

ПРИРОДА

8.75



Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

ПРИРОДА

Основан в 1912 году



Издательство
«Наука»
Москва

ВСТРЕЧА НАД ПЛАНЕТОЙ

Впервые в истории космонавтики в совместном полете одновременно приняли участие исследователи космоса двух стран: советские космонавты А. Леонов и В. Кубасов и американские астронавты Т. Стаффорд, В. Бранд и Д. Слейтон. Этим полетом, как отметил Л. И. Брежнев, «открываются новые возможности для широкого плодотворного развития научных связей между странами и народами в интересах мира и прогресса всего человечества».



«Союз-19» и «Аполлон» во время окончательной расстыковки.

Фото ТАСС.

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ
Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТУШКОВ
Доктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВ
Академик
А. И. БЕРГ
Академик
А. П. ВИНОГРАДОВ
Зам. главного редактора
доктор физико-математических наук
В. М. ГАЛИЦКИЙ
Член-корреспондент АН СССР
Б. Н. ДЕЛОНЕ
Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА
Академик
Б. М. КЕДРОВ
Академик
И. К. КИКОИН
Член-корреспондент АН СССР
Н. К. КОЧЕТКОВ
Член-корреспондент АН СССР
В. Л. КРЕТОВИЧ
Доктор физико-математических наук
Б. В. КУКАРИН
Доктор философских наук
Г. А. КУРСАНОВ
Академик
К. К. МАРКОВ
Доктор философских наук
Н. Ф. ОВЧИННИКОВ
Ответственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИН
Зам. главного редактора
доктор геолого-минералогических наук
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ
Зам. главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ
Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ
Зам. главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ
Доктор биологических наук
К. К. ФЛЕРОВ
Академик
Г. М. ФРАНК
Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН
Академик
Н. В. ЦИЦИН
Доктор географических наук
Л. А. ЧУБУКОВ
Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ
Доктор биологических наук
А. В. ЯЗЛОКОВ

М. Э. Аджиев. Экономико-географические проблемы БАМ 2
М. Я. Маров. Новый облик Марса 12

Новые страницы истории млекопитающих

Л. П. Татаринцов. Происхождение млекопитающих 24

Б. А. Трофимов, В. Ю. Решетов. Азия как центр развития млекопитающих 32

Л. В. Жирнов, А. А. Винокуров. Дзерен 44

Н. В. Белов. Слово о кристаллографии 50

В. Л. Гинзбург. Переходное излучение и переходное рассеяние 56

Биология колдовства 67

С. Н. Давиденков. Психофизиологические корни магии 68

С. И. Вайнштейн. Встреча с «великим» шаманом 79

А. А. Малиновский. Идеи С. Н. Давиденкова в свете современной биологии 83

Б. А. Фролов. Идеи С. Н. Давиденкова и современные проблемы изучения первобытного творчества 85

Е. А. Духовской, А. Н. Пономарев, А. А. Силин, В. Л. Тальрозе. Эффект аномально низкого трения 88

В. Г. Казьмин. Рифты континентов — зародыши молодых океанов 94

М. А. Заславский. Мумификация животных и растений 104

НОВОСТИ НАУКИ 106

КНИГИ

А. С. Федоров. Славный путь нашей Академии 118

Н. Л. Крушинская, В. М. Смирин. Одиннадцать лет среди шимпанзе 122

Новые книги 126

В КОНЦЕ НОМЕРА

М. И. Каганов. Берегись автомобиля! 128

На паровой странице обложки. Реконструкция «саблезубого» териодонта (Rubidgea), нападающего на растительноядного тероморфа (Oudenodon). По А. Кромпфону, 1968. К статье Л. П. Татаринова «Происхождение млекопитающих», с. 24.

Редакция рукописей не возвращает.

© Издательство «Наука»,
«Природа», 1975 г.

Оформление П. Г. АБЕЛИНА
Художественный редактор
Д. И. СКУЛЯР
Корректоры:
К. М. ВОИНОВА, Т. Д. МИРЛИС
Адрес редакции: 113127
Москва, М-127, ул. Осипенко, 52.
Тел. 231-71-60, 231-76-80.
Подписано к печати 17/VII—1975 г.
Т-13016
Формат бумаги 84×108/16.
Уч.-изд. л. 16,8. Усл. печ. л. 13,44.
Бум. л. 4.
Тираж 62 000 экз. Зак. 2422.
2-я типография издательства «Наука»
Москва, Г-99, Шубинский пер., 10.



Экономико-географические проблемы БАМ

М. Э. Аджиев

Кандидат экономических наук

Дорога севернее Байкала

В 1982—1983 гг. должна вступить в строй новая железная дорога — Байкало-Амурская магистраль (БАМ), которая пересечет огромную территорию Восточносибирского и Дальневосточного экономических районов. Новую дорогу протяженностью более 3 тыс. км строят для того, чтобы в корне изменить структуру хозяйства восточных районов страны. Богатые природные ресурсы и железнодорожная транспортная связь в будущем позволят соединить очаги промышленности и сельского хозяйства Сибири и Дальнего Востока в новый высококоразвитый экономический комплекс.

Грандиозные масштабы строительства и огромная территория, которую предстоит освоить, накладывают особую ответственность на ученых и в то же время открывают широкие возможности для комплексных научных подходов к организации хозяйства. Чтобы дать глубоко обоснованные научные рекомендации для рационального освоения территории, потребуются самые тщательные исследования геологов, климатологов, экономистов, географов и других специалистов с применением самых современных методов. На нынешнем этапе строительства, когда прокладка БАМ только начата, волнует пре-

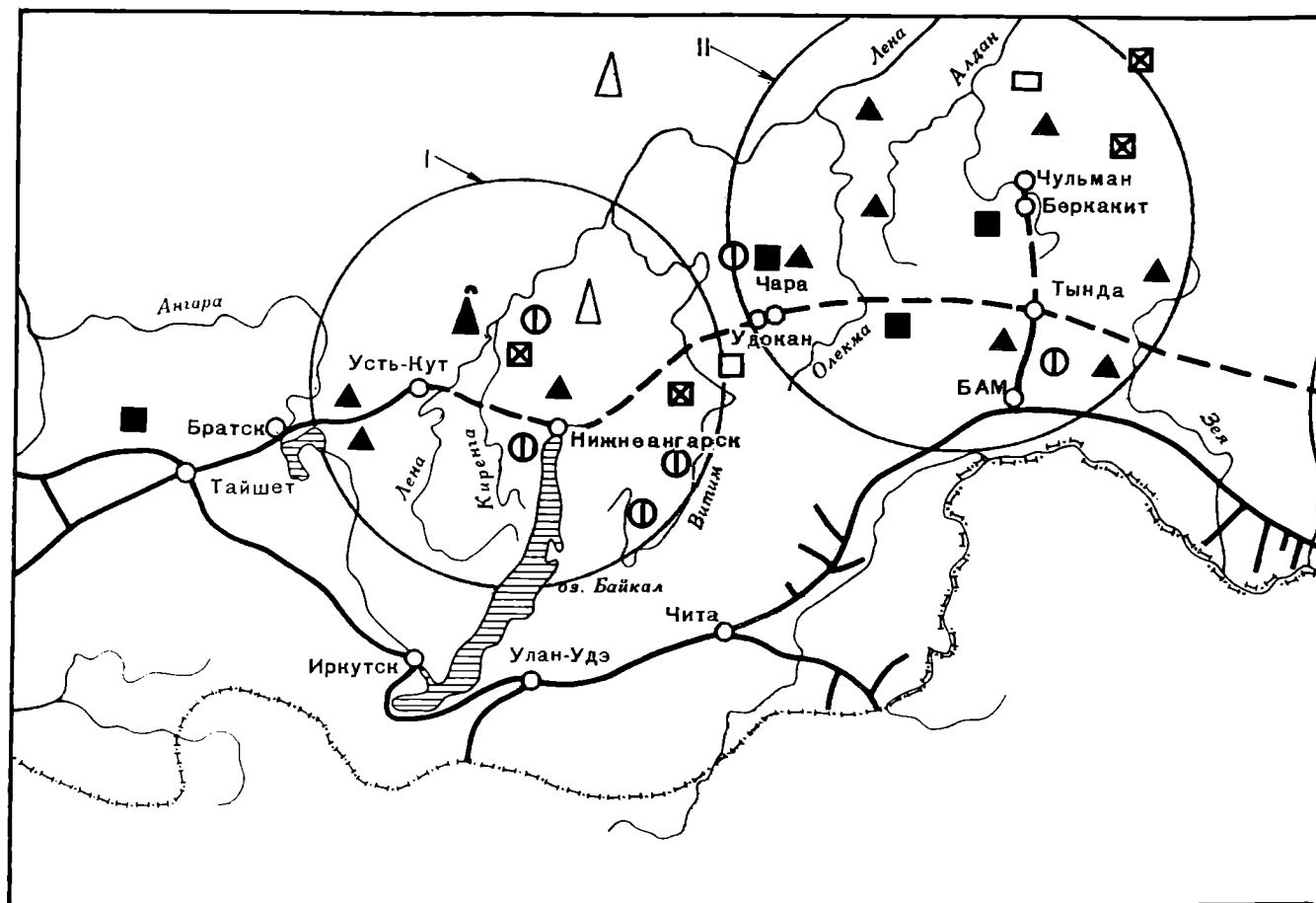


Мурад Эскандерович Аджиев, младший научный сотрудник отдела экономического прогнозирования развития цветной металлургии Государственного научно-исследовательского и проектного института редких металлов Министерства цветной металлургии СССР. Занимается вопросами экономической географии Сибири и Дальнего Востока. Автор (совместно с Л. В. Леонтьевой) книги: Промышленные комплексы Сибири. М., «Знание», 1975.

БАМ пройдет через множество водных преград. Большая часть рек принадлежит к бассейну Лены.

Фотохроника ТАСС.





де всего вопрос, как будет работать техника в суровых условиях Забайкалья, можно ли здесь использовать стандартную технику или придется создавать принципиально новую.

Сегодня вся транспортная сеть Забайкалья опирается на Транссибирскую магистраль, построенную в 1891—1904 гг., и «усталость» старой железной дороги уже сказывается. Объем перевозок растет, а пропускная способность ее, увы, не безгранична. За последние 30 лет грузовые перевозки Транссибирской магистрали возросли в среднем в 7 раз, а на отдельных ее участках даже в 8—10 раз.

Новая магистраль не только разгрузит старую дорогу, но и позволит резко увеличить экспортные, импортные и транзитные перевозки. Грузы, которые сейчас идут долгим морским путем с Дальнего Востока в Западную Европу и время перевозки кото-

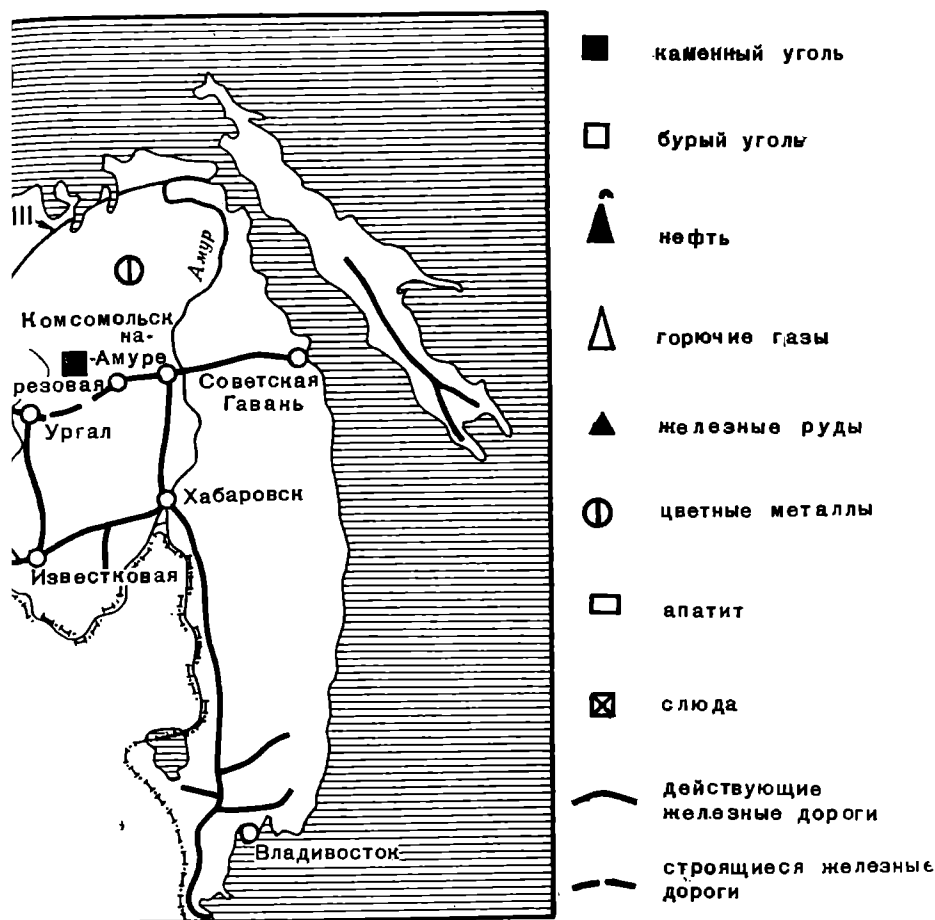
рых еще зависит от метеорологических условий, в значительной части пойдут по новой дороге, на работу которой погода не влияет. Каков может быть объем транзитных перевозок (их теперь принято называть экспортом транзитных услуг), можно судить хотя бы по тому, что Япония в 1975 г. по Транссибирской магистрали собирается перевезти 3,5 млн т грузов в контейнерах.

Идея проложить магистраль через Сибирь не южнее, а севернее Байкала возникла еще в прошлом веке и была в 1888 г. сформулирована в «Трудах комиссии русского технического общества по вопросу о железных дорогах через всю Сибирь». Было ясно, что дорога севернее Байкала будет короче почти на 500 км. Но суровые условия северного Забайкалья не позволили в то время реализовать этот проект, и дорогу пришлось построить южнее из-за отсут-

ствия опыта строительства в зоне вечной мерзлоты.

В период с 1911 по 1914 г. Министерство путей сообщения все же разработало предварительные технико-экономические обоснования строительства Ангаро-Ленской железной дороги (западной части трассы БАМ). В основу изысканий легли данные, полученные экспедицией инженера и писателя Н. Г. Гарина-Михайловского. В результате проведенных обследований Гарин-Михайловский установил места выхода железнодорожных путей к судоходным частям Лены, предложив два варианта: первый — от Иркутска на Качуг — Верхнеленск до Жигалово; второй — от Тайшета на Братск до Усть-Кута. Через сорок лет железную дорогу построили именно по второму варианту.

Таким образом, необходимые предварительные проработки по окончательному выбору направления запад-



Схематическое размещение ядер территориально - производственных комплексов в районе трассы БАМ. Благоприятные сочетания природных ресурсов позволят после сооружения БАМ на территории к востоку от Байкала приступить к формированию экономическому району, основу которого составит система новых территориально-производственных народнохозяйственных комплексов (ТПК), отмеченных на схеме римскими цифрами.

В Западном (Северо-Байкальском) ТПК (I), где сейчас открыты запасы руд цветных металлов, леса, нефти и газа, будут преобладать предприятия металлургии, лесопереработки и нефтехимии.

В Центральном (Алдан-Чульман-Удоканском) ТПК (II), характеризующемся разведанными запасами угля, железной руды, меди, апатитов, будет развиваться горнодобывающая и металлургическая промышленность. Восточный (Тихоокеанский) ТПК (III) богат лесом, рудами. Сюда по проектирующемуся газопроводу поступит газ из Якутии и тюменская нефть по БАМ. Пересечение морских и железнодорожных путей наложит транспортный отпечаток на хозяйство комплекса. Кроме этого, здесь будет развиваться деревообрабатывающая промышленность, газо- и нефтехимия.

ного участка будущей трассы БАМ все же были сделаны, но работ по ее сооружению не начиналось: разразилась первая мировая война.

В 1932 г. экономические достижения молодой Советской республики позволили снова поставить на повестку дня проблему БАМ, и в 1934 г. были начаты проектно-изыскательские работы по трассированию магистрали от станции Тайшет на Транссибирской магистрали до Советской Гавани на Тихоокеанском побережье. Общая протяженность намеченной трассы составила около 4,5 тыс. км.

До начала Великой Отечественной войны были построены вспомогательные пути от маленькой станции БАМ на Транссибирской магистрали до поселка Тында и от Известковой до Ургала. Одновременно со строительством вспомогательных путей была

сооружена и часть главного полотна: 700-километровый участок от Тайшета через Братск и далее на северо-восток к поселку Усть-Кут на берегу Лены, а также из Волочаевки под Хабаровском на Комсомольск-на-Амуре, откуда был начат 450-километровый участок на Советскую Гавань.

Во время подготовки Сталинградской обороны, пути Известковая — Ургал и БАМ — Тында были демонтированы, а рельсы направлены на Волгу, где прокладывали дорогу для подвоза боеприпасов и снаряжения, остро необходимых фронту. Из рельсов также изготавливали противотанковые ежи.

После войны для восстановления и дальнейшего развития народного хозяйства стране потребовались лес и уголь, нефть и металл — начались интенсивные работы по восстановлению железнодорожных путей. Была вновь сооружена ветка Известковая — Ур-

гал, обеспечившая в Ургале разработку каменного угля, а также линия Комсомольск — Советская Гавань, открывшая новый выход на Тихоокеанское побережье и позволившая установить относительно надежную паромную переправу с Сахалином.

От Комсомольска-на-Амуре на запад проложили 200 км пути до поселка Березовый, однако промышленного значения дорога не получила — не было моста через Амур. Сейчас она используется только для нужд лесной промышленности. На этом строительство было законсервировано.

И вот теперь возросшая экономическая мощь нашей страны дает нам возможность вновь вернуться к проблеме сооружения дороги к северу от Байкала как части нового промышленного комплекса.

При всяком хозяйственном освоении территории необходимы комп-

лексные научно обоснованные экономико-географические разработки, включающие целый ряд специфических особенностей. Модель нового промышленного района должна строиться с учетом экономических, технических, социальных, природоохранных и других аспектов. Сегодня район, по которому пройдет будущая трасса — настоящая целина для экономико-географов. Не случайно в район строительства устремились экспедиции различных научно-исследовательских учреждений.

Построить правильный прогноз развития экономического территориально-производственного комплекса — это большая часть дела, поскольку «многие неточности и ошибки, допущенные при планировании производственных пропорций или при проектировании предприятий, могут быть с теми или иными потерями все же исправлены. Опасность и своеобразие ошибок и всякого рода «неточностей» в территориальном размещении производства заключаются, как правило, в их неисправимости»¹.

Сейчас практически невозможно говорить о тех изменениях, которые произойдут в новом промышленном районе. Нужны тщательные исследования, обоснованные модели. Предлагаемое сегодня районирование зоны БАМ с четким выделением 5, 7 и даже 30 территориально-производственных комплексов слишком абстрактно. Имеются неполные данные лишь по некоторым районам, примыкающим к будущей трассе. А большая часть сопряженных с трассой территорий изучена еще недостаточно. Поэтому сегодня категоричность в суждениях будет плохим советчиком при составлении рекомендаций по выбору оптимальных схем размещения производственных предприятий в новом промышленном районе.

О будущих переменах хозяйства зоны, по которой пройдет БАМ, можно говорить сегодня в самых общих чертах. Но уже очевидно, что изменится характер природного комплек-

са зоны БАМ. Сейчас, по существу, это — край нетронутой природы.

Природные условия зоны БАМ

Северное Забайкалье и Дальний Восток, по которым пройдет БАМ, значительно приподняты над уровнем моря. В рельефе этого края преобладают горные массивы и плоскогорья. Трасса пересечет ряд относительно молодых горных хребтов с абсолютными отметками вершин от 2,8 до 3,5 тыс. м, среди которых выделяются Байкальский, Северо-Муйский, Удоканский хребты, отроги Станового хребта.

Наиболее неблагоприятные геологические черты района, по которому пройдет БАМ, — вечная мерзлота и высокая сейсмичность.

Свыше 50% общей протяженности магистрали придется на зону распространения вечной мерзлоты, а на отдельных участках трассы бурением обнаружены мощные линзы льда. Вечная мерзлота безусловно осложнит дорожное строительство — даже в разгар лета при ведении земляных работ нужно будет предварительно оттаивать мерзлую почву, а получившийся сильно увлажненный талый грунт обычно представляет собой вязкий и липкий «пльвун». При нарушении естественных теплофизических процессов, происходящих в мерзлом грунте, на поверхности почвы образуются вспучивания и проседания, особенно опасные при строительстве и последующей эксплуатации зданий и сооружений. Кроме того, подпочвенный слой вечномерзлого грунта ограничивает проникновение вглубь влаги, и это приводит к избыточному увлажнению и заболачиванию почв, следовательно, и к быстрому разрушению сооружений.

Западная часть трассы расположена в зоне сейсмичности от 7 до 9 баллов, восточная — от 6 до 7 баллов. Например, в районе Байкала за последние 200 лет отмечено 800 землетрясений. Особенно сильное было в 1862 г., когда в южной части озера опустился участок дельты Тселенги площадью около 100 км², на месте которого образовался залив Провал.

Сейсмичность территории требует особого внимания, специальных рекомендаций по строительству железной дороги, промышленных предприятий, жилых зданий и т. д.

Неблагоприятные геологические условия компенсируются здесь богатством недр.

Большое разнообразие геологических условий зоны, прилегающей к трассе будущей дороги, определяет широкий спектр полезных ископаемых. Особенно выделяются разведанные залежи медных руд на Удокане, а также сочетание коксующихся углей и железных руд в Южной Якутии (район Чульмана и Алдана). В Северном Прибайкалье наиболее значительны Чайское и Байкальское никелевые месторождения в районе Нижне-Ангарска. В их рудах содержатся также медь и кобальт. Оректанское месторождение известно открытыми запасами молибдена. Катунинское — редкометаллическими рудами.

Всего недавно был сделан целый ряд геологических открытий. Якутскими геологами подсчитаны прогнозные запасы нефти и газа в Восточной Сибири и Якутии, разведаны месторождения нефти и газа в Лено-Вилуйской провинции. Геофизики напали на след древней нефтегазоносной структуры, так называемого Непского свода. Недалеко от г. Мирного выявлены весьма перспективные залежи газа и конденсата. Якутские геологи приступили к оконтуриванию структур и промышленной оценке месторождений. А в верховьях Лены, близ с. Марково Иркутской области, уже открыто первое нефтяное месторождение Восточной Сибири.

Недавно в Южной Якутии открыто новое месторождение апатитов с высоким содержанием окиси фосфора. Считают, что прогнозные запасы этого месторождения могут быть сравнимы с запасами известного в СССР месторождения на Кольском п-ве. И наконец, в 200—300 км к северо-западу от пос. Чульман совсем недавно обнаружены Чаро-Токкинский и Олекмо-Амгинский железорудные районы, прогнозные запасы которых высоко оцениваются специалистами.

Несомненно, при детальном геоло-

¹ Пробст А. Е. Эффективность территориальной организации производства. М., «Наука», 1965, с. 38.

гическом обследовании этой территории будут обнаружены новые месторождения полезных ископаемых.

При хозяйственном освоении этих районов кроме геологических большое значение имеют климатические условия. Значительное простираение БАМ с запада на восток определяет различия в климате в разных районах строительства дороги. Западная и центральная часть магистрали будут проходить по Восточной Сибири, в поясах умеренного и холодного климата с резко выраженной континентальностью. Разница между средними температурами самого холодного и самого теплого месяца достигает здесь 45°, а местами 65°. В январе обычно стоит мороз —25—35°, в июле — жара до 30°. В течение суток температура резко колеблется; количество осадков, выпадающих главным образом летом, невелико. Холодная зима продолжается 5—6 мес. в году.

Температуры зимних месяцев особенно низки в межгорных котловинах: при ясной и морозной погоде с особенно белой снежной поверхностью происходит интенсивное излучение, большого количества тепла. Однако постоянство погоды, сухость воздуха, обилие ясных дней, отсутствие ветров позволяют людям сравнительно легко переносить здесь низкие зимние температуры воздуха. Бодрящий 30-градусный сибирский мороз, например, переносится почти так же, как московский 10—15-градусный. Однако суровость зимы и низкие зимние температуры все же сильно осложняют жизнь и труд людей.

Иной характер климата у восточной части зоны БАМ, приходящейся на Дальний Восток. Здесь главное — муссонная циркуляция воздушных потоков, обуславливаемая неравномерным нагреванием и охлаждением материка и океана. Летом влажный морской воздух — летний муссон — устремляется в сторону материка. Зимой воздушные массы движутся с материка к океану, образуется зимний муссон, который приносит на весь Дальний Восток сухой, сильно охлажденный воздух и ясную, очень морозную погоду.

Такое циклическое перемещение воздушных масс определяет неравномерное распределение осадков в году.

Обычно в конце июля начинаются дожди, которые продолжаются в течение всего летнего муссона. Иногда сильные непрекращающиеся дожди вызывают на реках паводки, достигающие порой катастрофических размеров. Лето в этой части трассы БАМ в основном избыточно влажное и холодное, с малым количеством солнечных дней, частыми туманами и дождями.

Осадки, выпадающие в большом количестве, относительно малое испарение, сильно пересеченный рельеф — все это в значительной мере определяет густоту речной сети в зоне БАМ. Реки близ западной и частично центральной части будущей железной дороги принадлежат преимущественно бассейну Лены, а вдоль остальной части трассы — Амуру. Наиболее крупные водные преграды, которые встанут на пути БАМ — Лена, Витим, Олекма, Зея, Селемджа, Бурея, Амур. Питание этих рек происходит преимущественно в теплое время года, весной реки пополняются талыми водами, а летом и осенью — дождевой. Это и определяет режим и распределение стока по сезонам.

По рекам ленского бассейна главная масса воды проходит в период весеннего половодья, уровень воды в это время поднимается на 4—6 м.

С наступлением первых осенних заморозков уровень воды в реках заметно понижается. Замерзают многие здешние реки своеобразно: лед начинает образовываться сначала на дне реки, обволакивает белой рыхлой массой поверхности гальки, валунов, стволы затонувших деревьев. Иногда за сутки толщина ледяной массы увеличивается на 80—100 см. Обычно эти ледяные глыбы отрываются от дна и всплывают на поверхность. Так образуется второй, осенний ледоход, характерный для многих сибирских рек, и только через несколько дней ледовый панцирь покрывает поверхность воды. Толщина льда на многих реках превышает 1,5—2 м.

