, которая способна менять свои характеристики, приспосабливаясь к внешним условиям.

Дмитриев В. Г., Тарасов Л. В. Адаптивная оптика.



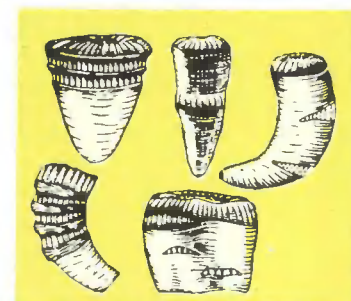
Разведение змей в террариумах с последующим расселением в дикой природе — дело дорогостоящее. Но несомненно и то, что ущерб от исчезновения змей обойдется человеку еще дороже.

Орлов Н. Л. Разведение змей в террариуме.



В ряде физических лабораторий ведутся эксперименты по обнаружению массы покоя нейтрино. Пока не удалось получить однозначного результата. Однако космологические следствия существования у нейтрино массы покоя, не равной нулю, столь грандиозны, что уже сейчас они интенсивно исследуются.

Бисноватый-Коган Г. С. Нейтрино во Вселенной.



По суточным колебаниям в росте скелета современных кораллов можно подсчитать, сколько суток длится год. Это пробудило интерес к вымершим кораллам, чтобы с их помощью установить продолжительность года в предыдущие геологические эпохи.

Кузьмичева Е. И. Кораллы как «геологические часы».

Цена 80 коп.
Индекс 70707