Зимой, когда свирепствуют сильные морозы, многие мелкие речки промерзают до дна. Такое же промерзание характерно и для мелких участков рек средних размеров. Эти естественно созданные ледяные плотины в русле реки препятствуют дви-

жению незамерзшей воды, которая своим напором не в состоянии сдвинуть преграду. Поэтому периодически около такого препятствия водные массы прорывают поверхностный лед и мощным потоком вырываются наружу, заливая все вокруг. Очень скоро вновь образовавшееся озеро скывается льдом. Через некоторое время новая порция речной воды заливает долину. Так образуются на реках наледи, толщина которых может достигать нескольких метров, а размеры — значительных площадей.

Наледи опасны при любом строительстве и значительно усложняют организацию автозимника, временной автомобильной дороги, по которой доставляют грузы на строительство. Зимой на 111-м километре строящейся трассы БАМ — Тында в наледь провалились два автокрана, вытащить которые долгое время не удавалось. И только две металлические стрелы, выходящие из-под льда, указывали на место катастрофы...

Почвенный покров зоны БАМ, естественно, не одинаков на разных ее участках. Однако наличие или близость вечной мерзлоты повлияло на почвоформирующие процессы. В условиях горного рельефа преобладают преимущественно горно-мерзлотно-таежные, горно-лесные карбонатные почвы, а в восточной части трассы — в основном горно-таежные иллювиально-гумусовые и буро-таежные оглеенные.

Своеобразие почвенного покрова наложило свой отпечаток на растительность и животный мир районов, где пройдет БАМ. Здесь в основном растут горные лиственные леса, на северных склонах гор можно встретить кедр, пихту и аянскую ель, на южных нередки сосновые боры и горные луга. Запасы лесосырьевых ресурсов в зоне магистрали оцениваются в 6 млрд м³ древесины — это 10% общесоюзных запасов. Заболоченные участки покрыты зарослями низкорослой березы. Верхний ярус горных хребтов обычно занимают густые труднопроходимые заросли кедрового стланника. Богат и разнообразен животный мир лесов. Многие животные имеют промысловое значение, в первую очередь белка, колонок, горностай, лисица и, конечно, соболь.

Итак, основные богатства района — залежи угля, руд, энергетические ресурсы, лес. Разрабатываются пока лишь некоторые месторождения, используется лишь малая часть лесных ресурсов. Поэтому сегодня в структуре хозяйства экономических районов, по территории которых пройдет трасса БАМ, явно монопольное положение занимают отрасли горно-добывающих и связанных с ними отраслей промышленности. В ближайшей перспективе такое соотношение сохранится.

Экономические предпосылки

Дальнейшее развитие промышленности, а значит, и всего народного хозяйства этих районов, сдерживается отсутствием местной базы черной металлургии — решающего фактора развития тяжелой индустрии, в значительной мере формирующей структуру хозяйства любого экономического района.

Было бы неверно утверждать, будто для промышленного освоения какой-либо территории всегда обязательно создавать местную металлургическую базу. Но в данном случае необходимость создания такой базы очевидна. Северному Забайкалью и Дальнему Востоку уготована роль своеобразного плацдарма экономического наступления на огромную и практически неосвоенную территорию Азиатского Севера. Это определяет экономико-географическим положением района. БАМ как раз и поможет сформировать такой плацдарм.

Необходимость промышленного освоения Севера объясняется прежде всего разнообразием его месторождений полезных ископаемых. Открытые запасы газа, угля, металлов и др. будут жизненно необходимы уже в недалеком будущем для целого ряда отраслей хозяйства страны.

Для экономического развития Севера необходима промышленная база, расположенная в близких районах. Если, например, для освоения Северного Забайкалья можно регулярно завозить технику, строительные конструкции из близлежащих районов Южной Сибири, где сложился достаточно мощный промышлен-

ный потенциал, то для Севера массовые грузоперевозки из этих отдаленных, по отношению, например, к Магадану или Якутску, мест уже экономически неэффективны, да и нерентабельны, потому что технологические возможности этой западной промышленной базы ограничены. Вот почему нужно начинать, как говорят строители, с нуля, т. е. закладывать фундамент будущего здания экономики гигантского северного региона, занимающего, кстати говоря, более трети территории страны. Железная дорога как раз проложит путь к местам строительства будущих металлургических комбинатов, рудников и других компонентов промышленно освоенной местности. Это, в свою очередь, необходимо для дальнейшего продвижения народного хозяйства к природным богатствам Севера, к более равномерному размещению производственных сил на территории всей страны.

Почему необходимо в первую очередь — после дорожного строительства — создавать здесь именно металлургическую базу? Да только потому, что она даст исходное сырье для металлообработки, машиностроения и других отраслей тяжелой индустрии, без которой сдерживается дальнейшее экономическое развитие региона.

Предполагается соорудить металлургический комбинат в Южной Якутии, мощностью до 12 млн т стали в год. Причем себестоимость местного металла будет значительно ниже привозного.

Кроме черной металлургии, дальнейшее развитие на первом этапе получат отрасли цветной металлургии: на базе Удоканского месторождения меди планируется сооружение гигантского химико-металлургического комбината, увеличатся мощности металлодобывающей и редкометаллической промышленности. Значительно расширит производство лесная, лесоперерабатывающая и целый ряд других отраслей промышленности. Развитие «пионерной» промышленности потребует дальнейшего совершенствования энергетики, транспорта, сельского хозяйства — словом, всех остальных составляющих элементов экономических структур этой части Востока страны.

Будущие промышленные комплексы

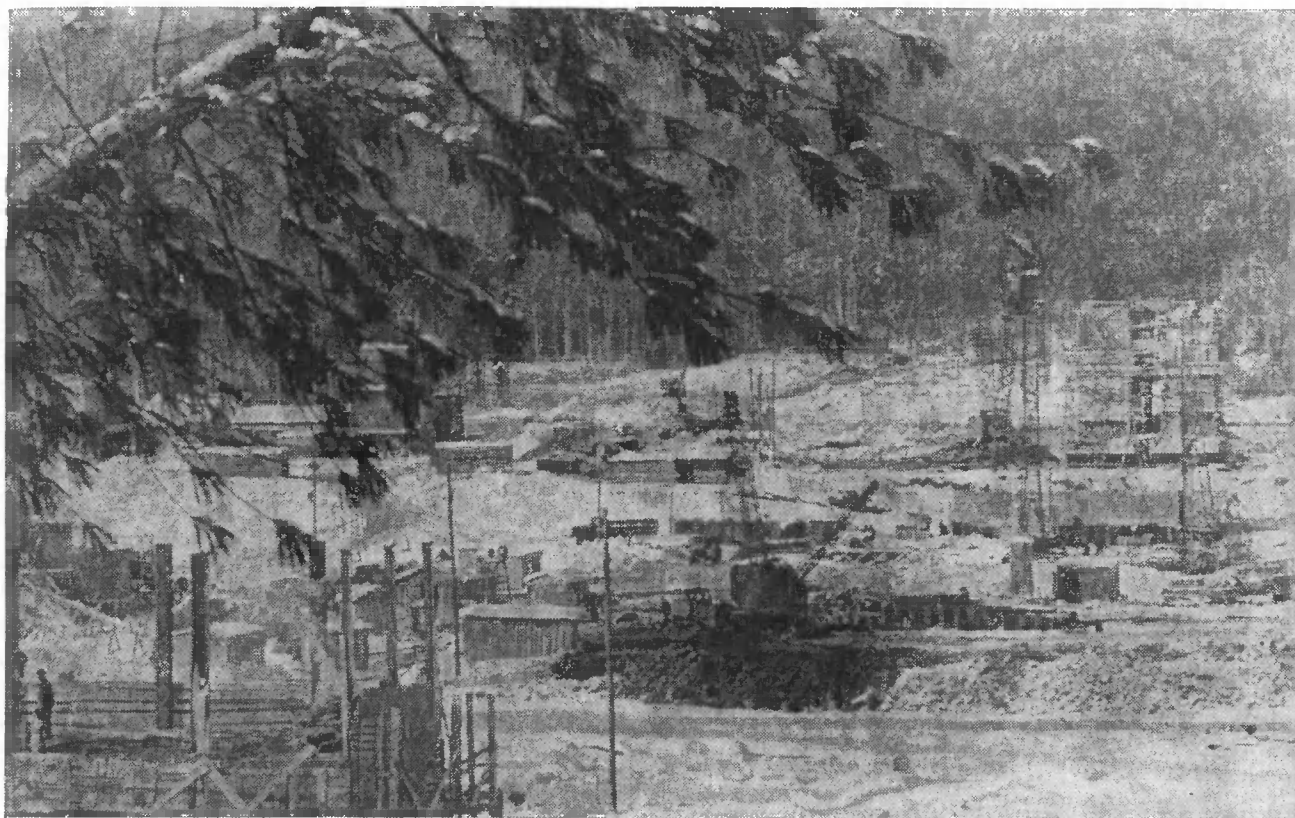
С постройкой БАМ сложатся благоприятные экономические предпосылки для вовлечения в промышленную эксплуатацию значительных гидроэнергетических ресурсов, тяготеющих к магистрали, на участках рек Селемджи, Зеи, Буреи и др. Эти ГЭС составят энергетическую основу новых народнохозяйственных комплексов.

Если мысленно разделить трассу БАМ на три относительно равных участка, можно, правда весьма приблизительно, представить себе размеры будущих новых территориально-производственных народнохозяйственных структур. В западной части, богатой сырьем для предприятий цветной металлургии, дальнейшее развитие получит добыча металла, будут созданы вольфрамо-молибденовые, никелькобальтовые и другие предприятия этой отрасли промышленности. Однако не они сформируют лицо комплекса: богатейшие лесные массивы забайкальской тайги открывают поистине неограниченные перспективы развития химического производства. Кроме того, предполагается строительство крупнейшего нефтепровода из Западной Сибири, вероятно, до Тайшета. Здесь будут созданы предприятия по переработке нефти, однако всю поступающую нефть они переработать не смогут.

Создаваемый каскад гидроэлектростанций на Ангаре явится основой энергетической базы всего комплекса.

Где-то в центральной части предполагается разместить гигантские горнодобывающие предприятия Алдан-Чульман-Удоканского комплекса: Угольно-железорудный конгломерат определит здесь лицо будущего комплекса. Чульманский уголь плюс алданская руда — это металлургический комбинат мощностью до 12 млн т стали в год. Уже идет полным ходом подготовка к сооружению горно-обогатительного комбината на Удокане. В 1975 г. начнут возводить опытный комплекс по приему руды.

Зейская ГЭС, сооружаемая в зоне БАМ, послужит энергетической базой для формирования Зейско-Свобод-



Строительство моста на одном из участков будущей магистрали.

Фото А. Г. Нагальяна.

ненского территориально-производственного узла, входящего структурной единицей в Алдан-Чульман-Удоканский народнохозяйственный комплекс. Машиностроительные, целлюлозно-бумажные и деревообрабатывающие предприятия составят промышленную основу Зейско-Свободненского узла.

Для ускорения строительства этих предприятий намечается продлить на 400 км вспомогательный путь БАМ — Тында дальше на север, до якутского поселка Беркамит. Вполне возможно, что именно эта железная дорога в перспективе станет северо-восточной магистралью и пойдет на Якутск, Магадан и, может быть, на Чукотку.

В восточном секторе БАМ разместятся предприятия Тихоокеанского территориально-производственного комплекса. Пересечение морских и железнодорожных путей накладывает особый отпечаток на хозяйство комплекса. Лес явится сырьем для предприятий деревообрабатывающей и лесохимической промышленности.

Вилуйский газ, доставленный сюда по трубопроводу, будет стимулировать химическое производство. Предполагается строительство заводов по сжиганию газа — в таком состоянии его легче транспортировать, в том числе и водным путем. Удачное сочетание привозного газа и местного каменного угля составит основу энергетики комплекса. Чульманский кокс, доставленный по БАМ, будет использоваться также на металлургическом заводе «Амурсталь» в Комсомольске-на-Амуре. Также весьма благоприятные перспективы освоения после строительства БАМ имеет месторождение алюминиевого сырья в районе Николаевска-на-Амуре.

Учитывая весьма напряженный энергетический баланс Дальневосточного края, в первый период эксплуатации БАМ электрификации дороги не предполагается, и железнодорожные составы будут использовать тепловую тягу. Лишь в районе западной части трассы, где уже имеются энер-



Один из труднейших участков строительства БАМ — Северо-Муйский хребет, сквозь который будет пробит 15-километровый туннель.

Фотохроника ТАСС.

На с. 11.

В поселке Таяра, расположенном к северу от Байкала, разместились один из отрядов строителей БАМ.

Фотохроника ТАСС.

гетические резервы Братской, а в будущем также и Усть-Илимской ГЭС и всего Ангарского каскада, намечается использовать электровозы. Работы по электрификации этой уже построенной трассы от Тайшета до Усть-Кута начались.

БАМ пройдет через вековую сибирскую тайгу. В перспективе в зоне дороги намечается организовать 10 крупных леспромпхозов, которые будут заготавливать в год 5—6 млн м³ древесины с учетом, конечно, того, что должны непременно проводиться лесовосстановительные работы и рекультивация земель. Лесные массивы к востоку от Тынды составят сырьевую базу лесоперерабатывающей промышленности, по-видимому и экспортного назначения, а западных участков — внутреннего потребления.

К сожалению, говорить о перспективах развития сельскохозяйственного производства в «бамовской» части Дальневосточного края, пока не представляется возможным. Однако, если проводить аналогию с другими райо-

нами страны, можно заключить, что сельское хозяйство здесь будет носить, вероятно, очаговый характер и будет призвано удовлетворять местные потребности населения в овощах, а также продуктах животноводства.

Сохранение природы

Итак, экономические перспективы нового промышленного района радуют. Настораживает то, что при новом грандиозном строительстве нередко не учитываются принципы рационального использования и сохранения природы.

Стало своеобразной традицией при описании природы Сибири и Дальнего Востока говорить о колоссальных естественных ресурсах. И это действительно так. Однако надо помнить, что несмотря на огромные запасы тех или иных полезных ископаемых, древесины и т. д., они далеко не бес-

предельны. Эксплуатация их требует бережного и подлинно научного отношения. Вот такое послание адресовали строителям БАМ сибирские ученые: «Природа районов, прорезаемых трассой, хрупка и неустойчива. Почвы эфемерны, особенно легко поддаются эрозии. Растения и животные в этой альпийской зоне находятся, так сказать, на пределе существования. Леса растут крайне медленно. Если срезать ствол дерева, то годовичные кольца на нем можно рассмотреть лишь в лупу. Если лес уничтожить, он будет восстанавливаться столетиями. В то же время природные сочетания зоны весьма и весьма целесообразны. Кедровый стланик, например, это оригинальное полудерево-полукустарник, не только дает богатейший корм и надежное убежище многим животным, но и упорядочивает водосток. Заросли его, словно шуба, покрывают горные склоны, задерживают осадки и определяют равномерный их сток. Когда кедровый стланик выгорает (а он чувствителен к огню, как



промасленная пакля), исчезает сама почва и образуется в полном смысле лунный ландшафт.

Природа районов, по которым пройдет трасса БАМ, менее, чем какие-либо другие пространства во всем мире, знакома с деятельностью человека. Она девственна и чиста. И сейчас, в связи с грандиозной всенародной стройкой, пришло время составить долгосрочные прогнозы наших отношений с природой преобразующихся районов¹.

Амурский областной совет Всесоюзного общества охраны природы принял Обращение, в котором, в частности, говорится: «Строители Байкало-Амурской магистрали! Вы ведете народную стройку на большом протяжении девственной тайги. Не допускайте ненужных порубок леса. Охраняйте флору и фауну. Используйте природные богатства рачительно, по-хозяйски».

Однако в жизни все складывается иначе. При знакомстве со строительством в поселке Тындинский поражает, что в качестве утеплителей жилых домиков зачастую используется мох, который сдирается с ближайших склонов. Мох — естественный теплоизолятор вечной мерзлоты. На склонах, лишенных мха, образуются «протайки», оползни.

Нельзя без горечи смотреть на подчас бесцельную порубку (вернее, поломку) леса вдоль просеки для будущей трассы из-за неумелого владения могучей техникой. К глубокому сожалению, эти примеры далеко не единичны. Повторяются ошибки, допущенные в свое время при строительстве дороги Тайшет — Лена.

Видимо, необходимо создать какой-то действенный природоохранный орган, располагающий административной властью, который смог бы уже сейчас, на начальном этапе строительства дороги, содействовать сохранению богатств природного комплекса зоны БАМ.

Постройка Байкало-Амурской магистрали и создание нового промышленного комплекса обязывает ученых применять самый прогрессивный системный подход при планировании размещения новых предприятий. Ошибки при организации производства были бы непростительны. Сейчас научными проблемами БАМ и нового промышленного комплекса занимаются разные специалисты, разные научные учреждения. Нередко исследования дублируются. Поэтому необходим координационный центр, который сможет правильно распределить силы, выделить основные направления работ. Грандиозность стройки и нового промышленного района открывает широкие возможности для научных комплексных методов организации и ведения хозяйства.

¹ «Комсомольская правда», 19 июля 1974 г.



Новый облик Марса

М. Я. Маров

Доктор физико-математических наук

Среди планет Солнечной системы Марс на протяжении столетий занимал, пожалуй, особое место. Еще совсем недавно воображение землян будоражили увлекательные возможности найти мир себе подобных на расстояниях всего в несколько десятков миллионов километров — совсем незначительных в масштабах Вселенной. Очень хотелось верить в правдоподобность рассказа Азлиты, что «Тума, то есть Марс, двадцать тысячелетий тому назад был населен Аолами — оранжевой расой». Наука же до последнего времени не располагала убедительными свидетельствами, в какой мере эти заманчивые картины, рисовавшиеся писателями-фантастами, могут соответствовать действительности. Более того, отдельные наблюдательные данные (а точнее, истолкование этих данных) как будто говорили в их пользу.

Грандиозный бум вызвала замеченная в 1877 г. итальянским астрономом Дж. Скиапарелли паутина линейчатых структур на поверхности Марса, получивших название «каналов»; предпринимались попытки объяснить их существование деятельностью высокообразованной марсианской цивилиза-

ции. Регулярное распространение в каждом полушарии от полюса к экватору «волны потемнения» с наступлением весны долгое время связывалось с пробуждающейся растительностью за счет увеличения тепла и влаги. Обнаруженная аномалия в движении спутников Марса — Фобоса и Деймоса — вызвала к жизни оригинальное предположение, выдвинутое И. С. Шкловским, об их возможном искусственном происхождении...

Исследования последнего десятилетия, по существу революционизировавшие многие прежние концепции относительно планет Солнечной системы, позволили получить более надежные данные о природных особенностях Марса, с большей определенностью судить о механизмах, лежащих в основе наблюдаемых с Земли физических явлений на этой планете.

Каким же представляется нам сейчас Марс, выделяющийся среди других планет в периоды его видимости на ночном небосводе своим характерным красноватым блеском и потому ассоциировавшийся древними астрологами с богом войны?

*

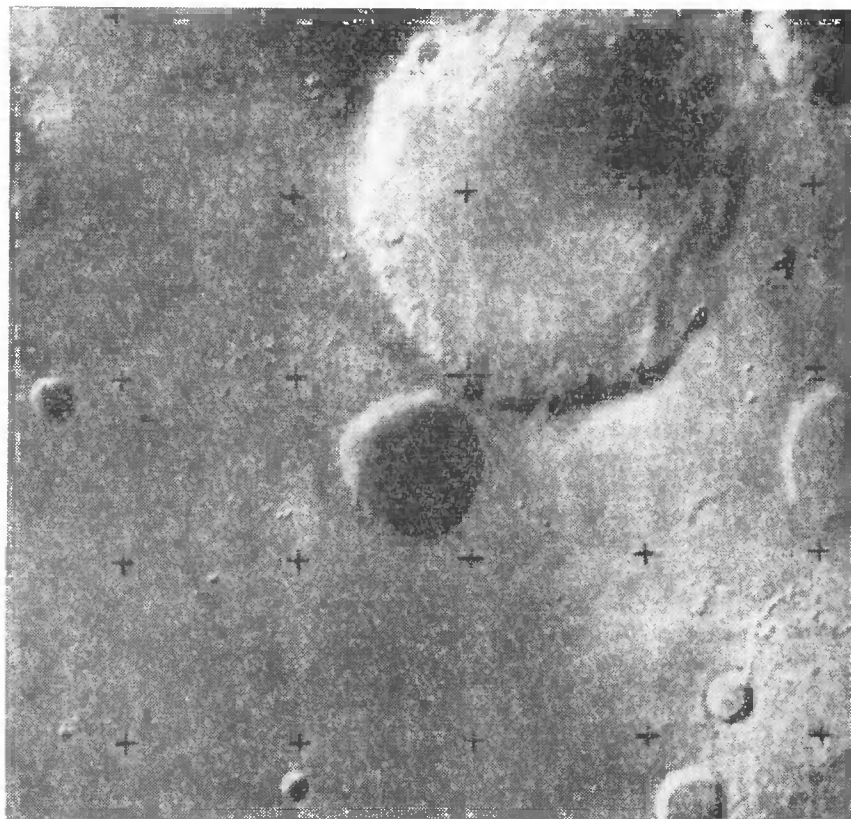
По своим размерам Марс занимает среднее положение между Землей и Луной: его поперечник около 6800 км, что вдвое меньше, чем у Земли, но вдвое больше, чем у Луны. Соответственно, поверхность планеты почти вчетверо меньше, чем у Земли. При средней плотности вещества около 4 г/см³ (что меньше плотности Земли, Венеры, Меркурия, но больше плотности Луны) общая масса планеты в 10 раз меньше земной; все предметы на Марсе приблизительно в два с половиной раза легче.



Михаил Яковлевич Маров, специалист по проблемам планетофизики и физики верхней атмосферы (аэронауки); заведует отделом в Институте прикладной математики АН СССР. Исследования посвящены структуре и динамике атмосфер Земли, Венеры и Марса, методам моделирования физико-химических процессов в верхних атмосферах планет. Член ряда международных научных организаций; возглавляет проблемные группы по физике верхней атмосферы в Международной ассоциации геомагнетизма и аэронауки (МАГА) и в Комитете по исследованию космического пространства (КОСПАР). В «Природе» опубликованы статьи: «Некоторые итоги и перспективы космофизических исследований» (1971, № 4), «Что сегодня известно о Венере» (1972, № 10).

Вулканический щит Никс Олимписа. Этот марсианский вулкан имеет в основании больше 500 км, а высота его превышает 20 км. Других столь громадных вулканических образований пока неизвестно в Солнечной системе. В центральном кратере (его диаметр 65 км) выделяется несколько круговых плоскодонных впадин; по периферии вулкан окружен крутым откосом. Снимок получен «Маринером-9».

Участок поверхности, характерный для сильно кратированных областей Марса. Наибольший кратер, диаметром около 40 км, имеет пологое дно и сильно эродированные края. Кратеры меньших размеров (~10 км и меньше), имеющие чашеобразную форму, подверглись меньшей эрозии и, по-видимому, моложе центрального. Снимок сделан «Марсом-5».



Очень близок к земному период вращения Марса около своей оси: длительность суток составляет 24 ч 37 мин 22,62 с. Наклон оси собственного вращения к плоскости около-солнечной орбиты также почти не отличается от земного, что обуславливает аналогичную смену времен года. А вот длительность марсианского года и отдельных сезонов значительно больше, так как Марс движется по орбите, расположенной в полтора раза дальше от Солнца и с большим, чем у орбиты Земли, эксцентриситетом. Год на Марсе длится 687 земных суток (или 669 марсианских), лето в южном полушарии более жаркое, хотя и менее продолжительное, чем в северном.

В периоды наибольшего сближения с Землей расстояние до Марса составляет 54 млн км, а максимальное расстояние между двумя планетами немного превышает 350 млн км. При наблюдении в телескоп на основном красновато-оранжевом фоне марсианской поверхности, наиболее яркие области которой издавна ассоцииро-

вались с «материками», выделяются более контрастные темные области, получившие условные названия «морей». Вблизи Южного и Северного полюсов хорошо различаются полярные шапки, очертания которых претерпевают существенные изменения в течение марсианского года. Однако даже в лучшие телескопы на Марсе невозможно различить детали, размеры которых менее 500 км. Как выглядит планета с более близких расстояний, удалось узнать лишь благодаря полетам космических аппаратов.

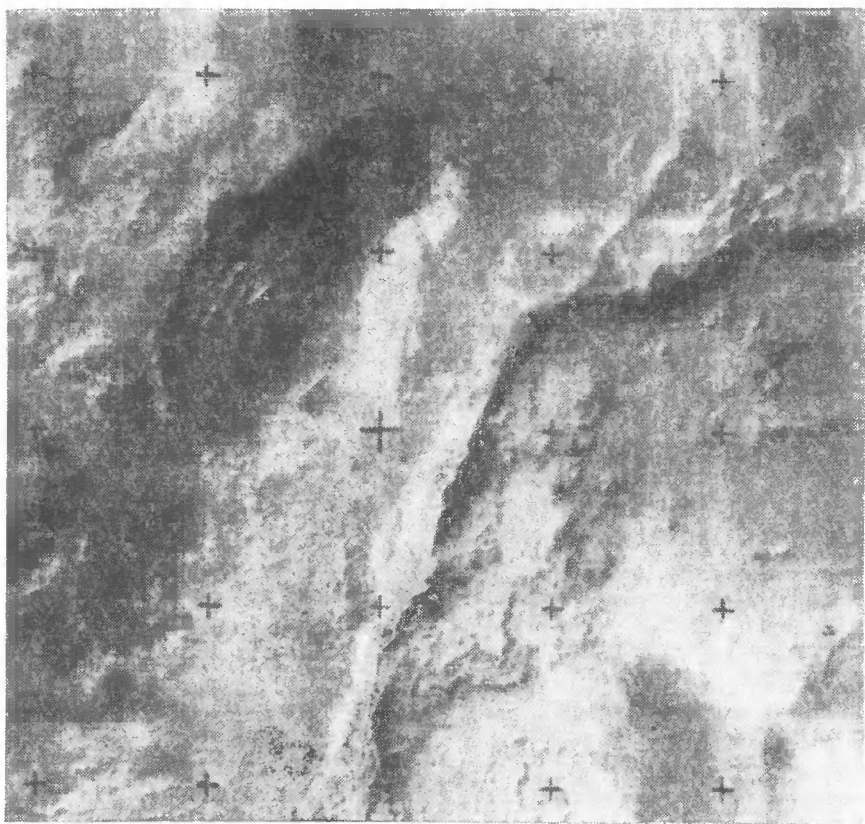
*

Первые фототелевизионные изображения отдельных сравнительно небольших участков поверхности Марса, полученные с «Маринеров-4, 6 и 7», принесли первые разочарования. Нашим взорам предстало сильно кратированное небесное тело, что дало основания для определенных аналогий между Марсом и Луной. Было установлено, что атмосфера Марса состоит преимущественно из углекислого газа; кислорода и водяного пара крайне мало, азота практически нет.

Плотность атмосферы примерно в 100 раз меньше земной, средняя температура около -50°C . В этих условиях на поверхности не может быть жидкой воды, что накладывает серьезные ограничения на возможность существования даже простейших форм живой материи. По температуре полярных шапок (около -125°C) был сделан вывод, что они состоят из твердой углекислоты («сухого льда»). О Марсе стали говорить как о мертвой планете в биологическом и геологическом смысле. Интерес к его изучению несколько снизился.

Ситуация резко изменилась в самые последние годы, когда многочисленные новые данные, полученные с искусственных спутников Марса, заставили по-иному взглянуть на его природу и геологическую историю.

В 1971—1972 гг. на околомарсианские орбиты были выведены сразу 3 спутника — «Марс-2», «Марс-3» и «Маринер-9». Исследования были продолжены в 1974 г. с пролетного аппарата «Марс-4» и с орбиты искус-



Один из районов южного полушария со сложным рельефом. В нижнем правом углу — часть кратера, край которого с валом проходит через центр снимка. Слева видны отдельные кратеры меньших размеров и небольшие поднятия. Этот крупномасштабный снимок получен «Марсом-5».

венного спутника «Марс-5». Измерения проводились в различных диапазонах электромагнитного спектра — от гамма-излучений до сантиметровых волн. В видимой области наибольшая информация была получена в результате фототелевизионного эксперимента, осуществленного на «Маринере-9». Фотоизображения¹ дали возможность произвести картирование Марса и наряду с этим выявили целый ряд характерных геологических признаков, структурных и динамических особенностей на поверхности и в атмосфере. Фотографии высокого качества, с разрешением на некоторых снимках до 100 м, были переданы также с «Марса-4» и «Марса-5». В результате синтеза снимков, сделанных под разными светочувствительными, получены цветные изображения.

Фотометрические, спектральные и поляризационные характеристики излучений, особенно в инфракрасной

и ультрафиолетовой областях, позволили надежнее отождествить многие образования и детали на поверхности и в атмосфере, которые видны на фотоснимках. Все это открывает нам совершенно новый облик «красной планеты».

*

В геологическом отношении Марс оказался значительно более неоднородным, чем представлялось ранее; во всяком случае, менее «примитивным», чем Луна. Отдельные участки его поверхности с многочисленными кратерами, подобные попавшим на снимки «Маринеров-4, 6 и 7», характерны не для всей планеты, а в основном для средне- и высокоширотных районов южного полушария. Большинство марсианских кратеров образовано ударами метеоритов: вблизи кромок хорошо различим покров из выброшенного при ударе материала, у ряда кратеров прослеживаются лучевые структуры. Однако в формировании современного облика марсианской поверхности не менее существенную роль играли вулканизм

и тектоническая активность в сочетании с процессами интенсивной эрозии и осадконакопления. Преобладающие геологические процессы в ряде специфических областей планеты, очевидно, были различными в разные исторические эпохи.

Проявлением ярко выраженного вулканизма служат характерные куполообразные горы, вершины которых представляют собой огромные чаши с четко очерченными кромками — кальдеры, а склоны несут следы застывшей лавы. Четыре вулкана в области Тарсис по крайней мере вдвое массивнее существующих на Земле. Их высота превышает 6—8 км, так что верхние кромки даже выступали над сплошной пеленой пыли, закрывшей все детали на Марсе во время бушевавшей там с сентября 1971 г. до января 1972 г. сильнейшей пылевой бури. Особенно выделяется хорошо известная по наземным наблюдениям своей повышенной яркостью область Никс Олимпа (Снега Олимпа), оказавшаяся громадной горой с поперечником около 500 км в основа-

¹ Публикуемые здесь фотографии «Маринера-9» любезно предоставлены НАСА советским ученым.

нии, вершина которой представляет собой кратер диаметром 65 км. Высота этого вулкана, по существующим оценкам, около 21 км (отсчет высоты ведется от условной средней поверхности, за которую принят уровень с давлением атмосферы 6,1 мб). Отсутствие в областях Марса, где сосредоточены вулканы, кратеров ударного происхождения, а также хорошо сохранившаяся лава на склонах гор позволяют предположить, что вулканы действовали еще сравнительно недавно (по оценкам, не более нескольких десятков миллионов лет назад).

Об интенсивной тектонической активности свидетельствуют многочисленные разломы и сбросы марсианской коры, образовавшие обширные ущелья с системой ветвящихся каньонов, грабены, рифтовые зоны. Они достигают нескольких километров в глубину, десятков километров в ширину, сотен и даже тысяч километров в длину. Например, экваториальная рифтовая зона протянулась в восточно-западном направлении более чем на 2500 км. Сетки мощных каньонов зачастую отделены друг от друга плоскими возвышенными плато. Видимо, все эти образования, а также цепочки кратеров и создавали при наблюдении с Земли иллюзию нашумевших в свое время «каналов».

Кратеры метеоритного происхождения модифицированы значительно сильнее, чем аналогичные структуры на Луне: дно их существенно более выровнено из-за высокой эффективности эрозии на Марсе, обладающем атмосферой. Многие поздние геологические структуры образовались вследствие разрушения относительно более старых структур.

В условиях сильной эрозии трудно установить истинную величину плотности кратеров на Марсе. К тому же их плотность может быть частично связана с местной вулканической активностью, а не всецело с возрастом пресобладающих форм рельефа. Своего рода «контрольную цифру» для получения сравнительной оценки числа соударений, которым подверглась поверхность планеты за геологическую историю, дает изучение поверхности спутников Марса — Фобоса и Деймоса. Оказалось, что поверхность этих тел неправильной формы (с наи-

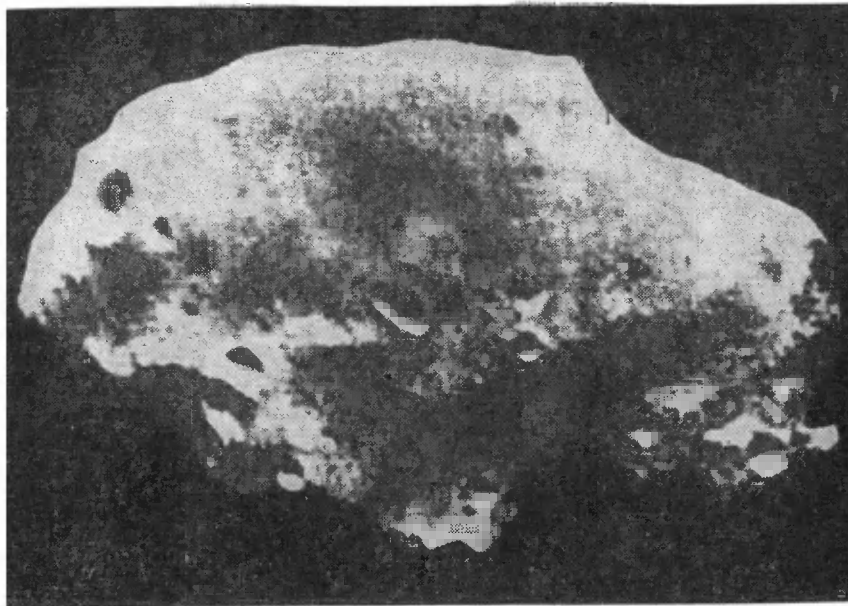
большими размерами в поперечнике соответственно около 27 и 16 км) насыщена кратерами различных размеров, достигающих по диаметру 5—7 км. Поскольку спутники лишены атмосферы и находятся в той же области Солнечной системы, что и сама планета (являясь, по-видимому, конечным продуктом аккреции в начальной фазе эволюции планетной системы), такое сравнение правомерно. Оно, действительно, свидетельствует об очень высокой эффективности процессов эрозии на Марсе. Любопытно, что спутники Марса имеют очень низкую отражательную способность (альбедо), так что их можно отнести к наиболее темным объектам Солнечной системы. Из материалов, обладающих столь низким альбедо, наиболее вероятны базальты и углистые хондриты.

Следствием эрозии является и обилие пыли, перемещение которой ветром, вероятнее всего, вызывает периодическое изменение очертаний светлых и темных областей на Марсе. Убедительные доводы в пользу метеорологической, а не биогенной природы этих изменений несколько лет назад привели американские планетологи К. Саган и Д. Поллак. Сейчас эти доводы подтверждаются экспериментально по результатам изучения фототелевизионных изображений, проведенного К. Саганом и др. Очевидно, на перераспределение пыли вдоль поверхности сильное влияние оказывают циркуляционные процессы, системы местных ветров и рельеф планеты (перепады высот на Марсе в планетарном масштабе достигают 14—16 км). В относительно спокойные периоды пыль может скапливаться в углублениях, а при сильных ветрах выдувается из них, образуя характерные «языки» у краев кратеров, ориентированные в направлении ветра. Эта ориентировка, по-видимому, сохраняется и внутри кратеров, где на снимках, сделанных с высоким разрешением, обнаруживаются структуры, подобные барханам земных пустынь. Отражательные характеристики пятен и языков в отдельных областях Марса различны, что наиболее просто объяснить за счет различий в размерах или химическом составе пылевых частиц.

С метеорологией Марса, несомненно, связана и природа «волны потемнения». Можно предполагать, что сезонная перестройка циркуляционной системы приводит к переносу ветрами, дующими из более холодных полярных областей, мелкой пыли, которая обладает повышенной отражательной способностью, вследствие чего обнажаются относительно более темные участки поверхности. Большое количество светлого сыпучего материала, содержащееся в крупных, почти круговых котловинах (типа Хеллас), вуалирует неоднородности поверхности на дне, что при наблюдении с Земли создает впечатление светлых равнин.

В приполярной области южного полушария отчетливо видны слоистые образования, сложенные осадочными породами, которые обнажаются при таянии ледников полярных шапок. Ледники, выветривание и перенос ветром эродированного материала из других районов планеты, вероятно, сыграли главную роль в формировании этих структур. Результатом такой циклической деятельности являются, в частности, концентрические наслоения около Южного полюса, похожие на выходы обнаженных пород, в которых различается до нескольких сот слоев толщиной менее 100 м. Б. Мюррей предполагает, что в этих слоях могут содержаться сконденсировавшиеся газы, перемешанные с пылью или вулканическим пеплом. Очевидно, сходное происхождение имеют и встречающиеся вблизи полюсов впадины и пустоты, образование которых, скорее всего, обусловлено сосредоточением здесь в определенный период марсианской истории больших количеств льда или выветриванием материала, обладающего малой плотностью упаковки.

Малая плотность упаковки, видимо, характерна и для других районов Марса. К этому выводу приводят данные о параметре тепловой инерции и диэлектрической проницаемости материала поверхностного слоя планеты, полученные по радиометрическим измерениям со спутников «Марс-3» и «Марс-5» яркостной температуры в инфракрасном (8—40 мкм) и сантиметровом (3,4 см) диапазонах длин волн. Измерения, прово-



Спутник Марса — Фобос. Он представляет собой сильно кратированное тело нерегулярной формы с размерами $27 \times 23 \times 18$ км. Наибольшие диаметры кратеров достигают 7—8 км. Снимок «Маринера-9».



«Пылевые языки» на поверхности Марса. Они свидетельствуют о важной роли ветровой эрозии и переноса пыли, с чем связаны изменения очертаний и альбедных характеристик отдельных образований внутри и вне кратеров. Снимок «Маринера-9».

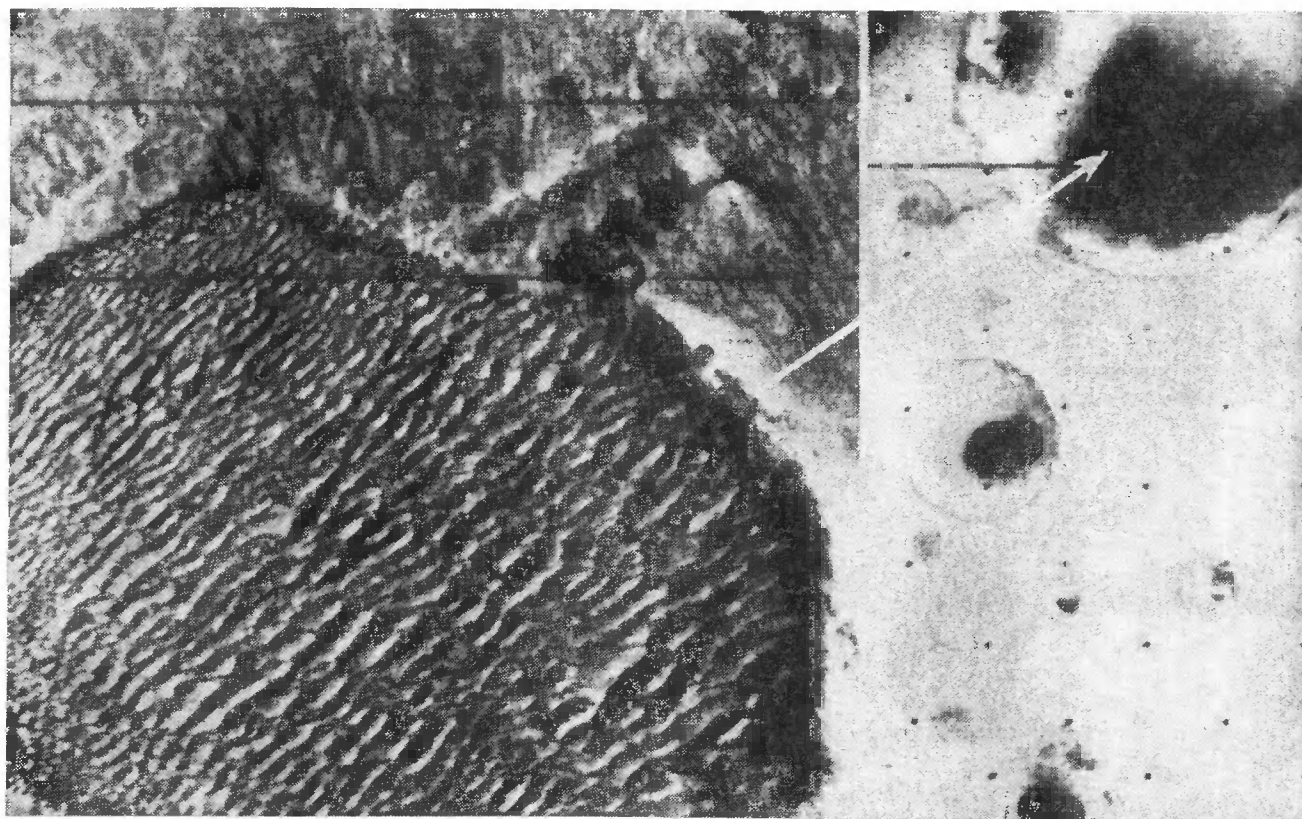
дившиеся В. И. Морозом с сотрудниками и А. Е. Башариновым с сотрудниками, дают оценки плотности грунта в пределах $1,5\text{--}2$ г/см³ при размерах частиц от 0,1 до 0,5 мм. С этими оценками хорошо согласуются результаты советско-французского эксперимента по поляриметрии, проводившегося на «Марсе-5» Л. В. Ксанфомалити и А. Дольфюсом, а также

ранее полученные данные радиометрических ИК-измерений Г. Нойгебауэра и др.

Инфракрасные яркостные температуры испытывают сильные сезонно-суточные вариации, достигающие почти 100 К. Временная зависимость этих вариаций, а также практически отсутствие колебаний температуры уже на глубине в несколько десятков

сантиметров позволяют говорить о чрезвычайно низкой теплопроводности марсианского грунта.

Столь же значительные температурные вариации характерны и для нижней атмосферы (тропосферы) Марса. Оценки температуры и давления у поверхности для ряда районов, различающихся по широте, сезону, местному времени, были полу-



Крупномасштабная структура темного пятна на дне кратера, показанного стрелкой на мелкомасштабном снимке. Перенос пыли ветром образует систему дюн с размером до 1 км между ними. Этот механизм, вероятно, ответствен за постоянно происходящие изменения отражательных свойств областей на поверхности Марса. Снимки сделаны «Маринером-9».

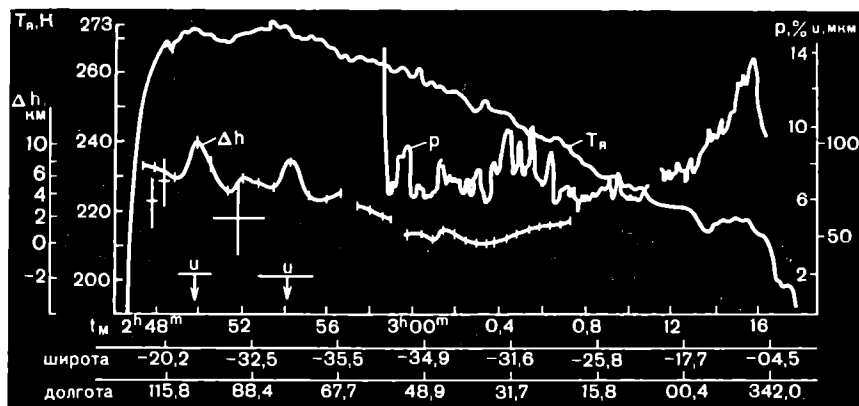
чены по результатам радиорефракционных измерений, которые проводились при заходе пролетных аппаратов и спутников за видимый с Земли диск планеты А. Клиором с сотрудниками в США и О. И. Яковлевым с сотрудниками в СССР. Температура атмосферы измерялась также на «Маринере-9» с помощью инфракрасного фурье-спектрометра Р. Хэнелом и его сотрудниками. Первые прямые измерения атмосферных параметров были выполнены на спускаемом аппарате автоматической станции «Марс-6» под руководством В. С. Авдуевского. Они позволили рассчитать модель атмосферы от поверхности до высоты

80 км. В месте посадки «Марса-6» в районе с координатами 23,9° ю. ш. и 19,5° з. д. при положении Солнца, соответствующем 15 ч. 30 мин местного времени, давление у поверхности составило $6,1 \pm 0,5$ мб; средняя температура тропосферы 228 ± 10 К при среднем градиенте температуры в 30-километровом слое 2,5 К/км. Стратосфера в первом приближении может быть принята изотермической ($\approx 140 \pm 15$ К).

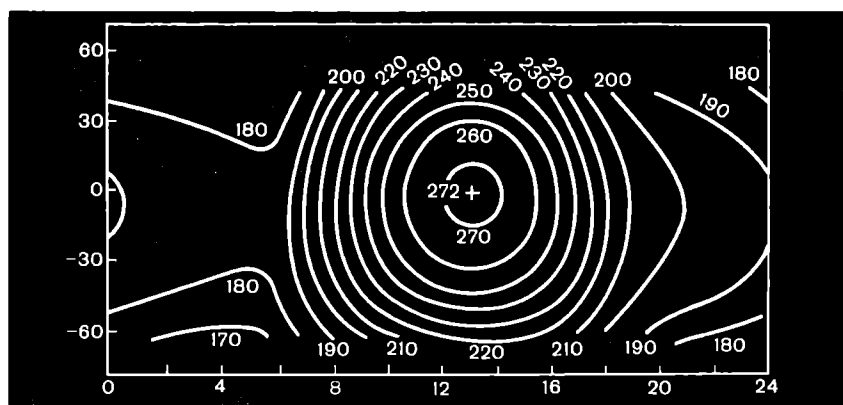
Как видим, атмосфера Марса сильно отличается от земной. Есть основания считать, что, в отличие от Земли, где формирование метеорологических процессов в основном определяется взаимодействием между атмосферой и океаном, на Марсе важнейшее значение имеет сезонный обмен между атмосферой, полярными шапками и грунтом. Значительную роль в этом обмене должен играть водяной пар.

Как уже отмечалось, содержание воды в атмосфере Марса ничтожно, в среднем в 1000 раз меньше, чем в атмосфере Земли. Вместе с тем по

измерениям в полосе H_2O на длине волны 1,38 мкм, проведенным с искусственных спутников «Марс-3» и «Марс-5» В. И. Морозом и сотрудниками, обнаружены изменения в несколько раз концентрации водяного пара в атмосфере над отдельными районами планеты. В период измерений в 1971 г. влажность в среднем была ниже, чем в 1974 г., кроме того, не был отмечен известный по наземным наблюдениям максимум влажности перед весенним равноденствием; видимо, основной причиной этих различий послужила мощная пылевая буря 1971 г. Точка замерзания воды при давлении марсианской атмосферы составляет около $-70^\circ C$. Поэтому не исключено, что значительное ее количество сосредоточено у поверхности в слое вечной мерзлоты. Было найдено, что южная полярная шапка летом не стает целиком, причем нестайващая часть имеет температуру выше температуры замерзания углекислоты и образования «сухого льда». Это дает основание предполагать, что полярные шапки содержат



Пример результатов измерений, полученных с «Марса-5» на трассе 23 февраля 1974 г. В. П. Морозов, Л. В. Ксанфомалити и др. Показаны: $T_я$ — профиль яркостной ИК-температуры поверхности; Δh — рельеф поверхности (по поглощению CO_2 , $\lambda \sim 2$ мкм); p — степень поляризации отраженной солнечной радиации ($\lambda \sim 0,6$ мкм); u — содержание водяного пара в атмосфере ($\lambda \sim 1,38$ мкм); t_m — местное время. Комплексный характер этих измерений позволяет выявить ряд физических особенностей поверхности и атмосферы, важных для понимания теплового режима Марса, вариаций содержания влаги, характера поверхностных пород и др.



Изолинии температур на поверхности Марса по радиометрическим измерениям в инфракрасной области спектра; отчетливо видны большие температурные вариации в зависимости от времени суток и широты. По оси абсцисс — местное время (в часах); по оси ординат — широта (в градусах).

как «сухой», так и обычный лед. Возможно, наконец, что на водный обмен между поверхностью и атмосферой влияет также гидратированная окись железа (хорошо известная нам как ржавчина), содержащаяся в поверхностном слое Марса и придающая ему характерный оттенок, подобный окраске земных пустынь. Довольно большие количества этих пылеобразных разновидностей бурого железняка (лимонита) могли явиться следствием выветривания из коренных вулканических пород (дунитов, базальтов) в условиях сухой, практически лишенной кислорода атмосферы планеты.

При очень низкой плотности (и, следовательно, малом времени выравнивания температурных неоднородностей), отсутствии таких мощных аккумуляторов тепла, как океаны на Земле, а также низкой теплопроводности грунта атмосфера Марса отличается сильной динамичностью. По резуль-

татам ИК-измерений температуры атмосферы и по данным о перемещении пыли на поверхности получены оценки интенсивности и смены направлений ветра в различные периоды времени. Наибольшей силы (порядка 60—80 м/с) ветры достигали во время пылевой бури, когда в атмосферу была поднята огромная масса пыли — порядка миллиарда тонн. Измерения, проводившиеся в этот период на спутниках, дали возможность выявить ряд интересных особенностей этого уникального природного явления. Было обнаружено существенное потепление самой атмосферы и более низкая температура поверхности вследствие непрозрачности атмосферы для солнечных лучей, задерживаемых пылью. Размер пылевых частиц оценивается в 5—10 мкм. Их спектральные характеристики, определенные Р. Хэнелом, свидетельствуют о высоком (более 50%) содержании окиси кремния, примерно со-

ответствующем составу изверженных пород, а это, в свою очередь, служит дополнительным доказательством геологической активности Марса и произошедшей дифференциации вещества его недр, подобно тому что имело место на Земле. О сходстве путей развития Земли и Марса говорят также результаты анализа гамма-спектров, полученных в эксперименте на «Марсе-5» А. П. Виноградовым, Ю. А. Сурковым и их сотрудниками. По интенсивности и спектральному составу радиоактивного излучения, обусловленного содержанием в породах урана, тория и калия, был сделан вывод об отсутствии заметных различий в характере горных пород, из которых сложены поверхности двух планет.

Предположительно сильные ветры дуют и в верхней атмосфере Марса. Во всяком случае, за счет циркуляционного переноса и интенсивной турбулентной диффузии оказывается воз-

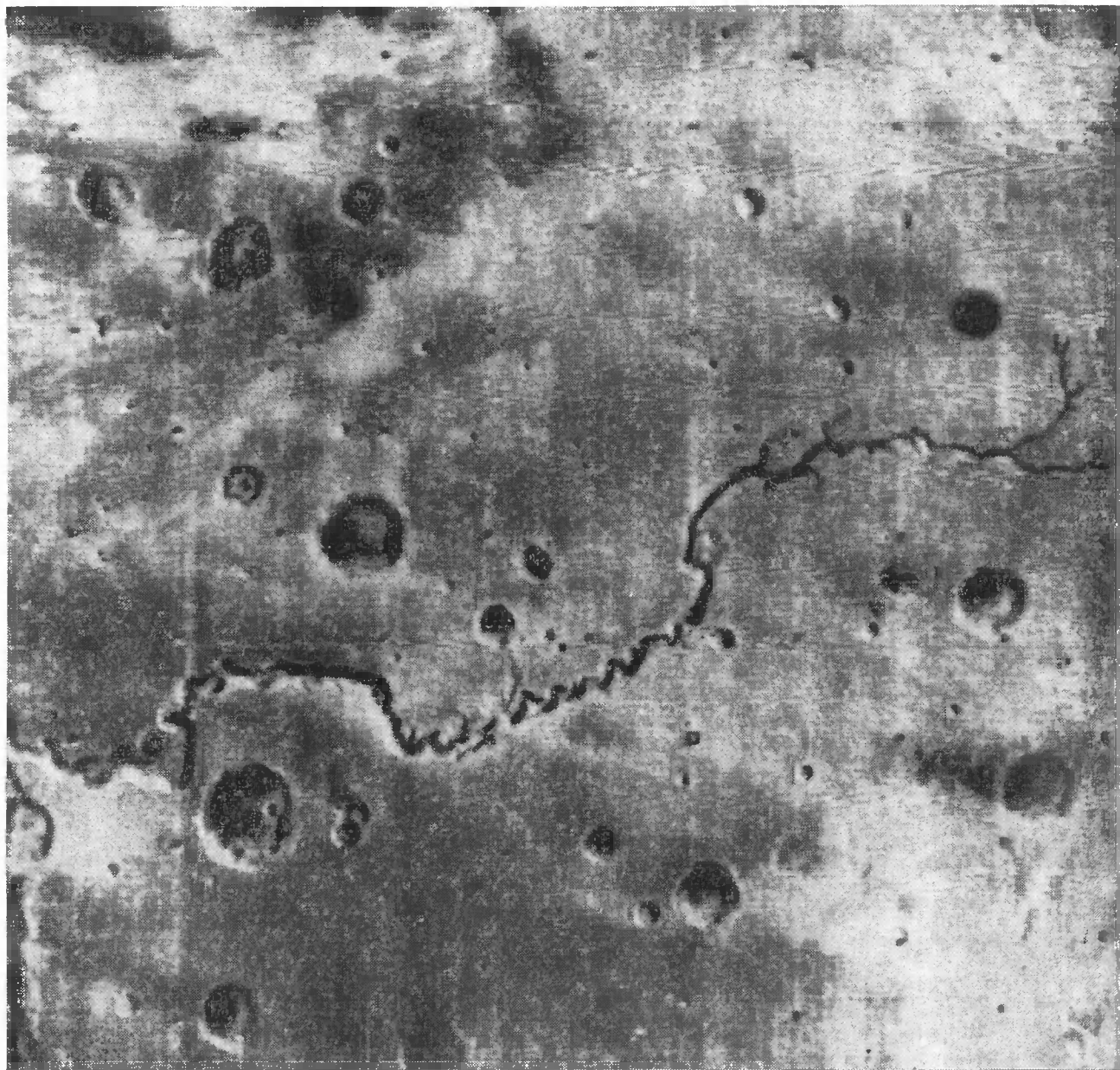


Слоистый характер отложения осадков вблизи Южного полюса. В формировании этих структур важную роль могут играть гляциологические процессы и перенос ветром пыли, из которой вместе со льдом, вероятно, и состоят отдельные слои. Их относительное смещение может быть следствием долгопериодических вариаций наклона оси вращения Марса. Размер области приблизительно 50×40 км. Снимок сделан «Маринере-9».

можно объяснить сохранение преимущественно углекислого состава атмосферы вплоть до 150—200 км, хотя, казалось бы, углекислый газ здесь должен диссоциироваться под воздействием коротковолновой солнечной радиации.

По результатам спектрометрических измерений, проведенных Ч. Бартом с сотрудниками на «Маринере-9», и фотометрических измерений В. Г. Курта и др. на «Марсе-3» и «Марсе-5» получены в ультрафиолетовой обла-

сти спектра данные о содержании в верхней атмосфере (термосфере и экзосфере) атомарного кислорода и водорода, оценена экзосферная температура (300—350 К). Анализ ультрафиолетовых спектров Марса, чрезвычайно информативных для понимания фотохимии углекислой атмосферы, привел, в частности, к выводу о важной роли излучений в характерных полосах одноокиси углерода и ионизованной молекулы CO_2 . Это позволяет лучше понять причины сравни-

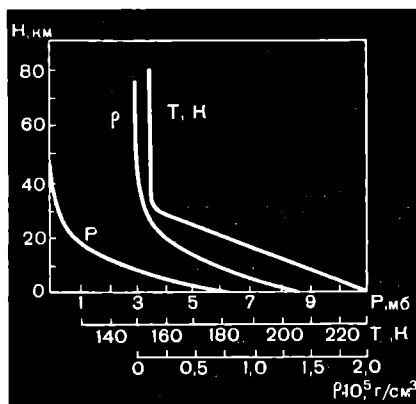


Пример интереснейшего образования, напоминающего высохшее русло реки с развитой системой притоков (длина русла около 500 км). Такие малозеродированные каналы естественного происхождения не менее экзотичны, чем мифические искусственные «каналы». Они свидетельствуют о том, что в сравнительно недавнем прошлом на поверхности Марса была жидкая вода. Снимок сделан «Маринером-9».

тельно низкой (в среднем втрое по сравнению с земной) температуры экзосферы планеты.

Ионосфера Марса обладает приблизительно в десять раз меньшей максимальной плотностью электронов, чем ионосфера Земли, и расположена ниже, чем земная. Методом двухчастотного радиопросвечивания с автоматических станций «Марс-4» и «Марс-5» М. А. Колосовым, Н. А. Савичем и др. измерена довольно слабая ночная ионосфера Марса, с элек-

тронной концентрацией $\approx 5 \cdot 10^3/\text{см}^3$. С нейтральной верхней атмосферой и ионосферой взаимодействуют потоки энергичных заряженных частиц — протонов и электронов, выбрасываемые Солнцем (солнечный ветер), что приводит к образованию ударной волны с дневной стороны и области следа («теневой зоны») за планетой. В этом процессе велика роль магнитного поля, причем структура обтекания зависит от того, является ли это поле собственным или индуцирован-

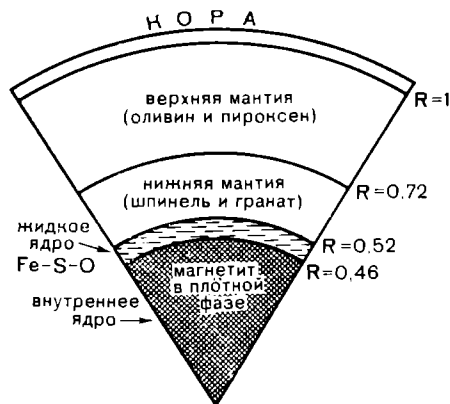


С л е в а.

Модель атмосферы Марса от поверхности до 80 км, полученная по результатам прямых измерений на автоматической станции «Марс-6». (H — высота, P — давление, T — температура, ρ — плотность атмосферы).

С п р а в а.

Модель внутреннего строения Марса (по А. Рингвуду).



ным (наведенным). Так, магнитное поле Земли служит природным барьером для солнечной плазмы, не пропускающим ее внутрь магнитосферы. Измерения на спутниках «Марс-2, 3 и 5» указывают на вероятное наличие собственного магнитного поля дипольной природы и у Марса. По оценкам Ш. Ш. Долгинова, ось диполя отклонена приблизительно на $15-20^\circ$ от оси собственного вращения планеты; полярность обратна полярности магнитного поля Земли. Хотя напряженность марсианского поля примерно в 500 раз меньше земного, сам факт его существования может иметь принципиальное значение для понимания особенностей внутреннего строения и эволюции планеты.

*

Новые экспериментальные данные, неизмеримо расширившие представления о современных природных условиях на Марсе, вместе с тем поставили перед планетологами интригующий вопрос: всегда ли Марс был таким, как сейчас? Не свидетельствует ли ряд обнаруженных особенностей на поверхности и в атмосфере в пользу существования грандиозных природных изменений, происходивших еще в сравнительно недавние периоды марсианской истории?

Климатические условия на планете — следствие теплового баланса, который определяется соотношением между долями солнечной лучистой энергии, поглощаемой планетой, отражаемой и излучаемой ею в окружающее пространство. Соотношение это в отдельных районах различно и

зависит, в частности, от того, сколь сильно отклонена ось собственного вращения планеты от нормали к плоскости околоземной орбиты (назовем этот угол θ). Результаты недавних теоретических вычислений, выполненных У. Уордом, показывают, что величина угла θ у Марса не сохраняется постоянной, а испытывает колебания с периодом около 120 тыс. лет. В свою очередь, амплитуда колебаний изменяется от 15 до 35° приблизительно за полмиллиона лет. Происходит это вследствие возмущений, оказываемых на положение марсианской орбиты другими планетами (прежде всего Юпитером, к которому Марс существенно ближе, чем Земля), и прецессии оси его вращения под действием момента, оказываемого Солнцем на экваториальное вздутие Марса (также большее, чем у Земли).

Сейчас Марс переживает период, когда угол θ составляет около 25° , т. е. почти столько же, сколько у Земли ($23,5^\circ$). Но с его увеличением приток солнечной энергии к полярным областям становится больше; в результате сконденсировавшиеся летучие соединения могут переходить в атмосферу, повышая ее плотность, способствуя росту температуры и сглаживанию ее перепадов у поверхности за счет парникового эффекта, а вода может сохраняться в жидкой фазе. До каких пор может продолжаться этот процесс, оценить трудно, поскольку мы пока не знаем толщины полярных шапок и количества «захороненных» в них газов. Прежде все-

го интересно, в каком соотношении находятся там «сухой» и обычный лед.

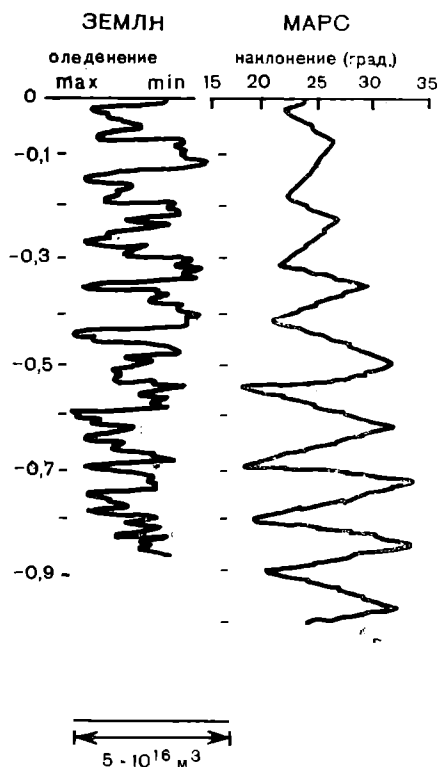
Вполне вероятно предположение, что в полярных шапках много воды. Ведь интенсивная вулканическая деятельность, следы которой столь очевидны на планете, означает, что большие массы воды отгонялись из недр с вулканическими газами, подобно тому, что происходило сотни миллионов лет назад на Земле, где вода сосредоточилась главным образом в океанах. А куда девалась вода на Марсе? Можно думать, что если климат планеты претерпевает столь катастрофические изменения, то всего лишь сотни тысяч лет назад потоки воды бороздили ее поверхность. В пользу этой гипотезы свидетельствуют обнаруженные на фотоснимках, переданных со спутников, извилистые долины протяженностью в сотни километров, ложины с многочисленными притоками, которые напоминают высохшие русла земных рек. Водозероэрозия — природа этих образований наиболее вероятна, а четкость форм, их нестертость позднейшими наслоениями указывает на относительно недавнее происхождение. Циклические изменения широтной инсоляции на Марсе подтверждаются также структурой отложения осадков у Южного полюса в которой обнаруживается регулярный относительный сдвиг отдельных слоев, предположительно отражающий характер прецессии оси вращения Марса. На это обстоятельство недавно обратили внимание Б. Мюррей и его сотрудники.

Интересно, что размер не стаиваю-

щей летом северной полярной шапки по отношению к площади Марса почти такой же, как у площади Антарктиды ко всей Земле. Ледяной панцирь Антарктиды сосредоточивает в себе свыше 90% запасов пресной воды на нашей планете. Если примерно аналогичная ситуация имеет место и на Марсе, то в результате стаявания полярных шапок (а также исчезновения слоя вечной мерзлоты) на поверхности и в атмосфере могли бы периодически появляться значительные количества воды.

Для суждения о возможности климатических изменений на планете важное значение имеет газовый состав атмосферы, прежде всего содержание в ней инертных газов, не подверженных химическому взаимодействию. Наиболее распространены на Марсе аргон (изотоп ^{40}Ar , образующийся в результате радиоактивного распада калия в коре) и неон. Следуя У. Руби, можно ожидать, что соотношение летучих компонентов при дегазации (если они в дальнейшем удерживаются в нефракционированном состоянии) должно сохраняться приблизительно постоянным, а их общее содержание определяется мощностью газовой оболочки. По расчетам Т. Оуэна, если атмосфера Марса всегда оставалась такой разреженной, как сейчас, содержание аргона в ней должно быть не более 0,04%. Если же давление хотя бы однажды достигало 1 атм, а затем углекислый газ и водяной пар были выморожены, относительное содержание в современной атмосфере аргона, имеющего значительно более низкую температуру замерзания, должно быть порядка десятков процентов. Измерения, проведенные на спускаемом аппарате «Марс-6» В. Г. Истоминым, дают основания считать, что инертный газ (вероятнее всего, аргон) присутствует в атмосфере Марса в количестве $30 \pm 10\%$. Этот важный результат — сильный аргумент в пользу второго предположения.

Таким образом, создаются представления о существовании на Марсе достаточно длительных периодов оледенения. Видимо, мы являемся современниками одного из таких периодов. В связи с этим следует вспомнить о периодах оледенений, проис-



Характерные особенности палеоклимата на Земле и Марсе. Для Марса показаны периодические вариации угла между осью собственного вращения и нормалью к плоскости околоосолнечной орбиты, вызывающие изменение инсоляции на полюсах и, соответственно, степени оледенения. Для сравнения приведены вариации количества льда на Земле за последний миллион лет, в которых также обнаруживается периодичность, в первом приближении сопоставимая с вариациями инсоляции на Марсе.

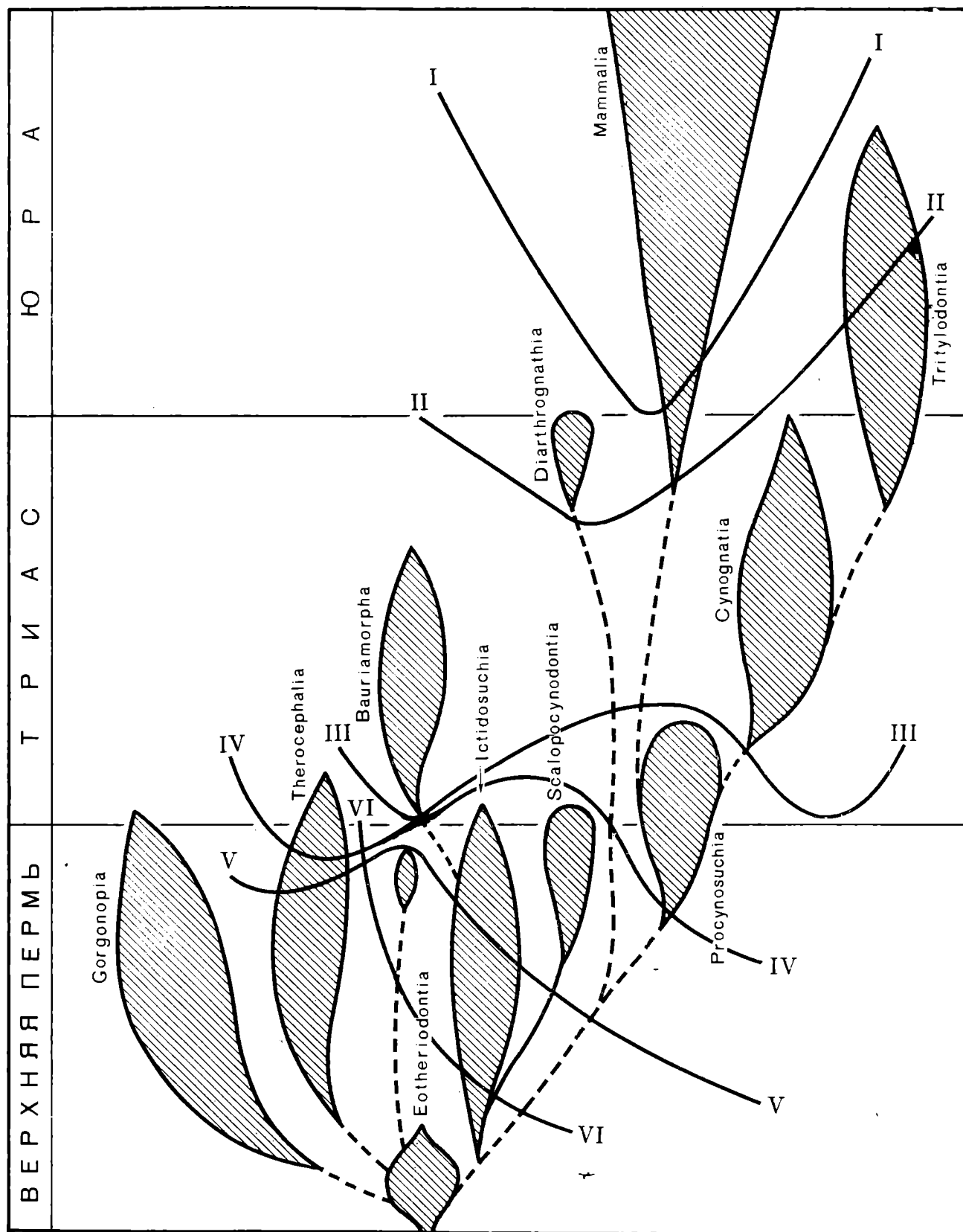
ходивших и у нас на Земле. Результаты изучения палеоклимата за последний миллион лет (по изменению изотопного состава ископаемого планктона в донных отложениях плейстоцена) приводят к выводу о квазипериодических флуктуациях глобального количества льда, с амплитудой $\sim 5 \cdot 10^{10} \text{ км}^3$. При этом обнаруживается тенденция к циклическим оледенениям с периодом около 100 тыс. лет, что, как видим, близко к оценкам циклических изменений климата на Марсе. По расчетам Ш. Г. Шараф и Н. А. Будниковой, ледниковые периоды плейстоцена также можно объяс-

нить за счет возмущений, оказываемых движением планет на прецессию земной оси и ее положение относительно эклиптики.

При обсуждении климатических изменений, естественно, возникает старый вопрос о возможной биологической активности Марса. Существуют ли там какие-либо формы живой материи вообще или они появляются лишь при наиболее благоприятных условиях, будучи в остальное время подвержены длительным периодам анабиоза? Ответить на этот вопрос пока трудно; видимо, это сможет сделать только прямой эксперимент. Упомянем лишь, что высокая интенсивность ультрафиолетовой радиации, которая может проникать сквозь разреженную атмосферу Марса до поверхности и губительно действовать на живые организмы, накладывает сильное ограничение на возникновение жизни, хотя можно, конечно, представить себе различные формы приспособляемости к этим условиям.

*

Исследования последних лет, пришедшие массе экспериментальных данных и перечеркнувшие ряд старых концепций, породили много новых сложных проблем относительно настоящего и прошлого Марса. В арсенале разнообразных технических средств, которыми располагает современная наука, ведущее место принадлежит автоматическим космическим аппаратам, способным сочетать глобальный охват при использовании дистанционных методов с непосредственными измерениями в исследуемой среде. Нет сомнения в том, что продолжение космических полетов, расширение их возможностей в проведении сложных экспериментов, наряду с дальнейшим совершенствованием техники наземных наблюдений и методов теоретического моделирования планетарных процессов, обогатит науку новыми сведениями фундаментального значения. Все это будет способствовать установлению причинно-следственных связей в формировании существующих геологических, геохимических и метеорологических условий на Земле и ближайших небесных телах.



Новые страницы истории млекопитающих

Проблема происхождения млекопитающих получает новое освещение. Наиболее интересные факты формирования основных особенностей этого высшего класса позвоночных выявлены палеонтологами при изучении переходных групп между зверообразными пресмыкающимися и наиболее примитивными млекопитающими. Недавно в Азии сделаны интересные палеонтологические находки. Они позволяют наметить ранние этапы возникновения основных групп плацентарных млекопитающих, что очень важно для решения общих проблем эволюции и палеобиогеографии.

Происхождение млекопитающих

Член-корреспондент АН СССР Л. П. Татаринов

Происхождение млекопитающих долгое время представляло загадку для исследователей. Крупнейшие зоологи XIX в. — последователи Ч. Дарвина Э. Геккель и Т. Гексли — выступили с совершенно различными взглядами по этому вопросу. Если Геккель доказывал, что млекопитающие произошли от ящерцеобразных рептилий, то, по мнению Гексли, предками млекопитающих были значительно более примитивные животные — амфибии.

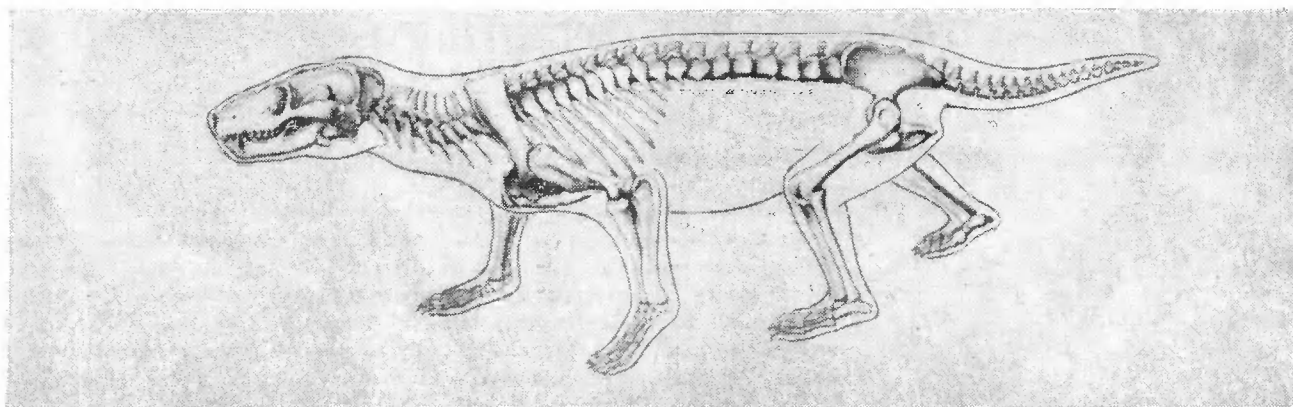
Схема филогенеза и процесса «маммализации» териодонтов (по Л. П. Татаринову, 1972). Схема показывает, что различные группы териодонтов независимо приобретают более усложненные черты строения, характерные и для млекопитающих. Кривыми линиями отмечен момент приобретения этими рептилиями верхних обонятельных раковин (VI), трехбугорчатых коренных зубов (V), умеренно расширенных больших полушарий головного мозга (IV), мягких губ (III) и дополнительного челюстного сочленения (II). Линия I соответствует приобретению более высокоразвитыми млекопитающими типичного «маммального» среднего уха с тремя слуховыми косточками.

Геккель обосновывал свою теорию наличием как у рептилий, так и у млекопитающих особых зародышевых оболочек — амниона и аллантоиса, внутри которых совершается развитие эмбриона. Наиболее примитивной из ныне живущих рептилий в то время считалась гаттерия, и Геккель считал ее формой, стоящей особенно близко к предкам млекопитающих. В связи с этим и возникло, в частности, мнение о происхождении единой скуловой дуги в черепе млекопитающих за счет слияния двух височных дуг гаттериеподобных рептилий.

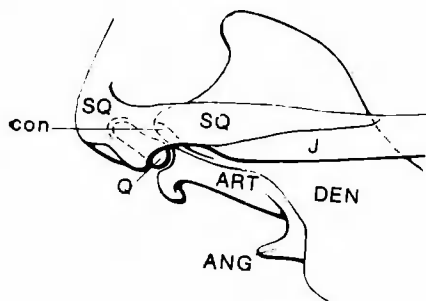
В отличие от Геккеля, выдвигавшего на первый план признаки эмбрионального развития, Гексли основывал свои предположения на результатах сравнительноанатомического изучения наземных позвоночных. Гексли особо подчеркивал то обстоятельство, что в строении млекопитающих имеются признаки, свойственные амфибиям, но не рептилиям. Череп у млекопитающих, как и у амфибий, платибазальный (с широким основанием), причем головной мозг из задней части черепа проникает в межглазничную область, затылочный мыщелок парный, а не одинарный, как у репти-



Леонид Петрович Татаринов, доктор биологических наук, директор Палеонтологического института АН СССР. Палеонтолог. Ему принадлежит оригинальная разработка вопросов происхождения и ранней эволюции крупнейших групп позвоночных — амфибий, рептилий и в особенности млекопитающих. Работает над общими проблемами эволюционной теории, в частности над проблемами морфо-физиологического прогресса, статуса переходных групп, монофилии и полифилии, различными аспектами соотношения систематики и эволюции.



Реконструкция цинодонта *Trinitodon* (группа высокоразвитых териодонтов) из нижнетриасовых отложений Южной Африки (по А. Кромптону и Ф. Дженкинсу, 1973).



Челюстное сочленение у иктидозавра *Diarthrognathus* (по А. Кромптону, 1972). Как видно на рисунке, нижняя челюсть иктидозавров сочленяется с черепом двойным сочленением — наряду с древним «рептилийным» суставом (артикуляре + квадратум) имелось новое, характерное для млекопитающих (дентале + сквамозум). Кости черепа: SQ — сквамозум, J — югале, Q — квадратум; кости нижней челюсти: ART — артикуляре, DEN — дентале, ANG — ангуляре, con — кондилус, мышелок нового челюстного сочленения.

лий. Кожа у млекопитающих, как и у амфибий, богата железами, почти отсутствующими в коже рептилий. Гексли обратил внимание также на то обстоятельство, что в кровеносной системе у млекопитающих сохраняется только левая дуга аорты, тогда как у рептилий преобладающее развитие получает правая. Общие предки млекопитающих и рептилий должны были обладать поэтому хорошо развитыми обеими дугами аорты, что свойственно именно амфибиям.

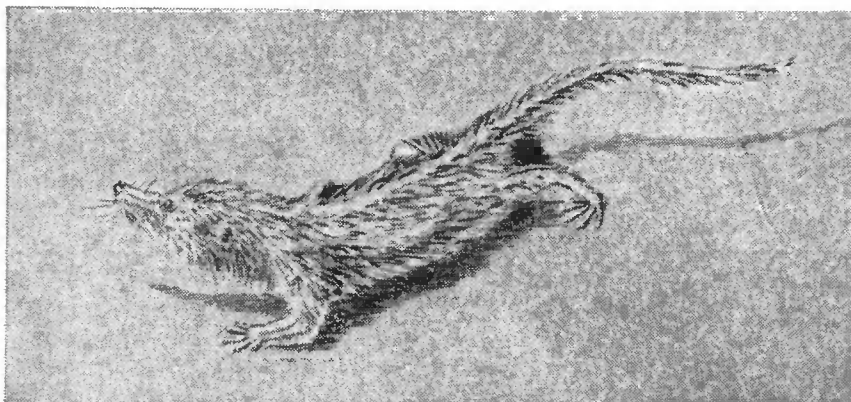
Последующие открытия подорвали убедительность большей части аргументов Гексли. Выяснилось, в частности, что млекопитающие вторично приобрели платибазальный череп и парный затылочный мышелок. Однако стало ясно, что ни гаттерия, ни какие-либо другие современные рептилии не состоят в близком родстве с предками млекопитающих. Этими предками были ископаемые зверообразные рептилии (тероморфы), открытые первоначально в пермских отложениях России, Северной Америки и Южной Африки. Зверообразные рептилии, появившиеся уже в середине каменноугольного периода, принадлежат к числу наиболее древних ископаемых рептилий. Последние их представители вымерли лишь в юрском периоде, а на протяжении всего пермского и части триасового периода тероморфы доминировали в биоценозах среди наземных позвоночных, будучи наиболее распространенной группой последних.

Открытие зверообразных рептилий привело к началу палеонтологической эры в вопросе о происхождении млекопитающих. Впервые идею происхождения млекопитающих от тероморфов четко сформулировал американский исследователь Э. Коп в 1878 г., и все последующие открытия полностью подтвердили это предположение. Среди тероморфов особый интерес в качестве ближайших предков млекопитающих представляют хищные териодонты. Почти каждая работа по териодонтам выявляет их серьезнейшее сходство с млекопитающими, причем это сходство нарастает

у более поздних териодонтов триасового периода, в особенности у цинодонтов, приобретших, в частности, вторичное небо, дифференцированную зубную систему, свойственное млекопитающим телосложение и т. д. Особенно большой вклад в изучение териодонтов в первой трети нашего века внес южноафриканский палеонтолог Р. Брум.

В настоящее время о происхождении млекопитающих известно намного больше, чем о происхождении любого другого класса позвоночных, включая амфибий. Интересно, что в истории взглядов на происхождение млекопитающих неоднократно происходила смена концепций, в частности, по вопросу о происхождении их из одного или из нескольких корней, т. е. об их монофилии или полифилии. При этом переход от одной системы взглядов к другой оказывался связанным не столько с обнаружением ошибок в построениях ранних авторов, сколько с открытием новых фактов, заставляющих пересматривать старые концепции. Уже с этой точки зрения развитие взглядов на происхождение млекопитающих весьма поучительно.

Со времени открытия тероморфов решение вопроса о происхождении млекопитающих долгое время основывалось почти исключительно на изучении териодонтов. По одному из наиболее важных признаков — строению челюстного сочленения — наиболее «прогрессивные» из териодонтов — иктидозавры — образуют прямой переход к млекопитающим. Как известно, у млекопитающих задние кости нижней челюсти частью реду-



Реконструкция древнейшего млекопитающего — эритротерия из верхнего триаса Южной Африки (по А. Кромпону, 1968). Эти животные были небольшого размера — 10—12 см длиной.

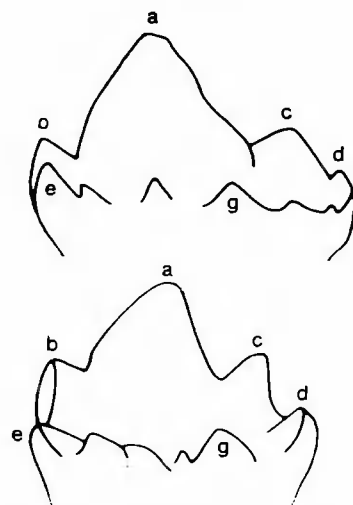
цируются, частью входят в состав среднего уха, а челюстное сочленение образовано не сочленовной и квадратной костями, как у остальных наземных позвоночных, а непосредственно зубной и чешуйчатой. У иктидозавров, появившихся в конце триаса, и бывших современниками наиболее древних млекопитающих, челюстное сочленение было двойным — наряду с древним «рептилийным» суставом имелось и новое, характерное для млекопитающих; задние кости нижней челюсти у иктидозавров заметно редуцировались. Открытие иктидозавров побудило многих исследователей видеть в них прямых предков млекопитающих.

Одновременно с этими успехами в 20-х годах наметился значительный прогресс и в деле изучения древнейших млекопитающих мезозойской эры, связанный почти исключительно с именем американского палеонтолога Дж. Симпсона. Большинство групп мезозойских млекопитающих известно лишь по зубам и фрагментам челюстей. Естественно, что в суждениях об их родственных связях анализ строения зубов занимает совершенно особое место. Симпсон пришел к выводу, что в различных группах мезозойских млекопитающих усложненные коренные зубы формировались из простых рептилийных зубов вполне самостоятельно. По его мнению,

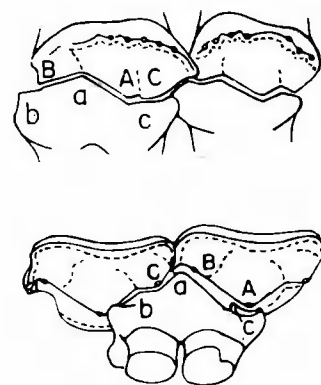
млекопитающие произошли от териодонтов четырьмя — шестью самостоятельными стволами, т. е. полифилетически.

Гипотезу о полифилетическом происхождении млекопитающих значительно укрепили результаты исследований териодонтов, показавшие, что в самых разных их ветвях различные, характерные для млекопитающих особенности приобретались самостоятельно (параллельно). Этот процесс «маммализации» териодонтов (от лат. *Mammalia* — млекопитающие) охватывает, по существу, весь комплекс различий между примитивными тероморфами и млекопитающими, улавливаемых на остеологическом материале. На рисунке, где схематизированно показан процесс маммализации териодонтов, кривыми линиями отмечен момент приобретения этими рептилиями верхних обонятельных раковин (VI), трехбугорчатых коренных зубов (V), умеренно расширенных больших полушарий головного мозга (IV), мягких губ (III) и дополнительно челюстного сочленения (II). Эти кривые пересекают почти все основные группы териодонтов, но особенно они концентрируются на цинодонтах, непосредственных предках млекопитающих.

Цинодонты, как и другая группа триасовых териодонтов — бауриоморфы, приобретают полное вторичное небо, задние кости нижней челюсти у них редуцируются, конечности более или менее поворачиваются под тело, в результате чего приобретает «почти маммальная» осанка, образуется длинная (из семи позвонков) шея и дифференцируется пояснич-



Зубы верхнетриасового млекопитающего *Eozostrodon* (вверху) и нижнетриасовой рептилии — цинодонта *Thrinacodon* (внизу). Вид с внутренней стороны (по Дж. Хопсону и А. Кромпону, 1969). Хорошо выражено сходство в строении зубов у обоих видов. Одинаковыми латинскими буквами (a, b, c, d, e, g) обозначены гомологичные бугорки зубов.



Окклюзия (смыкание) зубов у верхнетриасовых млекопитающих *Eozostrodon* (вверху) и *Kuhneotherium* (внизу) (по А. Кромпону и Ф. Дженкинсу, 1973). Латинскими буквами (A, B, C — верхние зубы, a, b, c — нижние зубы) отмечены гомологичные бугорки зубов. Четко выражены различия в окклюзии зубов у обоих видов. Зубы *Kuhneotherium* считаются исходными для зубов наиболее прогрессивных млекопитающих — сумчатых и плацентарных.

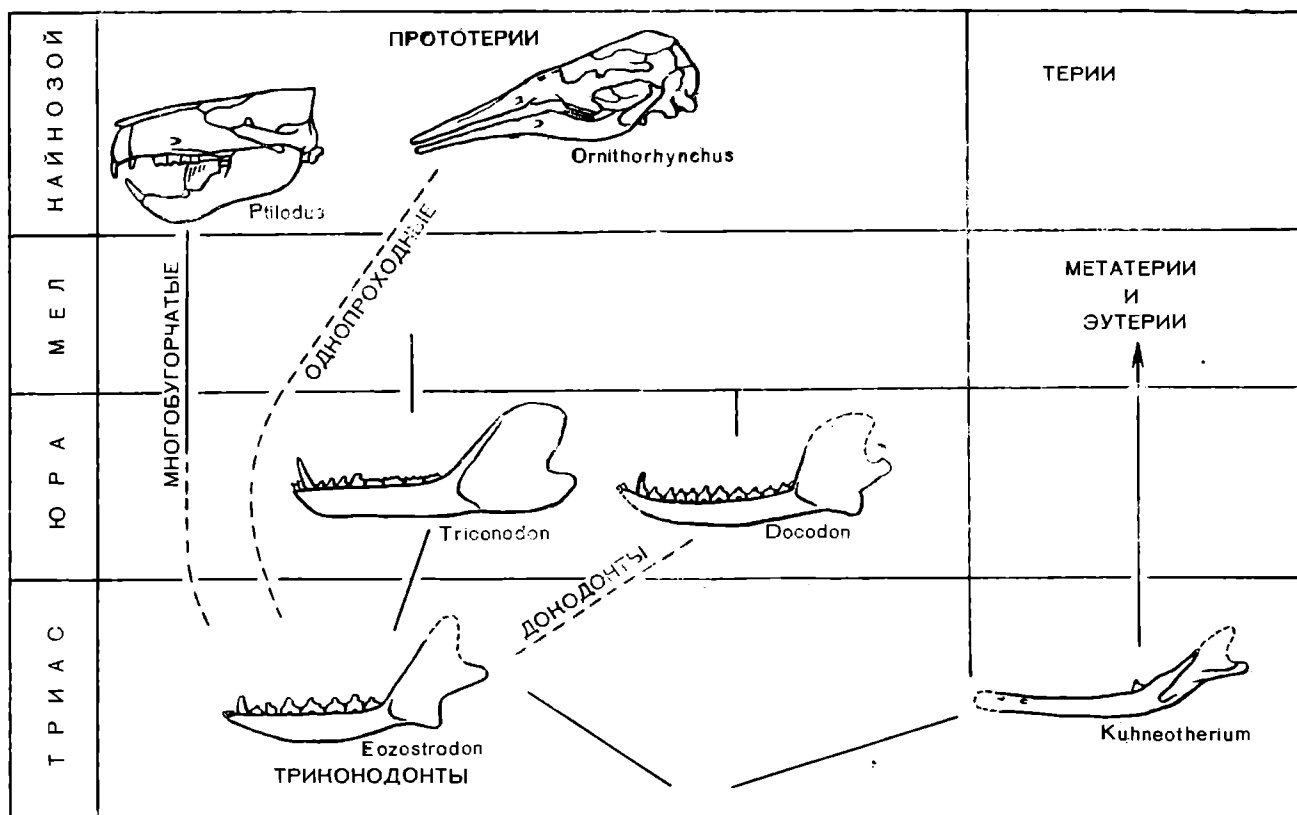


Схема филогенеза млекопитающих в свете современных данных (по Дж. Хопсону, 1970). Показано независимое развитие двух основных стволов млекопитающих — наиболее примитивных прототериев и прогрессивных териев. Разделение этих подклассов произошло на самых ранних этапах развития всей группы, в триасе.

ный отдел позвоночника. С другой стороны, древнейшие верхнетриасовые млекопитающие еще сохраняли рудиментарные задние кости нижней челюсти с «рептилийным» челюстным суставом, а «млекопитающее» среднее ухо с тремя слуховыми косточками приобреталось уже более высокоорганизованными млекопитающими (I).

Новая смена концепций была связана с началом углубленного изучения остатков древнейших млекопитающих из верхнетриасовых отложений Англии, Южной Африки и Китая.

Прежде всего выяснилось, что зубы всех млекопитающих происходят из одного типа зубов териодонтов, свойственного наиболее примитивным (но не наиболее «звероподобным») цинодонтам.

Еще большее значение имело установление характера смыкания (окклюзии) зубов при пережевывании пищи, потребовавшее ювелирного изучения многих десятков изолированных зубов и фрагментов челюстей. Оказалось, что верхнетриасовые млекопитающие четко разделяются на две группы, в каждой из которых самостоятельно устанавливалась окклюзия зубов и совершался переход от двойного челюстного сочленения к одиночному.

В первую группу входят мorganукодонтиды и синокодонтиды, у которых при смыкании челюстей главная вершина нижних коренных зубов входит между двумя передними вершинами верхних. Во вторую группу входят кюнеотерииды, у которых главная вершина нижних коренных входит

между двумя смежными верхнекоренными зубами. Из зубов кюнеотериид могли развиваться зубы ископаемых симметродонтов, пантотериев и современных сумчатых и плацентарных, из зубов мorganукодонтид — зубы ископаемых триконодентов и докодентов.

Триконоденты резко отличаются от типичных млекопитающих еще и редукцией алисфеноидной кости в предущной области черепа; интересно, что по этому признаку в мorganукодонттовую группу попадают также ископаемые мультитуберкуляты и ныне живущие монотрематы Австралии (утконос и ехидны). Монотрематы резко отличаются от других современных млекопитающих и особым происхождением мышцы, открывающей рот, что определенно свидетельствует в пользу самостоятельности утраты ими «рептилийного» челюстного сустава и независимого приобретения ими характерного для млекопитающих среднего уха с тремя слуховыми косточками. Напомним, что древняя репти-

лийная мышца, открывающая рот, была замещена новой также и у других современных млекопитающих (сумчатых и плацентарных), но у них эта мышца иного происхождения, чем у монотрематов.

На основании всех этих данных в работах последних лет широкое распространение получило разделение млекопитающих на две главные группы (подкласса) — Prototheria (Atheria) и Theria. Таким образом, новейшие открытия привели к отказу от взглядов Симпсона о широкой полифилии млекопитающих. Можно говорить о едином происхождении всех млекопитающих от архаичных цинодонтос с «протриконодонтосыми» зубами. Наиболее маммалоподобные из цинодонтос, в том числе и иктидозавры, оказались не предками млекопитающих, а лишь боковыми ветвями териодонтос, развивающимися параллельно с этими предками. Однако момент разделения предков млекопитающих на прототериев и териев остается неясным, хотя, несомненно, это произошло очень рано, еще до завершения выхода предковых форм на организационный уровень млекопитающих.

Для решения проблемы происхождения млекопитающих принципиальное значение имеет еще вопрос о характере перехода от териодонтос к млекопитающим, степени его непрерывности. Изменения в маммальном направлении, особенно характерные для териодонтос, в общем были свойственны всему подклассу тероморфов начиная с первого их появления в конце среднего карбона и кончая рубежом триаса и юры, отметившим появление первых млекопитающих. Дать общую морфо-физиологическую характеристику тероморфов поэтому затруднительно. Низшие их представители лишь незначительно отличались от капториниморфных котилозавров, входивших в число древнейших наземных позвоночных, тогда как высшие териодонты вплотную приближались к мезозойским млекопитающим. Среди тероморфов имелись не только хищные, но и растительноядные формы, известные среди них и «саблезубые» хищники.

Уже у ранних териодонтос отмечаются прогрессивные преобразования локомоторного аппарата, сопровож-

дающиеся увеличением размеров мозжечка, особенно его флоккулярных долей. Вместе с тем даже высшие териодонты, видимо, не были способны к характерной маммальной локомоции с асимметричными аллюрами, о чем свидетельствует отсутствие дифференциации длины остистых отростков позвонков по отделам тела. Хорошо развитый поясничный отдел позволяет предполагать, что у териодонтос имелась диафрагма маммального типа и, следовательно, существовал маммальный механизм вентиляции легких. Диафрагма, по всей вероятности, приобреталась еще капториниморфными котилозаврами, имевшими только зачаточную шею; этим можно объяснить связь эмбриональной закладки мышцы диафрагмы с закладкой передних шейных мышц, а также ее иннервацию III—V шейными нервами.

Высшие териодонты обладали полностью сформированным вторичным костным небом. Первоначальной его функцией было, видимо, не столько отделение дыхательного тракта от ротовой полости, сколько укрепление челюстного аппарата. Зачаточное вторичное небо появляется одновременно с трехзубчатыми заклыковыми зубами, способными хотя бы к несовершенному измельчению пищи. У растительноядных цинодонтос, иктидозавров и бауриид приобретает способность к окклюзии зубов, что делает возможным настоящее пережевывание пищи. У северодвинских цинодонтос из верхнепермских отложений СССР крайне усложненные нижние заклыковые зубы перетирали пищу на поверхности вторичного неба.

Редукция задних костей нижней челюсти, сопровождающаяся развитием жевательной мускулатуры маммального типа, происходит только у высших цинодонтос. У них же в угловой кости нижней челюсти формируется вырезка, сравнимая с вырезкой для барабанной перепонки в тимпанальной кости у эмбрионс млекопитающих, что свидетельствует в пользу самостоятельного приобретения барабанной перепонки предками млекопитающих.

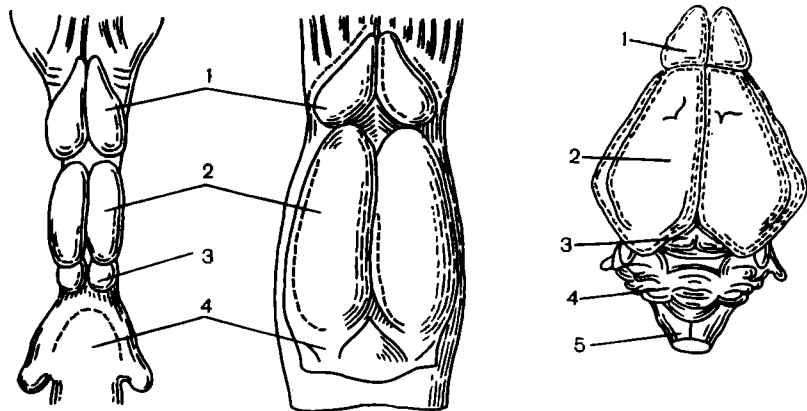
Несмотря на повышение активности, даже высшие териодонты не стали, по-видимому, гомеотермными жи-

вотными, о чем говорит, в частности, отсутствие у них нижней раковины в носовой полости; у млекопитающих эта раковина выстлана слизистым (а не сенсорным) эпителием и выполняет функцию обогрева и увлажнения вдыхаемого воздуха. В то же время верхние обонятельные раковины, выстланные сенсорным эпителием, имелись практически у всех териодонтос.

Мало вероятно поэтому, чтобы даже у высших териодонтос имелся бы шерстный покров. Развивавшиеся у териодонтос волоски имели, видимо, осязательную функцию и концентрировались в губной области, образуя зачаточные вибриссы. У высших териодонтос — баурииморфов и цинодонтос — появляются признаки развития зачаточных мягких губ, что в принципе делало возможным сосание и переход к выкармливанию молоди молоком. Наличие у тритилодонтос сумчатых костей говорит о существовании сумки, где могли вынашиваться яйца и молодь. Не исключено, что молочные железы, развивавшиеся, видимо, в паховой области из потовых желез, первоначально имели функцию увлажнения «новорожденных» и яиц, поддерживая в сумке оптимальный микроклимат.

Новоприобретаемые маммальные особенности совмещались у тероморфов с удивительно архаическими. Даже современные млекопитающие по некоторым особенностям водного обмена стоят ближе к амфибиям, чем к современным рептилиям. Почти у млекопитающих богаты сосудистыми клубочками, что говорит об их приспособленности к выведению из организма «избыточной» воды с мочой, а конечным продуктом белкового обмена является мочевина, как у амфибий, а не мочевая кислота, как у большинства рептилий и птиц. Сердце млекопитающих выводится не из «рептилийного», а из амфибийного. В коже у тероморфов, по-видимому, сохранялись многочисленные кожные железы. Все это позволяет говорить об известном возрождении прежних взглядов Гексли об амфибийном происхождении млекопитающих, хотя тероморфов правильнее относить все же к рептилиям, а не к амфибиям.

В дополнение следует отметить, что большие полушария головного мозга



Головной мозг нижнетриасового цинодонта *Nyctosaurus* (слева), юрского млекопитающего *Triconodon* (в центре) и современного примитивного млекопитающего — насекомоядного (справа) (по Лессертиссеру и Д. Сигонье, 1965). 1 — обонятельные доли, 2 — полушария головного мозга, 3 — средний мозг, 4 — мозжечок, 5 — продолговатый мозг.

у низших териодонтов были развиты намного слабее, чем даже у современных амфибий; у горгонопса *Saurogstopus*, например, при длине черепа более 20 см ширина обоих полушарий не превышала 6 мм. У прогрессивных териодонтов большие полушария заметно разрастались, но даже у юрских триконодентов, относимых уже к млекопитающим, они оставались необычайно слабо развитыми.

Медленный и постепенный характер преобразований, приведших к формированию млекопитающих, показывает, что морфо-физиологический прогресс (ароморфоз) в этом случае складывался из огромного числа частных приобретений. Это не вполне гармонирует с распространенным представлением, будто новые высшие группы организмов возникают в результате своего рода скачков в эволюции. Особенно интересно, что в данном случае ароморфоз не завершился появлением первых представителей класса млекопитающих.

Формирование млекопитающих особенностей, в широком масштабе начавшееся у териодонтов в середине пермского периода, завершилось не к концу триаса, а лишь к концу мела или даже началу кайнозоя. Об этом говорит, в частности, тот факт, что характерное для современных млекопитающих резкое увеличение больших полушарий не завершилось даже у плацентарных млекопитающих палеоценовой и эоценовой эпохи.

Териодонтов, в отличие от «телэнцефалических» (telencephalon — пе-

редний мозг) млекопитающих, вообще можно было бы называть «метэнцефалическими» (metencephalon — задний мозг, мозжечок) животными, поскольку у них самым развитым отделом головного мозга был мозжечок. На приобретение млекопитающими телэнцефалического мозга ушло значительно больше времени (более 100 млн лет начиная с конца триаса), чем на всю эволюцию от примитивнейших териодонтов до первых млекопитающих (около 50 млн лет начиная с середины пермского периода).

Общезвестно, что на протяжении двух третей своей геологической истории млекопитающие оставались малочисленными крысоподобными животными, не игравшими большой роли в экономике природы. Широкое распространение получили взгляды, по которым развитие млекопитающих в мезозое сдерживалось динозаврами; лишь вымирание этих рептилий расчистило арену жизни для млекопитающих.

А. Н. Северцов весьма скептически относился к такой идее и высказал мысль, что начало экологической экспансии млекопитающих лишь в кайнозое обуславливалось приобретением ими каких-то прогрессивных признаков, повысивших их организацию сравнительно с их мезозойскими предками и обеспечивших победу в борьбе за существование¹. В дальнейшем С. А. Северцов предположил,

что таким прогрессивным признаком был переход к живорождению. По мнению американского палеонтолога А. Кромптона, однако, депрессивное состояние мезозойских млекопитающих было связано с несовершенством их терморегуляции — неспособностью отдавать избытки тепла в среду, что характеризует и современных австралийских монотремат. В условиях теплого климата мезозоя это ставило несовершенно теплокровных млекопитающих в невыгодные условия по сравнению с холоднокровными динозаврами, ставя их под угрозу перегрева. Похолодание в конце мезозоя, совпавшее с выработкой млекопитающими совершенного терморегулирующего механизма, поставило в неблагоприятные условия уже динозавров и создало предпосылки для расцвета млекопитающих.

Обе гипотезы — как С. А. Северцова, так и А. Кромптона — несколько односторонни. Причины депрессивного состояния млекопитающих в мезозое были, видимо, более многообразны, а несовершенство их организации не сводилось к одному отдельно взятому признаку. Во всяком случае, не менее важным, чем переход к живорождению и совершенствование терморегуляции было и прогрессивное развитие ассоциативных центров в больших полушариях головного мозга, проходившее во многом независимо у плацентарных и сумчатых, и, наконец, общее повышение активности и совершенствование локомоции с развитием новой, так называемой «пирамидной», системы регуляции

¹ Северцов А. Н. Морфологические закономерности эволюции. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1939.

движений, также связанной с большими полушариями.

Подобное замедленное начало экологической экспансии новой группы животных — не такое уж исключительное событие. Во многом сходный с млекопитающими характер экологической экспансии наблюдается, например, у костистых рыб, также появившихся в конце триаса, но остававшихся весьма малочисленными до конца мезозоя. Менее резко задержка экологической экспансии выражена также в эволюции амфибий (с конца девона до конца нижнего карбона), рептилий (с середины карбона до начала перми) и птиц (с середины юры до конца мезозоя). Одной из главных причин такого характера эволюции может быть относительное морфо-физиологическое несовершенство первых представителей даже наиболее прогрессивных групп животных.

А. Н. Северцов пытался выработать критерии, которые позволили бы применять понятие об ароморфозах к отдельным частным изменениям, происходящим, например, на видовом уровне. Он считал возможным называть ароморфозами любые изменения, которые способствуют «повышению общей энергии жизнедеятельности», и ставил, например, решение вопроса о том, было ли приобретение млекопитающими молочных желез ароморфозом в зависимости от того, удастся ли показать, что питание детенышей молоком повышает их общую жизнедеятельность.

В отличие от А. Н. Северцова мы считаем, что по отношению к каждому единичному эволюционному изменению, происходящему на видовом уровне, критерии ароморфоза не приложимы. Морфо-физиологический прогресс становится реальностью лишь при накоплении множества мелких и незаметных изменений, в совокупности выводящих организацию животного на более высокий уровень. Именно поэтому мы говорим об ароморфозах, обычно лишь сравнивая далеко разошедшиеся группы организмов — классы, типы. При этом как-то недоучитывается, что различия между подобными группами представляют собой результат весьма постепенной и длительной эволюции. Вряд ли целесообразно также огра-

ничивать понятие о морфо-физиологическом прогрессе только повышением энергии жизнедеятельности, поскольку усложнение строения животного может и не иметь непосредственной связи с активизацией метаболизма.

Подытоживая сказанное, мы можем констатировать, что за последние 50 лет наиболее существенные достижения в решении проблемы происхождения млекопитающих связаны с изучением палеонтологического материала. Такая же картина наблюдается в филогенетических исследованиях и по другим группам позвоночных¹. Это, безусловно, не случайно. Общий ход эволюционного процесса не настолько жестко детерминирован, чтобы его безошибочно можно было бы восстановить по конечным результатам, представленным современными организмами. Исследование палеонтологического материала, при всей его неполноте, максимально приближает ученого к действительному ходу эволюции. Вместе с тем с переходом палеонтологов к углубленному изучению ископаемых остатков их зависимость от знаний по морфологии современных организмов неизмеримо выросла и продолжает увеличиваться. В решении конкретных филогенетических вопросов и палеонтологический, и зоологический материал в чем-то невосполним и в чем-то может выходить на передний план.

Зоологи исследуют конечные результаты эволюции. Иерархия форм, которая представлена в зоологических системах, для них как бы дана с самого начала. Осмысливая данные по морфологии современных организмов, зоологи воссоздают этапы морфо-экологической эволюции таксона, причем внимание неизбежно акцентируется на моментах приобретения организмами тех или иных качеств. Сами истоки дивергенции при этом в какой-то мере ускользают от внимания.

Палеонтологи, исследуя формы, стоящие у истоков дивергенции, убеждаются в том, что многие харак-

тернейшие особенности высших групп не наследуются от общего предкового вида, а приобретаются или дорабатываются в параллельных рядах родственных форм. Однако работу палеонтологов в сильнейшей степени затрудняет неполнота остатков и, особенно, то обстоятельство, что предковые формы, даже относящиеся к различным филогенетическим ветвям, зачастую оказываются очень сходными друг с другом, так как они не успели еще дивергировать. В результате внимание палеонтологов акцентируется на явлениях ранней специализации предковых форм.

Специфика материала придает работе палеонтолога в области изучения эволюции определенные особенности. С открытием все новых переходных форм и пополнением сведений о ранней эволюции систематических групп их границы делаются все более расплывчатыми. В результате палеонтолог, совершенствуя филогенетическую классификацию, одновременно и разрушает ее.

Односторонность и чисто зоологического, и чисто палеонтологического изучения хода эволюции чревата опасностью ошибок. Зоологи в общем склонны «завышать» уровни моментов дивергенции главных подразделений систематических групп, заменяя на филогенетических схемах очень сложные пучки слабо дивергирующих родственных связей простыми, линейными. Палеонтологи же склонны соединять линиями родства формы, параллельно специализированные лишь в отдельных скелетных признаках. Совершенно очевидно, что углубленное изучение филогенеза требует объединения усилий как зоологов, так и палеонтологов. Образцом такого комплексного подхода могут служить последние работы И. И. Шмальгаузена, который, исследуя современный материал, специально оговорил в предисловии к книге «Происхождение наземных позвоночных»¹, что он даже не стал включать в книгу «все те вопросы, которые не могут быть разрешены путем сопоставления с ископаемым материалом».

УДК 56(118.1)

¹ Шмальгаузен И. И. Антон Дорн и его роль в развитии эволюционной морфологии. — В кн.: Дорн А. Принцип смены функций. М. — Л., Биомедгиз, 1937.

¹ Шмальгаузен И. И. Происхождение наземных позвоночных. М., «Наука», 1964.

Азия как центр развития млекопитающих

Б. А. Трофимов
Кандидат биологических наук
В. Ю. Решетов

Именно Азия должна была служить еще неисследованным центром происхождения и путей миграции животных.
Г. ОСБОРН



Борис Александрович Трофимов, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией млекопитающих Палеонтологического института АН СССР. Участник многочисленных экспедиций по поискам и раскопкам местонахождений ископаемых позвоночных в СССР, Китае и Монголии. Основные работы посвящены изучению морфологии и филогении млекопитающих, истории их фаун. Автор ряда научно-популярных книг, брошюр и статей.

Одна из значительных проблем в палеонтологии — происхождение млекопитающих, время и место их возникновения, первичные этапы адаптивной радиации¹ основных групп. Хорошо изученные к настоящему времени «палеонтологические ресурсы» Европы и Северной Америки дают немало материалов по древней истории этих животных, однако до сих пор есть «утраченные звенья», в поисках которых палеонтологи все чаще и чаще обращаются к сравнительно мало изученной территории Азии, в особенности к ее центральному району.

Почему Азия?

Первые сведения о находках ископаемых позвоночных в Азии уходят в глубокую древность. Сами факты этих находок, по-видимому, нашли отражение в эпосе народов, населявших в прошлом ее просторы и воспевавших сказочных драконов и подобных им чудовищ. В китайских рукописях, датированных 400 г. до н. э., говорится, что в древнем Китае кости ископаемых млекопитающих применялись в медицине. Местонахождения ископаемых костей сохранялись в глубокой тайне и передавались по наследству из поколения в поколение, вместе с верой в их исцеляющую силу.



Валерий Юрьевич Решетов, младший научный сотрудник той же лаборатории. Участник ряда экспедиций за ископаемыми млекопитающими, в том числе совместной Советско-Монгольской палеонтологической экспедиции (1969—1973). Занимается изучением ископаемых млекопитающих, главным образом непарнокопытных. Автор ряда статей в «Природе» (1970, № 4; 1971, № 4; 5 и др.).

¹ Адаптивная радиация — процесс эволюционного развития организмов в разнообразных направлениях.



Раскопки скелета гигантского панцирного динозавра в местонахождении Херминцав (Монголия, Заалтайская Гоби) (вверху). Раскопка скелета примитивного копытного млекопитающего — диноцерата в местонахождении палеоценовых млекопитающих Наран-Булак (Монголия) (внизу).

Фото И. З. Войтенко.



Для европейских ученых палеонтологические сокровища Азии начали открываться в 30-х годах прошлого столетия, когда английские палеонтологи Х. Фолконер и Э. Кетли приступили к раскопкам Сиваликских холмов в предгорьях Гималаев. Здесь были обнаружены разнообразные остатки копытных, хищных, ископаемых высших человекообразных обезьян и других позвоночных третичного и четвертичного периодов.

Во второй половине XIX в. геологические и палеонтологические исследования продвигались в более северные районы. В Северном Китае производились отдельные раскопки третичных млекопитающих, главным образом гиппарионовой фауны, аналоги которой были известны ранее по находкам в Европе. Однако глубинные территории Азии еще не были доступны палеонтологам. Огромные пустынные пространства, тяжелые климатические условия, отсутствие техники, необходимой при крупных раскопках,— все это препятствовало исследованиям этих районов.

Однако в пустынных областях Азии широко развиты мощные континентальные толщи мезозоя и кайнозоя, рассеченные эрозией (так называемые бэдленды). Бэдленды и способствовали успешным поискам и раскопкам остатков позвоночных. После находки в 1892 г. В. А. Обручевым зубов ископаемого носорога на территории тогдашней Внутренней Монголии интерес палеонтологов к малоисследованным пространствам Центральной Азии резко возрос. К концу XIX в. была установлена связь ископаемых позвоночных Европы и Северной Америки. В начале XX в. выдающийся русский палеонтолог А. А. Борисьяк и его американский коллега Г. Ф. Осборн высказали предположение, что Центральная Азия и прилегающие к ней районы могли быть центром происхождения многих групп позвоночных. Первые экспедиции, организованные по инициативе Борисьяка в Казахстане (1914 и 1920 гг.) и более поздние американские исследования в Монголии и Китае (20-е годы) открыли богатые местонахождения позвоночных мезозойской и кайнозойской эры. Ископаемые фауны заполняли огромный промежуток време-

ни — от раннего мелового до четвертичного периода. Почти непрерывная последовательность залегания остатков наземных фаун свидетельствовала о том, что Центральная Азия не подвергалась морским трансгрессиям почти 150 млн лет и, следовательно, могла быть зоной возникновения и распространения различных групп позвоночных, в том числе и млекопитающих.

Азия — прародина древнейших плацентарных

«Внезапное» появление и развитие млекопитающих обычно связывают с популярной и учебной литературе с почти столь же «внезапным» вымиранием динозавров в конце мезозойской эры. Общепринято также считать, что мезозой — «век гигантских рептилий», а кайнозой — «век млекопитающих». Однако истинная история животного мира не знает внезапных возникновений и исчезновений. Класс млекопитающих существует почти 200 млн лет. Как и динозавры, млекопитающие известны еще в триасе и в течение мезозойской эры претерпевали многообразные изменения, которые привели эту группу к «господству» на Земле. За это же время многие группы, в том числе и динозавры, бурно эволюционировали и вымерли, не оставив потомков. В триасе млекопитающие были представлены четырьмя семействами. Их остатки известны из Западной Европы, Азии и Африки. В юрском периоде сформировались архавичные отряды млекопитающих — триконодонты, многобугорчатые, симметродонты и пантотерии, появились первые сумчатые. Наиболее прогрессивная группа млекопитающих — плацентарные, или эутерии (настоящие звери) развивается в меловом периоде.

Облик древнейших млекопитающих известен по ряду реконструкций. Это были, как правило, мелкие, с современной землеройку или мышь животные, не имевшие признаков узкой специализации. До недавнего времени наиболее ранние эутерии были известны в основном из раннемеловых (альбских) отложений песчаников Тринити в Техасе (США). Однако наход-

Схема развития позвоночных в Центральной и Средней Азии. В триасе — появление первых млекопитающих, развитие зверообразных рептилий.

В юре — распространение динозавров, летающих ящеров, черепах, ящериц, саламандр. В нижнем мелу — появление разнообразных плацентарных млекопитающих, многочисленных ящериц. Динозавры продолжают развиваться.

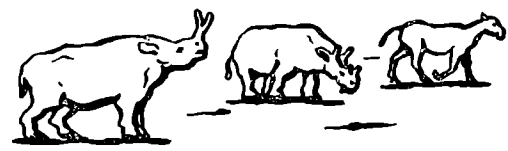
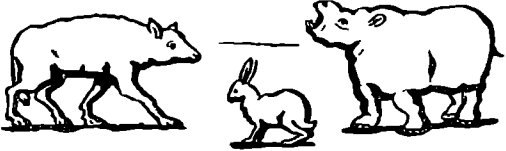
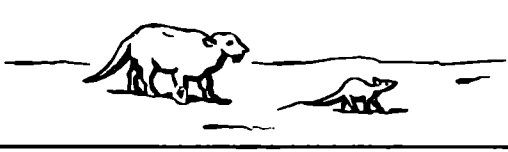
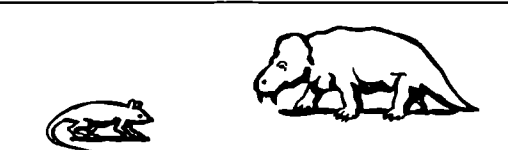
В верхнем мелу — дальнейшая адаптивная радиация млекопитающих. Угасание разнообразных гигантских динозавров, обилие черепах. В конце мела динозавры вымирают.

В палеоцене — продолжение развития плацентарных млекопитающих. Появление древних копытных и хищных.

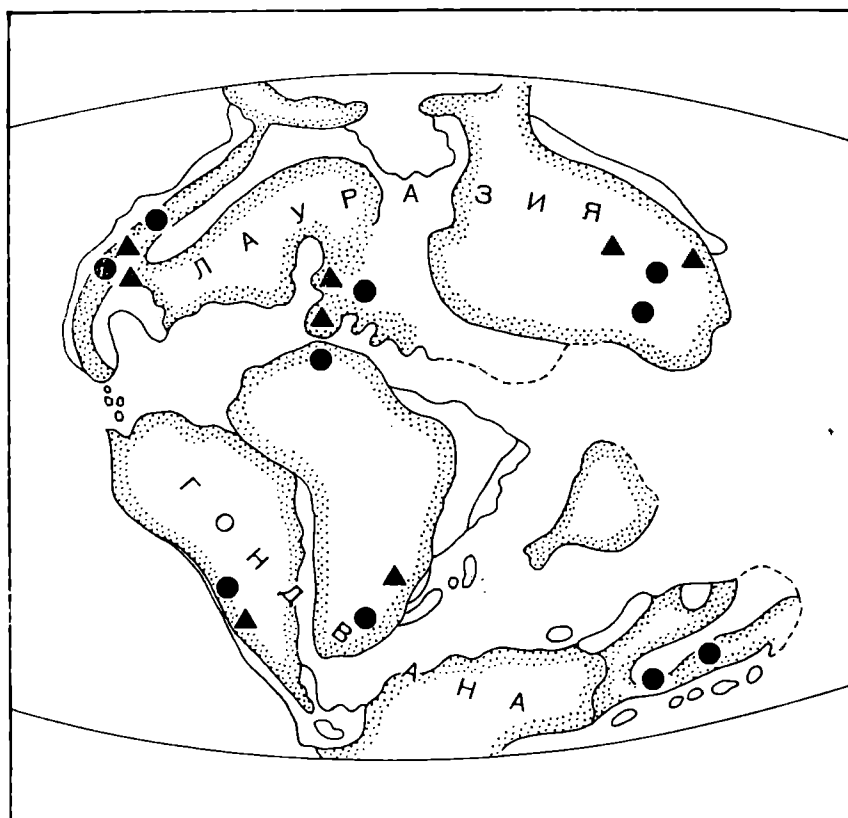
В эоцене — формирование современных отрядов млекопитающих. Появление «бегающих» копытных и разнообразие непарнопапыт. Начало аридизации Центральной Азии.

В олигоцене — зональное распределение азиатских млекопитающих. В Центральной Азии преобладают более «сухолюбивые» группы. Повсеместное распространение гигантских носорогов — индрикотериев.

В неогене (миоцен и плиоцен) — формирование в Центральной Азии степной фауны млекопитающих. Развитие даманов, тапикотериев, разнообразных жирафов и антилоп в Средней Азии. Появление приматов в районе Памира и Гималаев. На схеме не показаны представители еще малоизвестных меловых и палеоценовых фаун Средней Азии. В состав фауны Центральной Азии включены отдельные формы из прилегающих районов.

эры	периоды возраст (млн лет)	Центральная Азия	Средняя Азия	
КАЙНОЗОИЧЕСКАЯ	НЕОГЕН	ПЛИОЦЕН 7		
		МИОЦЕН 26		
	ПАЛЕОГЕН	ОЛИГОЦЕН 38		
		ЭОЦЕН 55		
		ПАЛЕОЦЕН 65		
	МЕЗОЗОИЧЕСКАЯ	ВЕРХНИЙ МЕЛ 100		
		НИЖНИЙ МЕЛ 136		
		ЮРА 155		
		ТРИАС 190		

Схематическая карта распространения основных находок юрских и раннемеловых позвоночных (кружки), в том числе и млекопитающих (треугольники).



ки ранних плацентарных здесь немногочисленны, они представлены одной формой (*Gursonictops*). Большое разнообразие в американских меловых фаунах приходится на архаичные отряды: многобугорчатых и сумчатых.

Одним из замечательных, на наш взгляд, открытий в области изучения древних млекопитающих является находка их остатков в отложениях раннего мела Монголии¹. В Северной Гоби, в местонахождении Хобур вместе с остатками динозавров, водных черепах, ящериц, насекомых и других беспозвоночных были найдены представители трех подклассов и четырех отрядов древних млекопитающих. Наряду с такими архаичными формами, как многобугорчатые, триконодонты, здесь обнаружены многочисленные представители эутерий, отнесенные к отряду насекомоядных. По строению

зубов они близки к насекомоядным из позднего мела Монголии (местонахождение Баин-Дзак). В целом фауна Хобура близка американской фауне Тринити; однако при сравнении обеих фаун заметно резкое преобладание в азиатской именно плацентарных, составляющих около 80% находок, в то время как в американской наблюдается большое разнообразие архаичных — сумчатых и многобугорчатых.

Следует отметить, что до сих пор остатки сумчатых не обнаружены среди мезозойских млекопитающих в Азии. Открытие многочисленных плацентарных в раннемеловых отложениях Монголии наталкивает на мысль, что в меловом периоде, а возможно и ранее, умеренные области Азии были зоной, где происходило формирование первых эутерий.

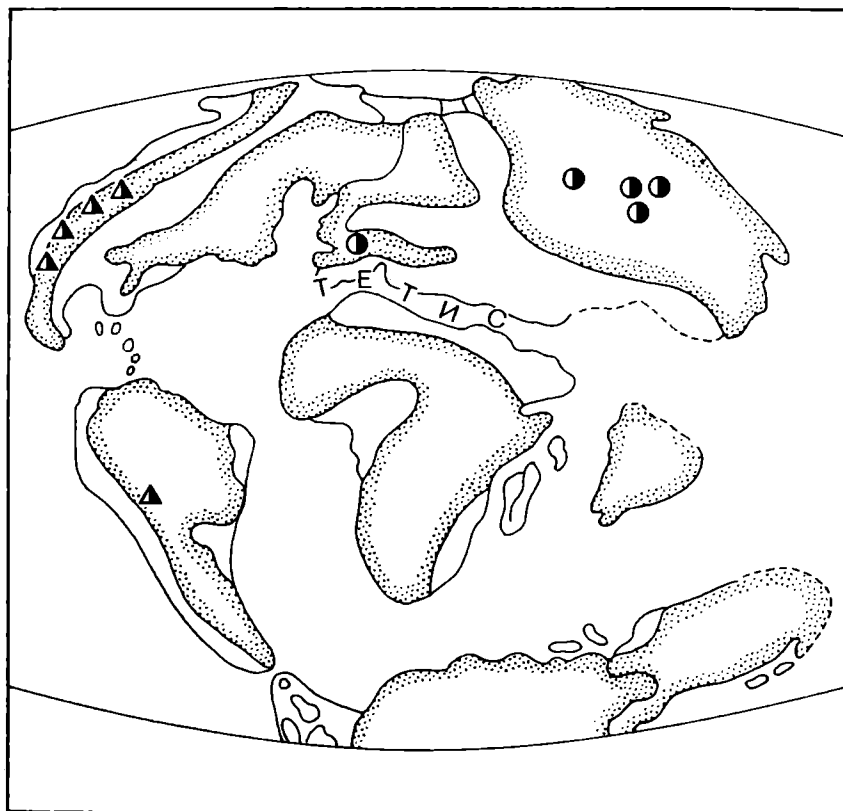
За исключением центральноазиатских находок, большинство мезозойских млекопитающих найдено в низко расположенных районах, частью граничащих с побережьями древних морских бассейнов. По-видимому, эти

формы существовали в условиях теплого морского климата, который благоприятствовал развитию архаичных групп, не достигших еще высокого уровня терморегуляции.

Однако эутерии, обладающие более совершенной терморегуляцией и плацентой, могли успешно эволюционировать на территории современных плоскогорий и предгорий Центральной Азии. Эти районы уже в мезозое были значительно удалены от влажных морских побережий, и климат их, вероятно, приобретал континентальные черты с более значительными колебаниями суточных и сезонных температур. В меловом периоде произошла миграция ранних плацентарных из Азии в Северную Америку, где вскоре они претерпели бурную адаптивную радиацию, т. е. распространение с приспособлением к новым условиям вытеснили широко распространенных там архаичных сумчатых.

Среди азиатских млекопитающих, известных в основном из крупных местонахождений юга Монголии —

¹ Каландадзе Н. Н., Решетов В. Ю. Интересные палеонтологические находки в Монголии. — «Природа», 1971, № 5.



Схематическая карта распространения основных находок поаппалачских млекопитающих, содержащих (треугольники) и не содержащих (кружки) сумчатых. Местонахождения млекопитающих в Азии значительно удалены от морских побережий.

Баин-Дзак, Нэмэгет и Херминцав, в позднемиловое время продолжают преобладать плацентарные, а из архаичных присутствуют только многобугорчатые. Эта своеобразная группа, просуществовавшая вплоть до эоцена, представляла, по-видимому, ранних аналогов кайнозойских грызунов. Среди мловых насекомоядных уже наметилась дифференцировка, приведшая позднее к образованию различных отрядов. Вероятно, здесь происходила ранняя адаптивная радиация настоящих насекомоядных, зайцеобразных, приматов, древних хищных и копытных (группа кондилартр), пантодонт и диноцерат.

Таким образом, основные «качественные» изменения млекопитающих претерпели более 100 млн лет назад, в мловое время на территории Азии. Следует отметить, что в этот период происходили весьма существенные сдвиги во всех наземных биоценозах — широкое распространение покрытосеменных и в связи с этим резкое обновление фауны насекомых,

служивших основной пищей древним плацентарным¹.

Вторичная радиация азиатских млекопитающих и проблема аридизации Центральной Азии

Огромные степные и полупустынные пространства Азии имеют долгую историю. Остатки динозавров, водных черепах, крокодилов, раковины пресноводных моллюсков и стволы окаменевшей древесины, найденные в позднемиловых толщах Монголии, Китая и Средней Азии, указывают на широкое развитие в то время внутренних пресноводных бассейнов на территории современных пустынных депрессий². Континентальные отложения палеоцена, наиболее раз-

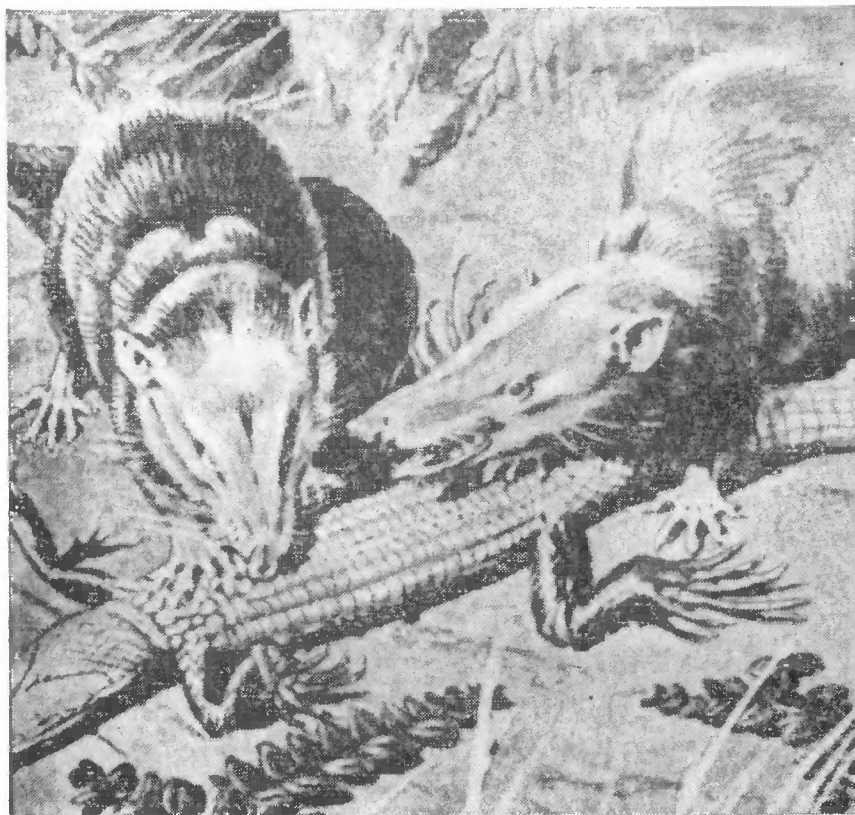
витые на юге Монголии, залегают непосредственно над мловыми. Обычно они имеют небольшие площади, и их мощности ничтожны по сравнению с мловыми толщами.

Находки позвоночных из палеоценовых отложений свидетельствуют о значительных изменениях фауны — исчезли динозавры, сокращается разнообразие пресноводных черепах, доминируют млекопитающие и представлены они несколькими отрядами плацентарных. Хотя в составе млекопитающих заметна преобладанность от мловых групп — еще присутствуют многобугорчатые и некоторые семейства позднемиловых насекомоядных, — однако появляются новые группы: древние копытные — нотоунгуляты, кондилартры, диноцераты и пантодонты, а также примитивные хищные и зайцеобразные.

В целом состав известных азиатских фаун кажется несколько обедненным по сравнению с аналогичными фаунами Северной Америки. Сокращение площадей осадконакопления, вымирание многих влаголюбивых

¹ Родендорф Б. Б., Жерихин В. В. Палеонтология и охрана природы. — «Природа», 1974, № 5.

² Мартинсон Г. Г. Всегда ли была безводной пустыня Гоби? — «Природа», 1969, № 10.



Реконструкция архаических млекопитающих — триканодонтов (по А. Ш. Ромеру, 1964). Остатки триканодонтов были найдены Советско-Монгольской палеонтологической экспедицией в 1969 г. вместе с остатками плацентарных млекопитающих и разнообразных ящеров в отложениях нижнего мела Монголии.

групп, в первую очередь динозавров, многих черепов, разнообразных пресноводных моллюсков указывает на начало аридизации, а следовательно, и сокращение внутренних бассейнов.

В течение раннего кайнозоя — в палеоцене и особенно в эоцене и раннем олигоцене происходит усиленная радиация эутерий и формирование их основных отрядов. В эоцене появляются и распространяются новые группы — различные грызуны, настоящие зайцеобразные, хищные, непарнопалые и парнопалые копытные. Хотя в это время азиатские фауны имеют некоторые общие элементы с североамериканскими, однако в це-

лом они в достаточной степени своеобразны и содержат много автохтонных семейств и родов. Особенно широко распространены разнообразные непарнопалые, среди которых наиболее многочисленными были тапирообразные и бронтотерииды.

Раннетретичные тапирообразные Азии были совершенно непохожи на их современных лесных «собратьев». Эти животные обладали «легким» скелетом с длинными конечностями, на которых было по три, а не по четыре пальца, как у современных тапиров. Внешний облик древних тапироидов напоминал скорее современных газелей. Их скелет приспособлен к быстрому бегу и прыжкам. На примере современных копытных саванн и степей известно, что именно они наиболее многочисленны и образуют стадные ассоциации. Массовые захоронения древних тапироидов, а также примитивных жвачных парнопалых, таких как археомериксы и др., приспособленных к жизни в открытых ландшафтах, обнаружены в разных районах Центральной Азии. Подобные наход-

ки позволяют предположить, что еще в эоцене здесь получили развитие открытые ландшафты — прообразы современных саванн и степей, которые служили ареной возникновения стадных ассоциаций у различных групп копытных.

Процесс аридизации центральных районов Азии усиливается в олигоцене. Доказательство этого — недавние находки наземных моллюсков в олигоценовых красноцветах Северной Гоби, утолщенные стенки раковин которых свидетельствуют о приспособлении к аридным условиям. Доказательство этого и многочисленные находки разнообразных грызунов с высококоронковыми гипсодонтными зубами, приспособленными для перетирания жесткой, степной растительности. В олигоцене Азии широко распространяются жвачные парнокопытные, специализированные к степным ландшафтам. В то же время для Центральной Азии характерно отсутствие находок ископаемых приматов и редкость влаголюбивых форм (например, свинообразных).

В среднем олигоцене в Азии намечается зональное распределение фауны — центральные области населяли наиболее сухолюбивые и степные группы, а окраинные районы — более влаголюбивые и лесные. В неогене процесс аридизации глубинных областей материка продолжается, завершается формирование фауны степного типа. Состав центральноазиатских неогеновых фаун беднее, чем фауны Южной и Средней Азии, где сохранился более влажный субтропический ландшафт с фауной млекопитающих более древнего облика.

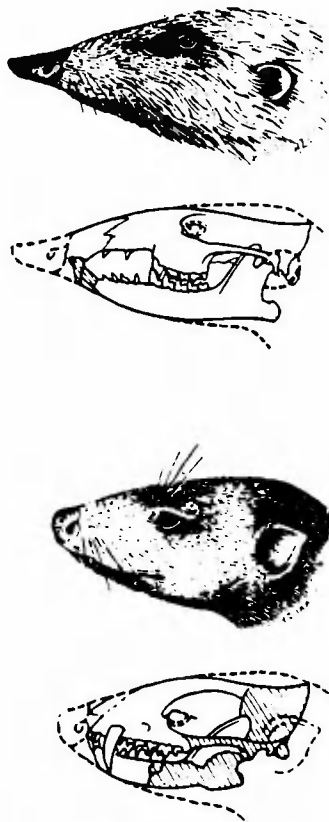
Формирование неогеновых и антропогеновых млекопитающих

В самом начале миоцена на территории Евразии состав млекопитающих обновляется. Это связано с возникновением широких перемычек между континентами Европы, Азии и Африки, обусловившими необычайно быстрое распространение новых форм. Широко распространяются новые семейства и роды грызунов, приматов, хищных. Вымирает ряд групп непар-

нопалых и расцветают новые формы парноногих копытных.

В то время как в Европе и на юге Азии преобладали субтропические ландшафты, районы Центральной Азии приобретали степной облик. Процесс формирования степей захватил и более западные части материка. К концу миоцена заметно увеличилось число общих элементов для фауны Европы, Азии, Африки. В плиоцене усиливается прохорез (проникновение) азиатских форм в Африку, например жирафид и антилопин. В это время наибольшее разнообразие форм характерно для ископаемых млекопитающих подножья Гималаев и недавно найденных неоген-четвертичных фаун предгорий Памира. Общность ряда групп из обоих районов указывает на то, что в неогене и антропогене эти области представляли единый ареал населявших их млекопитающих. Горные системы Памира и Гималаев были значительно ниже, чем в наши дни, а межгорные впадины — гораздо шире. Это подтверждают многочисленные находки остатков разнообразных равнинных копытных и хоботных в бортах современных горных ущелий Северного Предпамирья, высоко поднятых над уровнем моря¹. Следует подчеркнуть, что богатые местонахождения разнообразных неогеновых и четвертичных млекопитающих в предгорьях Гималаев и Памира, включающих представителей многих отрядов, в том числе разнообразных приматов, свидетельствуют о том, что этот район был центром, откуда шло распространение многих форм в другие области — более северные районы Азии, в Европу, Африку.

Особый интерес палеонтологов вызвали находки в Сиваликских холмах северной Индии остатков человекообразных обезьян, близких к стволу Hominidae. После находок питекантропов на о-ве Ява и синантропов в пещерах Чжоукоудян в Китае стало общепринятым считать Азию прародиной человека. Все же взгляды на центры первичной эволюции Hominidae были и остаются весьма разными. Американский палеонтолог Г. Ос-



Реконструкция головы древних плацентарных млекопитающих — насекомоядных из позднемиоценовых отложений Монголии. Вверху — ламбдалест, внизу — дельтатеридий.

борн считал, что первоначально человек возник и развивался в Центральной Азии. Однако ранняя аридизация этой области противоречит подобным предположениям. До сих пор не известно ни одной достоверной находки высших приматов и древних людей в Монголии и Северном Китае. Сенсационные находки Л. Лики и его последователей в Африке как будто опровергли азиатскую гипотезу происхождения человека. За последнее время появилось много статей либо приветствующих, либо оспаривающих новую концепцию¹.

Но не следует забывать, что плиоценовая эпоха, к которой относятся находки африканских презинджантропов и других африканских и азиат-

ских приматов, близких к человеку, характеризуется интенсивным обменом разнообразными группами млекопитающих между Азией и Африкой, причем преобладал прохорез азиатских форм. Находки высших приматов в Африке лишь удвояют возраст формирования первобытного человека, но еще не свидетельствуют о месте его происхождения.

Многие крупные антропологи (Г. Швальбе, Г. Вейнерт и др.) предполагают, что спуск приматов с дерева на землю произошел на более ранней стадии развития высших обезьян, а следовательно, в более отдаленную эпоху. На землю спустился не непосредственный предок человека, а более отдаленный предок группы высших антропоидов, от одной из ветвей которых произошел человек. Согласно предположению П. П. Сушкина¹, наиболее вероятной зоной формирования этой группы были предгорья крупных горных систем, быстро менявших свой рельеф в силу горообразовательных процессов. Приспособление древних антропоидов к открытому скалистому ландшафту и послужило основной предпосылкой «человечивания». Говоря о высокогорных областях, Сушкин прежде всего указывал на азиатские массивы, в частности Памиро-Алай. В связи с этим большой интерес представляют обнаруженные и раскопанные в недавнее время в предгорьях Северного Памира (Таджикско-Афганская впадина) богатые фауны млекопитающих различного геологического возраста, от среднего плиоцена до верхнего антропогена.

Особенно показательна фауна переходного времени между плиоценом и четвертичным периодом (виллафранк), найденная в долине небольшой речки Куруксай. В составе куруксайской фауны определены грызуны, различные хищные, многочисленные лошади, носороги, жирафы, олени, разнообразные антилопы, близкие к одновозрастным пакистанским и североиндийским. Наиболее интересными оказались находки чере-

¹ Никонов А. А. Кладбища древних животных в Таджикистане. — «Природа», 1971, № 3.

¹ См. «Природа», 1973, № 1, № 2, № 12; 1974, № 2, № 6, № 9, № 10.

¹ Сушкин П. П. Высокогорные области земного шара и вопрос о родине первобытного человека. — «Природа», 1928, № 3.

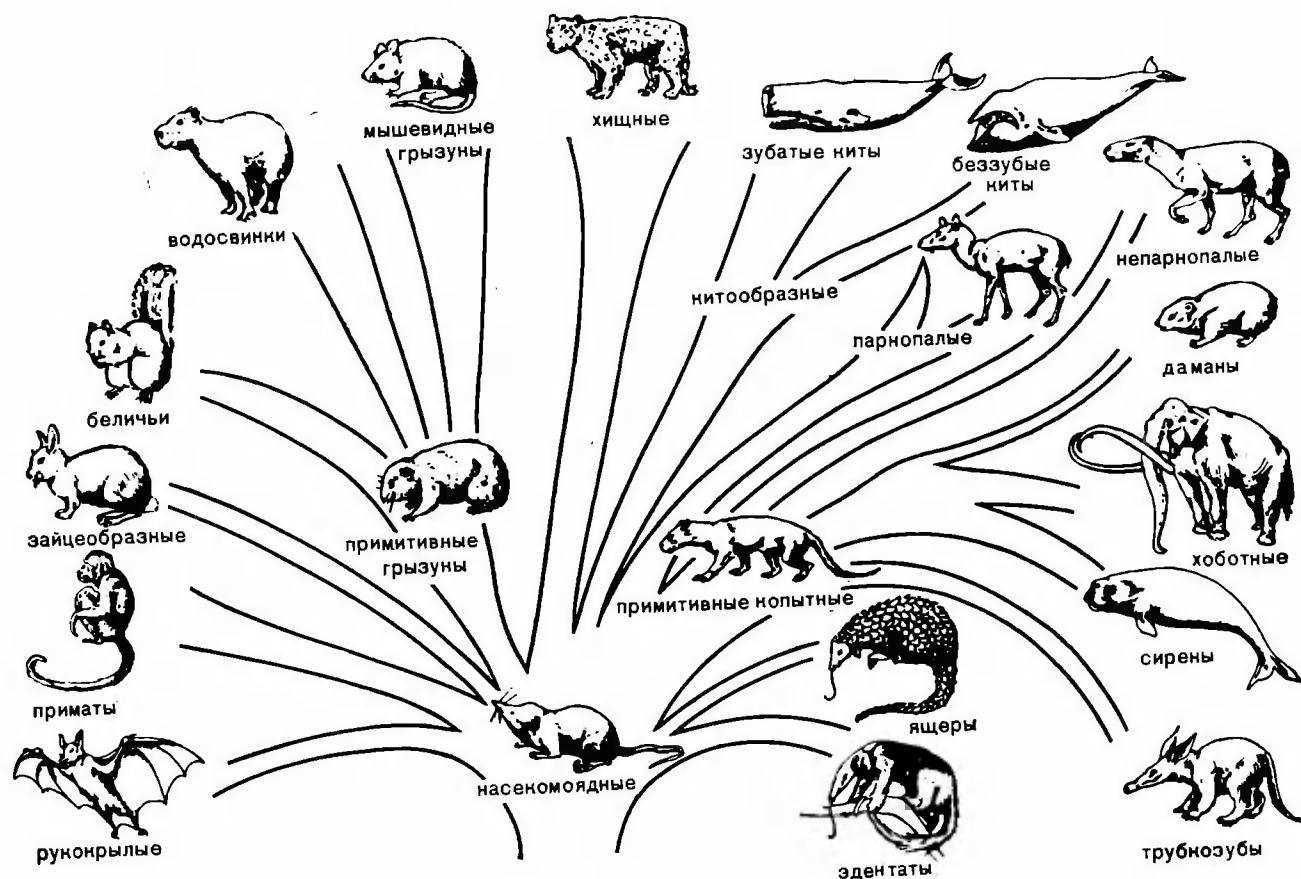


Схема адаптивной радиации плацентарных млекопитающих (по А. Ш. Ромеру, 1964). Вероятно, раннее развитие насекомоядных, зайцеобразных, древних приматов, примитивных хищных и копытных происходило на территории Азии.

пов и нижних челюстей высокоразвитых обезьян, по предварительному определению отнесенных к семейству павианов. Новые памирские находки чрезвычайно близки к ископаемым приматам аналогичной группы из Африки. На основании предварительного анализа фауны, флоры и литологических данных можно реконструировать неогеновый ландшафт Северного Памира.

В то время были развиты стации, близкие к древним африканским саваннам, т. е. открытые травянистые пространства с рощами и перелесками, граничащие с предгорными лесами, реликтовые остатки которых и по сей день сохранились в предгорьях и долинах Памира и Тянь-Шаня. Именно в таких биоценозах могли успешно существовать разнообразные приматы, в том числе и человекообразные, среди которых предки гоминид — рамелитеки и более специализированные крупные — гигантопитеки, известные из отложений Сиваликских холмов Северной Индии и Китая. Находки разнообразных приматов в районах предгорий Памира и Гималаев, а также недавние африканские находки скорее указывают на более широкое распространение различных групп древних приматов и на то, что зона

формирования древнейшего человечества была более обширна, чем это предполагалось ранее.

Палеонтологическая Terra incognita

Первоначальная гипотеза, что Центральная Азия была первичной зоной формирования ряда групп позвоночных, находит подтверждение в фактическом материале. Так, в мезозое, по-видимому, на этой территории происходило формирование плацентарных млекопитающих, в палеогене—неогене отсюда распространялась степная фауна млекопитающих. Однако центры развития позднеогеновых и четвертичных групп сместились в более западные и южные районы предгорьев Памира и Гималаев. Эта зона также, по-видимому, играла

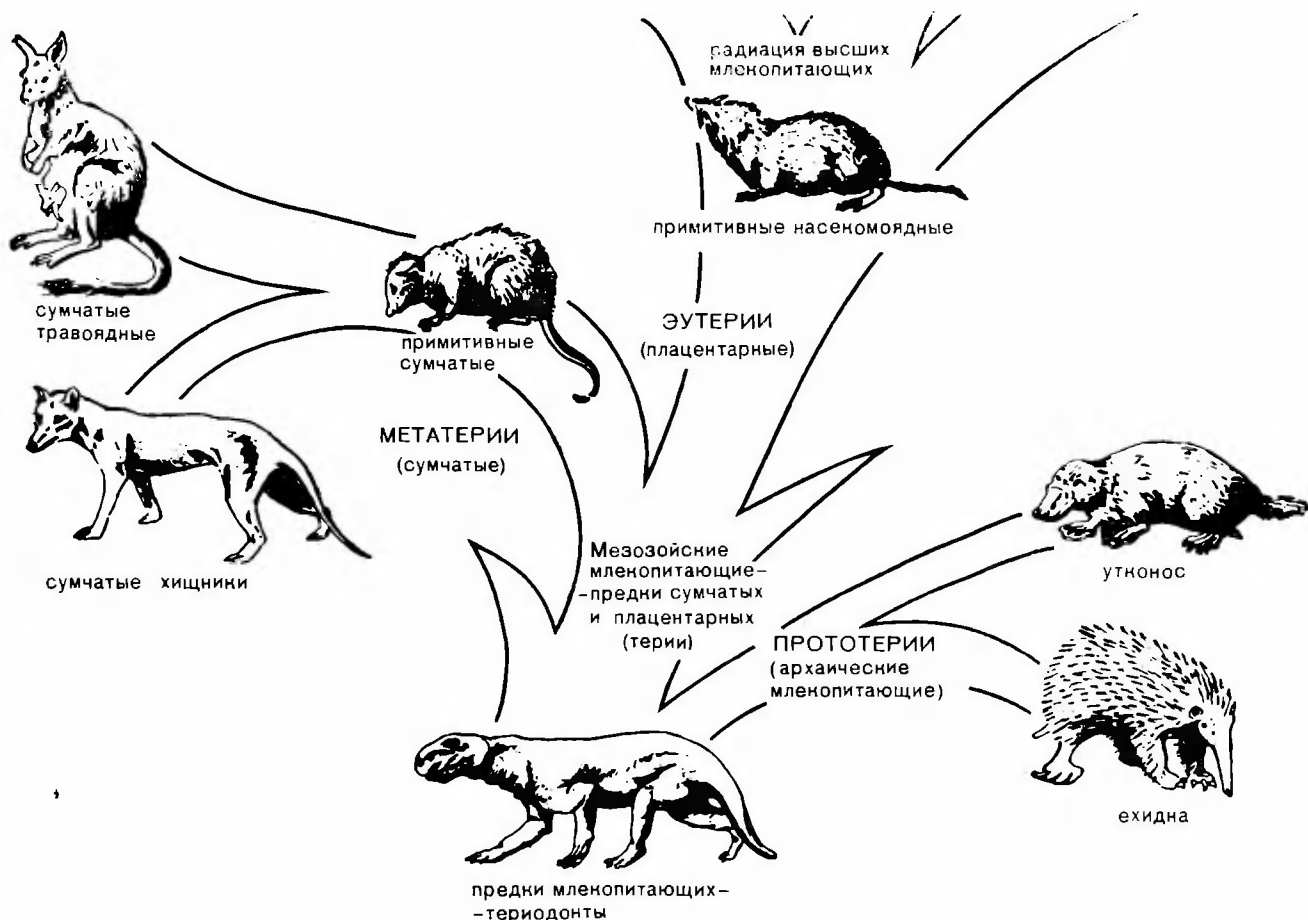


Схема адаптивной радиации ранних млекопитающих (по А. Ш. Ромеру, 1964). Две основных группы млекопитающих — архаические прототерии и более прогрессивные тери — развивались отдельными стволами. Ранние этапы развития плацентарных, вероятно, происходили на территории Азии.

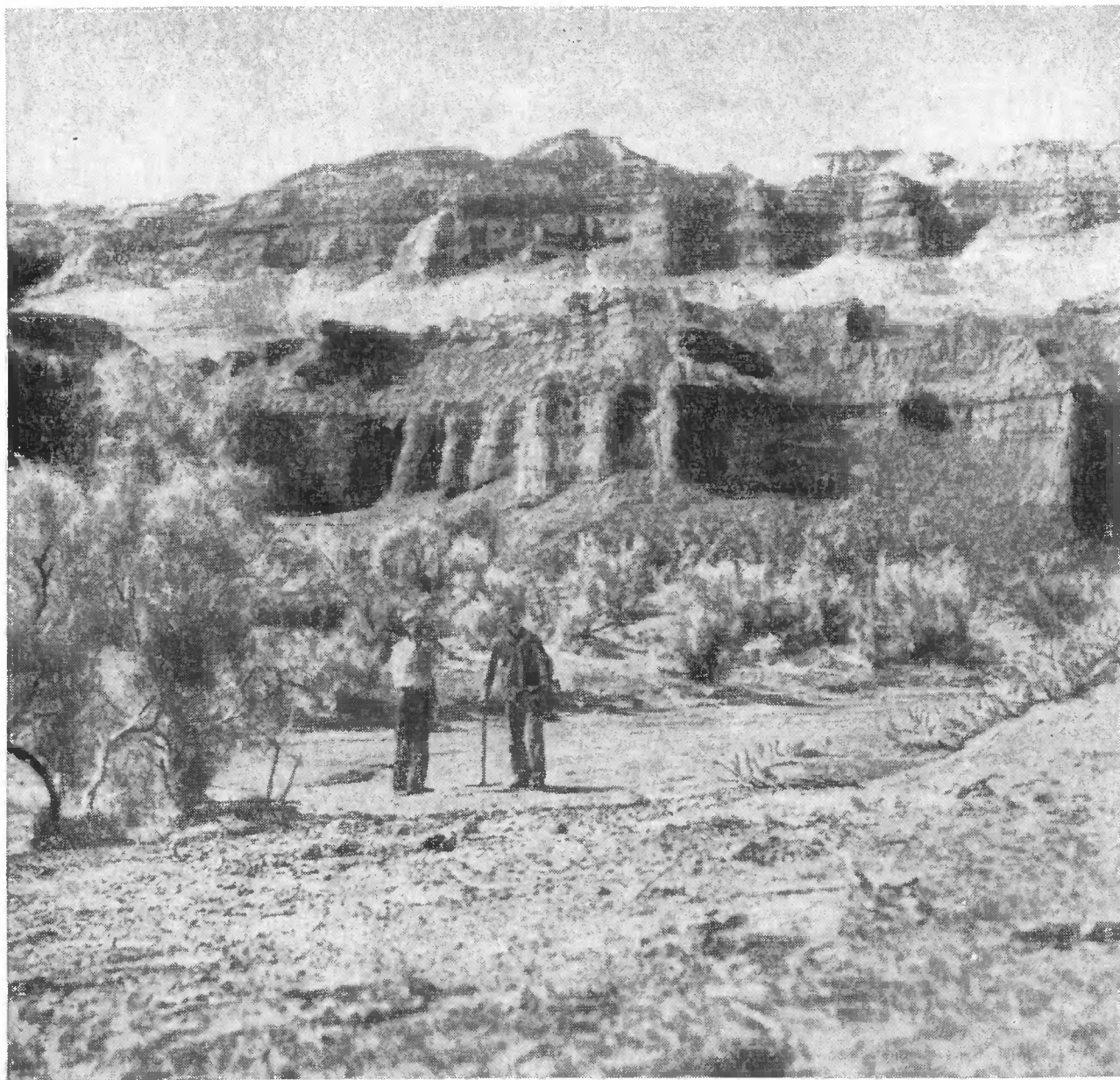
роль одного из центров возникновения и расселения древнейших высших приматов.

Автор учения о центрах происхождения культурных растений Н. И. Вавилов, начавший исследования закономерностей происхождения культурных растений именно с Памира, показал, что этот район, наряду с при-

лежащими территориями Передней и Средней Азии, а также Северо-Западной Индии был центром происхождения многих культурных растений: Здесь и поныне существуют дикие формы ржи («памирская рожь Вавилова»), пшеницы и различных плодовых. «В этом районе до сих пор можно просмотреть для многих видов непрерывный ряд от культурных до диких форм, то есть установить сохранившиеся связи диких форм с культурными»¹. Вероятно, здесь был один из важнейших центров одомашнивания козлов, баранов, быков, свиней и лошадей, а следовательно, древнейшего скотоводства и земледелия.

¹ Вавилов Н. И. Пять континентов. М., Географгиз, 1962, с. 29.

Что и где предстоит искать в Азии? Какие районы перспективны для палеонтологов, и прежде всего в отношении поисков ископаемых млекопитающих? В области поисков древнейших мезозойских млекопитающих следует обратиться к территории межгорных впадин и предгорий Средней Азии и Южного Казахстана. В этих районах широко развиты отложения континентального триаса и юры, в которых сравнительно малочисленны находки крупных позвоночных. Однако именно такие отложения бывают более перспективны на поиски и добычу мелких позвоночных. В юрском месторождении Южного Казахстана — Каратау уже в течение многих лет добываются многочисленные остатки различных насекомых, ящериц, летучих ящеров, черепах и амфибий. Обилие насекомых — основной пищевой



Местонахождение верхнемеловых позвоночных Херминцав (Монголия, Заалтайская Гоби). Здесь вместе с остатками динозавров и многочисленных ящериц были найдены черепа насекомых и многобугорчатых млекопитающих.

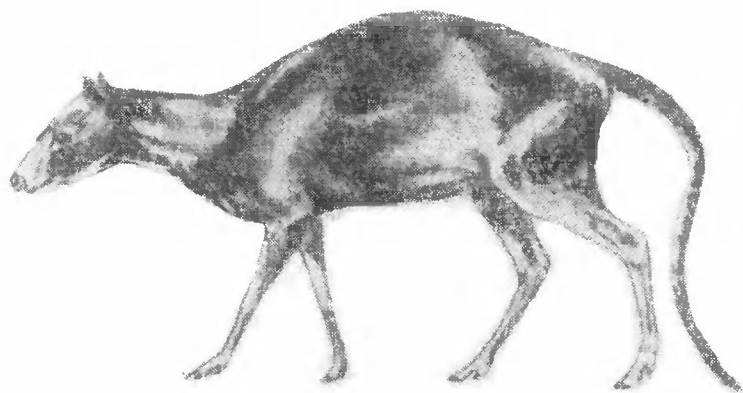
Фото И. З. Войтенко.

базы древнейших млекопитающих — многочисленные находки мелких позвоночных экологически и тафономически¹ определяют возможность находок архаичных млекопитающих в этих районах. Подобные поиски требуют особой тщательности и трудоемких работ, сопряженных с промыв-

¹ Тафономия — учение о закономерностях захоронений ископаемых организмов.

кой и просеиванием многих тонн костеносной породы.

Триасовые и юрские континентальные отложения межгорных впадин Средней Азии подобно европейским граничат с побережьями древних морских бассейнов, и, судя по аналогии, здесь можно найти экологически близкие им формы. Установление факта, что эутерии сформировались на территории Азии, а также находки



Реконструкция древнейшего жвачного парнокопытного Азии — археомерикса, существовавшего в эоцене (по Э. Г. Колберту, 1941). Археомериксы наряду с некоторыми азиатскими тапирообразными, по-видимому, были древнейшими из копытных, которые образовывали настоящие стадные ассоциации в условиях зарождавшихся степей в Центральной Азии.

здесь триасовых млекопитающих (Китай) побуждают к дальнейшим поискам их остатков в континентальных мезозойских толщах. Нередки остатки мелких позвоночных в фациях, не содержащих крупных костей, а потому и не привлекавших внимание исследователей.

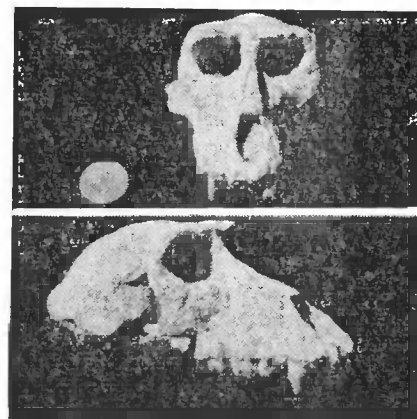
В настоящее время, когда техника раскопочных работ совершенствуется и палеонтологи от единичных сборов переходят к целеустремленным поискам и раскопкам с использованием разнообразных технических средств, все большее внимание должно уделяться мелким объектам. Следует также продолжать поиски остатков млекопитающих в отложениях позднего мезозоя и раннего палеогена, широко представленных в Центральной Азии, в частности в Монголии. Возможно находки млекопитающих в отложениях конца мелового периода будут представлять большой интерес, как в то время происходила интенсивная адаптивная радиация эутерий, приведшая к формированию многих отрядов.

За последнее время открыты интереснейшие местонахождения раннелетричных млекопитающих в Зайсанской, Иссык-кульской и других межгорных впадинах на территории

СССР, которые могут дать новые материалы по эволюции этой группы. Здесь найдены элементы, объединяющие эти «западноазиатские» комплексы с североазиатскими и монгольскими (диноцераты, пантодонты, непарнопалые, грызуны). Тем более интересны эоценовые местонахождения Киргизии — здесь мы имеем редкую возможность наблюдать, с одной стороны, связь континентальных толщ с морскими отложениями, с другой — наличие базальтов, подстилающих костеносные горизонты. Таким образом, открывается перспектива использовать для определения возраста вмещающих горизонтов своеобразный «тройной параллелизм» фактов — сопоставление континентальных и морских осадков, датирование фаунозных горизонтов по абсолютному возрасту (базальты) и, наконец, тщательный анализ палеонтологических данных.

В результате недавних раскопок местонахождений неогеновых и четвертичных млекопитающих в Памиро-Афганской депрессии (северные предгорья Памира) были найдены остатки приматов, даманов, халикотериев, жирафов-сиватериев, разнообразных антилоп и лошадей, близких к переднеазиатским и североиндийским формам. В дальнейшем детальные раскопки местонахождений северного предпамирья могут принести новые факты для выяснения проблемы происхождения и эволюции древнейшего человека, многих домашних животных, а также помогут выяснить пути формирования в течение антропогена современной фауны Субарктики.

Имеются все основания предпола-



Череп ископаемой обезьяны из неогеновых отложений северных предгорий Памира. Вид спереди и сбоку.

гать, что целенаправленные поиски и раскопки новых местонахождений ископаемых млекопитающих в Центральной Азии и прилегающих районах (в особенности в межгорных впадинах) могут дать много интересного для выявления путей ранней адаптивной радиации млекопитающих, возникновения их основных отрядов и семейств. По-новому могут быть освещены этапы эволюции млекопитающих, в особенности в мезозое, история формирования их фаун и путей миграции. Новые палеонтологические материалы помогут по-иному решить некоторые проблемы стратиграфии и палеогеографии самого крупного континента Земли.

УДК 56(118.1)

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Борисяк А. А. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ. М., «Наука», 1973.
- Вавилов Н. И. ПЯТЬ КОНТИНЕНТОВ. М., Географиз, 1962.
- Мартинсон Г. Г. СЛЕДЫ ИСЧЕЗНУВШИХ ОЗЕР В АЗИИ. М., «Наука», 1968.
- Орлов Ю. А. В МИРЕ ДРЕВНИХ ЖИВОТНЫХ. Изд. 2-е. М., «Наука», 1968.
- Эндрюс Р. ДИКОВИННЫЕ ЗВЕРИ. М., ИЛ, 1963.



Дзерен

Л. В. Жирнов
Кандидат биологических наук
А. А. Винокуров

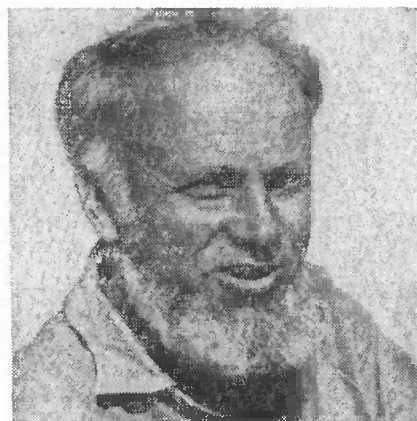
Рано утром 31 мая 1974 г. самолет монгольской гражданской авиации поднялся с аэродрома г. Чойбалсана и взял курс на юго-восток. Наша экспедиция¹ направлялась в район Мененгинской степи (восточные районы МНР), где мы надеялись встретить скопления дзеренов и начать работы по изучению этих редких животных. Слева осталась темно-синяя извилистая лента реки Керулен с ярко-зеленой неширокой поймой, покрытой небольшими зарослями ив и тростником. Дальше наш маршрут пролегал над безбрежной волнистой равниной, буро-желтые краски которой поначалу удивляли своим однообразием. На этом фоне лишь изредка выделялись зеленью узкие ленты степных дорог и разноцветные пятна высохших и высыхающих озер. Через некоторое время под крылом стали попадаться бегущие дзерены...

Монгольский дзерен до недавнего времени был основным промысловым видом копытных в МНР. У монголов и других народов Центральной Азии издавна практиковалась охота на дзеренов ради их вкусного, нежного мяса. Использовались также зимние шкуры дзеренов на дохи, а рога — на всякие поделки. Сыромятная кожа с шеи дзеренов шла на изготовление

¹ В работе Советско-Монгольской экспедиции, кроме авторов статьи, приняли участие монгольские специалисты Я. Даш, А. Хайдав, П. Дунжаа. Научное руководство осуществлял А. Г. Бянинов.

Фото авторов.

Лир Васильевич Жирнов, заведующий Сектором редких животных Центральной лаборатории охраны природы Министерства сельского хозяйства СССР. Автор работ по экологии, охране и использованию сайгака, лося и других промысловых и исчезающих видов животных. Участник экспедиций в Центральный Тянь-Шань, Таджикистан, Прикаспий, на Таймыр, в Северный Казахстан. В 1974 г. участвовал в экспедиции по изучению дзерена и других крупных млекопитающих Монгольской Народной Республики.



Ардалион Алексеевич Винокуров, старший научный сотрудник той же лаборатории. Занимается экологией птиц и млекопитающих, их ролью в биогеоценозах, методиками полевых исследований и проблемами охраны фауны. Участник экспедиций в Предкавказье, Казахстан, Западную Сибирь, на Таймыр. В 1974 г. был участником экспедиции по изучению дзерена в Монгольской Народной Республике.



особо прочных ремней и арканов. Однако в последние годы численность и ареал дзерена на территории МНР настолько резко сократились, что встал вопрос о восстановлении запасов этого вида. В связи с этим и начала работу Советско-Монгольская экспедиция, которая должна разра-

ботать научно обоснованные рекомендации по восстановлению запасов и увеличению популяции дзерена в МНР.

В соответствии с программой в 1974 г. было проведено детальное обследование популяций дзерена и их местообитаний в восточной части МНР.

За период полевых работ экспедиция прошла свыше 8 тыс. км (с использованием самолетов и автомашин), в результате были выявлены районы скопления дзеренов в Восточном и Сухе-Баторском аймаках. На маршрутах и при стационарных наблюдениях собраны материалы по особенностям размещения, перемещениям, структуре популяции и другим вопросам экологии дзерена в весенне-летний период. Изучены возможности мечения новорожденных дзеренов на местах отела, а также апробирована методика обездвиживания взрослых дзеренов с применением иммобилизирующих препаратов.

Уже по результатам первого года были намечены первоочередные практические меры по усилению охраны дзеренов (нормирование промысловой добычи, введение лицензионной системы для охотников-любителей, установление более сжатых сроков охоты, организация службы учета и охотнадзора, создание сети охраняемых территорий-резерватов), а также намечена конкретная программа по развитию научных исследований, без которых невозможно рационально использовать ресурсы охотничьей фауны МНР. Практическое осуществление этих предложений будет способствовать решению проблемы восстановления дзерена.

Монгольский дзерен, или зобатая газель (*Procapra gutturosa* Gmelin, 1760), относится к особому роду из семейства полорогих отряда парнокопытных. К этому же роду относится тибетский дзерен, населяющий южные степи и полупустыни Тибетского нагорья. Монгольский дзерен достигает 100—145 см в длину, высота в холке 54—58 см, вес самцов 40—45 кг; самки значительно мельче — их вес не превышает 30—32 кг. По внешнему виду дзерен напоминает джейрана, но более плотного сложения. У дзерена стройные ноги, удлиненная голова и уши длиной в 12 см. Голова самцов украшена рогами. Шея тонкая и относительно длинная, на нижней части ее у самцов характерное вздутие — сильно развитая гортань, создающая впечатление «зоба» (отсюда и русское название — зобатая газель). Летом окраска тела серовато-желтая, под цвет сухой ко-

выльной степи, а зимой почти белая, поэтому монгольское название этой газели — «цагаан дээр» (белый дзерен). Хвост у дзерена белый, на кончике буро-коричневый. Около хвоста, который дзерен, в отличие от джейрана, на бегу держит опущенным, большое белое зеркало. Морда тоже белая, от лба к носу идет коричневая полоса; щеки желтоватые.

Бегут дзерены легко и грациозно — вытянув морду вперед, а не пригнув ее к земле, как это делают сайгаки, а при необходимости могут развивать скорость до 70 км/ч. Когда потревоженное стадо дзеренов бежит по степи, нередко можно видеть, как то один, то другой самец, не замедляя бега, высоко подпрыгивает. В тех случаях, когда группа дзеренов пастется среди высоких зарослей чия или кустарников и вдруг почует опасность, но не видит ее, самцы поднимаются на задние ноги и, балансируя передними, вытянув шею, осматриваются по сторонам.

Раньше дзерен был широко распространен от Чуйской степи юго-восточного Алтая на западе до равнин Восточной Монголии и Барги на востоке. К северу дзерены проникали до Тувы и Забайкалья, а также в Даурские степи. Южная граница ареала почти совпадала с южным пределом ковыльковых и ковылково-луковых пустынных степей и проходила в МНР примерно по северным склонам Монгольского и Гобийского Алтая, а в Китае — несколько севернее р. Хуанхэ. Анализ распространения дзерена показывает, что былой ареал этого копытного, в основном, накладывается на территорию, лежащую в зоне дерновинно-злаковых степей и частично пустынных степей Центральной Азии.

Дзерены большую часть года встречаются в ковыльных и пустынных степях, на холмистых равнинах и пологих склонах сопок. Во второй половине зимы, когда в однообразных ковыльных степях не хватает корма, дзерены перемещаются в разнотравные северные степи или откочевывают к югу, в полосу ковыльковых пустынных степей предгорных районов или в мелкосопочник.

Тесная связь дзеренов с ковыльными степями, а также с полупустынями

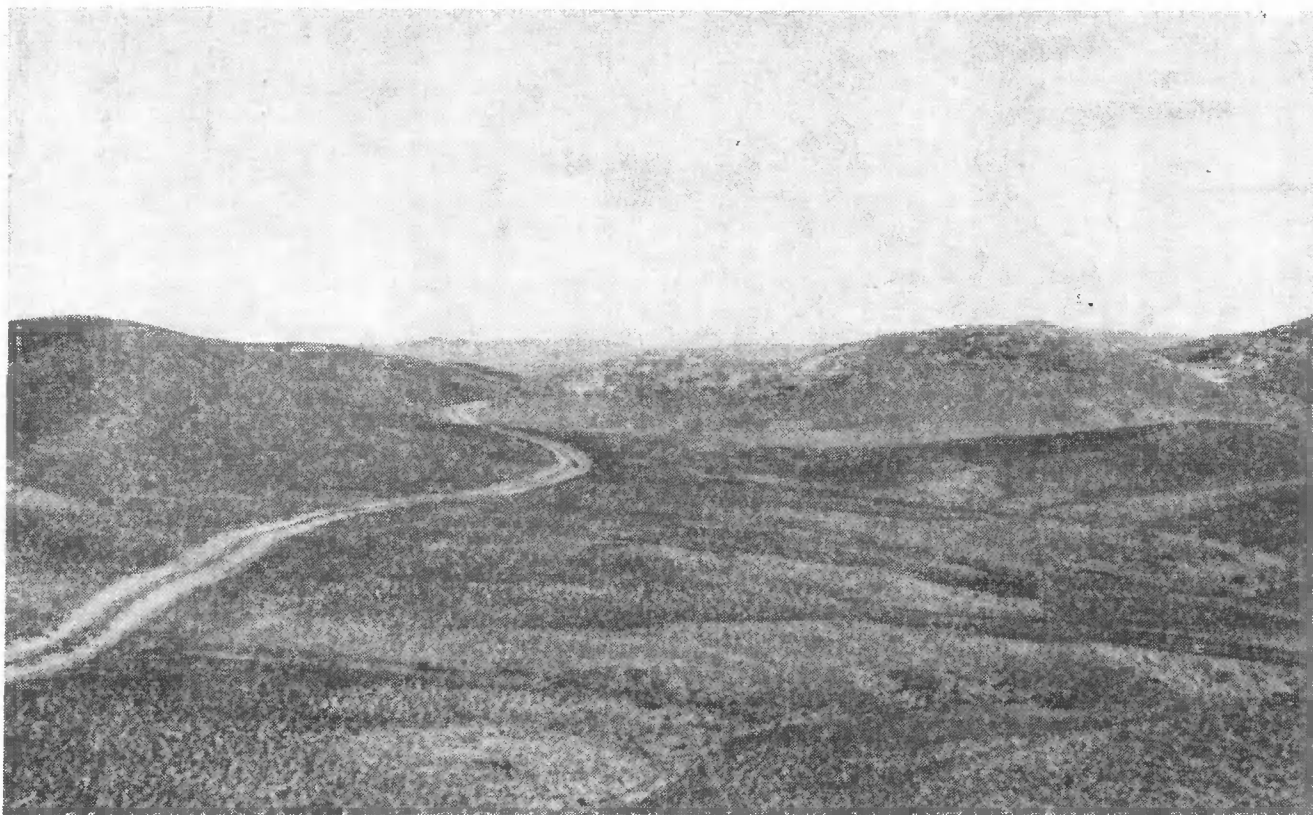
проявляется при анализе состава кормов этих копытных. Из списка кормовых растений, поедаемых дзеренами (а их более 20 видов), основными являются: ковыль-тырса, лук многокорешковый, ковылек и, в меньшей степени, вострец.

Центрально-азиатские степи как главная арена жизни этого животного отличаются «жесткостью» экологических условий, что определяется особым географическим положением этого региона. Сухость климата, бедность почвенного покрова, большие перепады температур, короткий период вегетации и другие моменты определяют низкие темпы накопления растительной массы и общую низкую продуктивность фитоценозов этих степей. Так, биологический урожай основных типов степей составляет 4—5 ц/га (в пересчете на сухую фитомассу), а в пустынных степях — не более 1—2 ц/га. Крайняя неустойчивость урожайности по годам и отдельным районам определяет частые засухи и неурожаи кормов и заставляет дзеренов кочевать с места на место, кроме коротких периодов гона и рождения молодняка. Но и в эти периоды стада дзеренов в отдельных урочищах задерживались не более 4—5 дней. Более того, даже самки с только что народившимся молодняком стали покидать места отела на второй — пятый день после родов.

В 1930—1940 гг. отмечались регулярные миграции дзеренов из восточных районов МНР и прилежащих районов Внутренней Монголии (КНР) на запад, северо-запад и частично на север, во время которых многочисленные стада дзеренов из равнинных районов переселялись в предгорные участки степей западных и центральных аймаков МНР. За последние 10 лет таких миграций уже не наблюдалось. Считают, что постройка железной дороги Улан-Батор — Пекин нарушила сложившиеся миграционные пути дзерена. Сейчас размах сезонных кочевок резко сократился¹.

На протяжении всех сезонов года дзерены держатся группами, численностью от нескольких десятков до 2—

¹ Эрегдендагва Д., Сосорбарам Ж. Размещение дзерена в степях Монголии. — «Тр. Ин-та биологии АН МНР», 1969, № 4.



Пологие сопки в зоне полупустынь — местообитание дзерена.

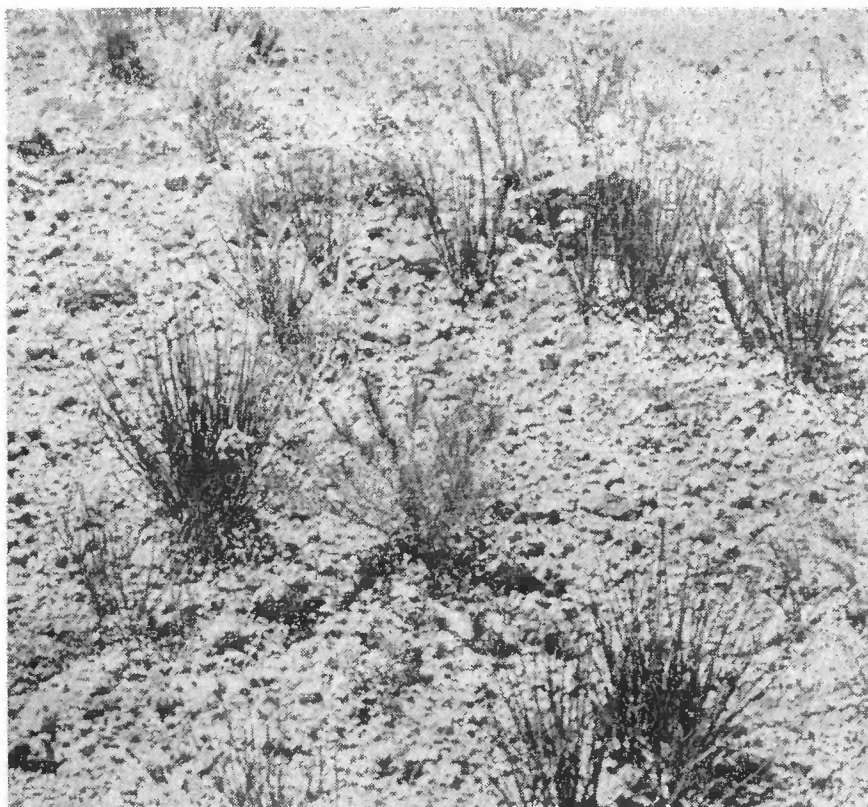
3 тыс. особей. Так же, как и у сайгаков, у дзеренов наблюдается высшая форма групповой организации копытных — объединения крупных стад в скопления, ведущие совместную жизнь на определенной территории.

Особенности обитания в суровых экологических условиях наложили отпечаток на характер воспроизводства дзеренов. Самки, как правило, дают потомство на третьем году жизни. В помете чаще бывает один теленок и только у незначительной части (около 3%) — два¹. Позднее созревание самок обусловлено сдвигом сроков отела на конец июня — начало июля, и за короткое лето (до сентября) молодые самки не успевают созреть и приступить к размножению. Период лактации у дзеренов затягивается до ноября — декабря, т. е. почти до периода гона. В этой ситуации, видимо, не все взрослые лактирующие самки участвуют в гоне.

¹ Банников А. Г. Млекопитающие Монгольской Народной Республики. «Тр. Монгольской комиссии АН СССР», 1954, вып. 53.

По данным июньских учетов 1974 г., в стадах преобладали самки — на одного самца приходилось 2, 3 самки. Из-за высокого процента яловых самок, а также значительного отхода молодняка у дзеренов максимальный ежегодный прирост, видимо, не превышает 20—25%, а в неблагоприятные годы может снижаться в 2—3 раза.

Динамика численности дзеренов изучена еще недостаточно полно. Среди естественных факторов, влияющих на численность дзеренов, многие исследователи указывают на большой урон, который несут популяции во время многоснежных зим и засух. Массовая гибель дзеренов от бескормицы и переохлаждения в суровые многоснежные зимы — явление весьма типичное для Монголии. Многоснежные зимы иногда приводят к полному вымиранию отдельных популяций дзеренов, как это наблюдалось в западных районах МНР зимой 1935/36 г. В других районах после таких зим численность дзеренов сокращалась в 2—3 раза. В связи с тем, что



Многокорешковый лук — излюбленный корм дзеренов.

На с. 49.

*Взрослый самец дзерена.
Фото А. Г. Банникова.*

многоснежье случается лишь в отдельных районах Монголии и не распространяется на обширные территории, дзерены, обладая высокой миграционной способностью, могут уходить из зоны бедствия и, тем самым, избегать действия неблагоприятных факторов.

Значительный урон поголовью дзеренов наносят болезни. В отдельные годы в восточных частях ареала среди популяций дзеренов наблюдались эпизоотии и массовый падеж животных всех возрастов. Страдают дзерены и от подкожных и носоглоточных оводов, сильно изнуряющих животных и снижающих сопротивляемость их к неблагоприятным погодным факторам.

К середине нашего столетия численность дзерена по всему ареалу была еще достаточно высокой. В конце 50-х годов общие запасы дзеренов оценивались примерно в 1,5 млн голов, из них около 1 млн обитало в

МНР, остальные — преимущественно во Внутренней Монголии (КНР).

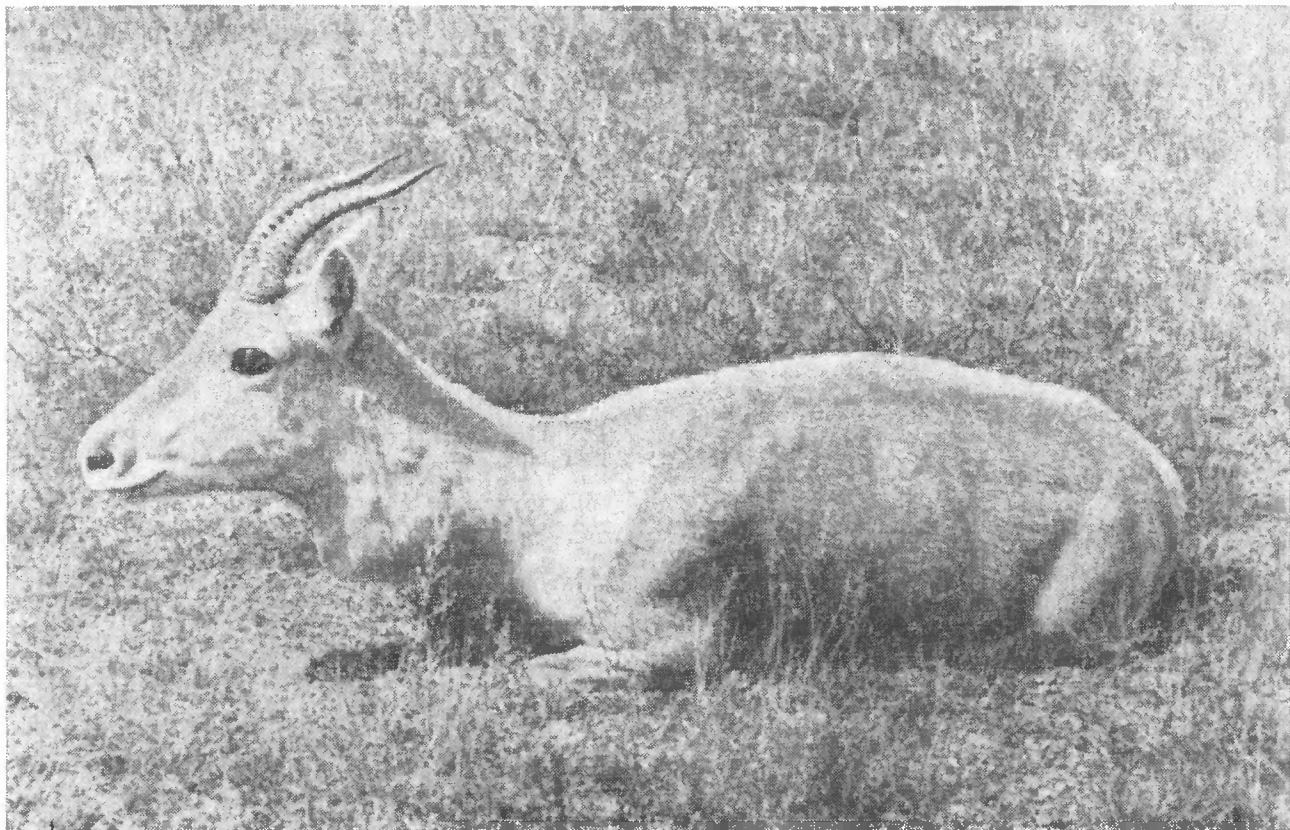
На территории СССР всегда держалось очень мало дзеренов, но в прошлом, особенно зимой, отмечались забеги сотенных и даже тысячных стад в Забайкалье и в Чуйские степи¹. В последние годы в пределах СССР дзерены стали очень редки, и их забеги наблюдались лишь в отдельные годы. Именно поэтому дзерен внесен в «Красную Книгу СССР».

В пределах основного ареала (МНР) численность дзеренов тоже резко сократилась, и в конце 60-х годов их запасы монгольскими специалистами оценивались всего лишь в 300—400 тыс. голов². Следует указать,

что приводимые здесь цифры весьма ориентировочны, так как учеты численности дзеренов до последнего времени не проводилось. По данным авиаобследования, проведенного в мае — июне 1974 г., на территории Восточного и Сухэ-Баторского аймаков МНР держалось около 50 тыс. голов. По мнению монгольских зоологов и охотоведов, большая часть восточной популяции дзерена в это время держится в прилежащих районах Внутренней Монголии (КНР), и только к концу лета и осенью основное поголовье прикочевывает в пределы МНР. Эти данные требуют уточнения. Значительное сокращение ареала этого копытного в МНР — показатель резкого снижения общих запасов дзеренов. Так, в 1965—1970 гг. дзерены — как фоновый вид — сохранились только в Восточной Монголии, в пределах Восточного, Сухэ-Баторского и Восточно-Гобийского аймаков, на остальной же части МНР остались только разрозненные малочис-

¹ Колосов А. М. Звери юго-восточного Алтая и степной области Монголии. — «Уч. зап. Моск. гос. ун-та. Зоология», 1939, вып. 20.

² Даш Я. Проблема восстановления промысловых запасов тарбагана и дзерена в Монгольской Народной Республике. — «Тр. IX Межд. конгр. биологов-охотоведов». М., 1970.



ленные популяции. По оценке монгольских специалистов, современный ареал дзерена составляет примерно треть его прежнего ареала в МНР.

Сокращение ареала и общих запасов дзерена, в основном, произошло из-за неконтролируемой охоты. В прошлом отстрел дзерена только в МНР достигал 100—150 тыс. голов в год, без учета добычи охотниками-любителями и араатами, которая не поддается оценке. В этой ситуации биологический прирост популяций дзерена, который, как мы уже отмечали, не превышает, видимо, 25—30% от исходного поголовья, не обеспечивал необходимого уровня воспроизводства. В отдельные годы (после многоснежных зим или засух) популяциям наносился особенно значительный урон. В настоящее время в МНР принимаются меры по восстановлению запасов дзерена: регулируется промысел и любительская охота,

разрабатываются биологические основы охраны животного.

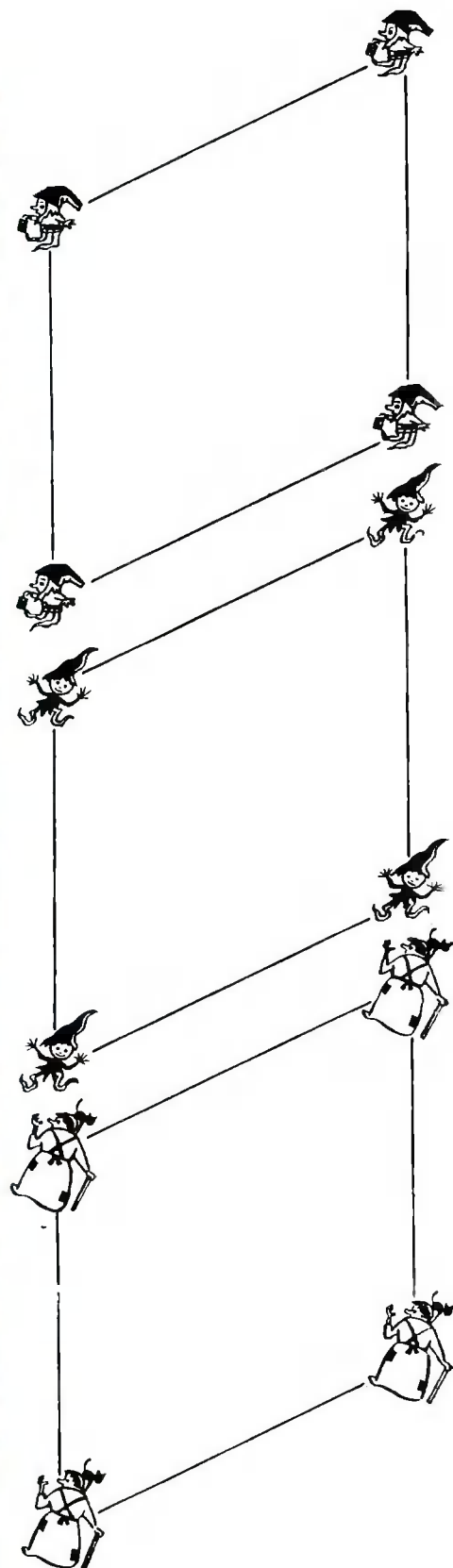
В июле 1972 г. на 6-й сессии Великого Хурала МНР были рассмотрены вопросы улучшения работы по охране и использованию ресурсов охотничье-промысловых животных и по сохранению редких видов. Принятый на этой сессии новый закон об охоте в МНР¹ заложил реальную основу для сохранения охотничьих богатств и развития современного высокопродуктивного охотничьего хозяйства республики.

Предпосылки для восстановления промысловых запасов дзерена вполне реальны, так как ландшафты зональных степей еще мало преобразованы хозяйственной деятельностью человека, хотя и здесь влияние антропогенных факторов за последние годы заметно усилилось. Для восста-

новления численности дзеренов целесообразно проводить регулярные учеты, упорядочить охоту и организовывать охрану в тяжелые периоды жизни животного: во время отела, а также в годы сильных засух и многоснежных зим; желательно наладить изучение сезонных перемещений дзеренов и на основе полученных материалов создать сеть охраняемых территорий-резерватов¹, которые служили бы убежищами для этих копытных в различные сезоны года и обеспечивали их нормальное воспроизводство.

¹ В «Правде» от 27.IV. 1975 г. появилось сообщение о том, что правительство МНР приняло решение о создании в Гоби заповедника площадью почти 4 млн. га, прежде всего — с целью сохранения ряда редких видов животных (кулан, лошадь Пржевальского, дикий верблюд и др.), а также для увеличения численности дзерена. (Прим. ред.)

¹ Закон об охоте в МНР. Улан-Батор.



Слово о кристаллографии

Академик Н. В. Белов

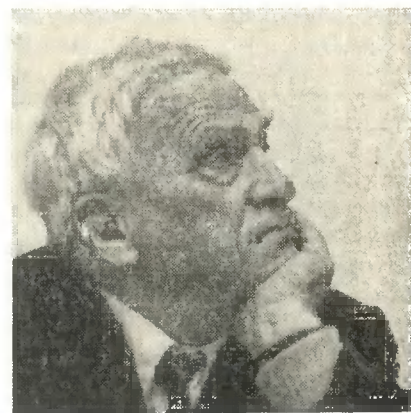
В декабре 1974 г. отмечалось 25-летие существования самостоятельной кафедры кристаллографии в Московском государственном университете. Конечно, кристаллография, как таковая, существовала здесь уже более 100 лет. Докторские и магистерские диссертации руководителей кафедры минералогии — А. М. Толстопятова 100 лет назад и В. И. Вернадского всего лишь 60 лет назад — были посвящены вопросам кристаллографии, здесь работал основатель современной рентгеновской кристаллографии Г. В. Вульф. У него обучались наиболее крупные представители физической кристаллографии, это, прежде всего, С. Т. Конобеевский, Н. И. Успенский. На кафедре Московского университета получил воспитание человек, которого мы всегда называли «кристаллографом номер 1» в Советском Союзе, — это А. В. Шубников. Тем не менее отмеченное 25-летие кафедры имеет и некоторое принципиальное значение. Она стала самостоятельной не только юридически, но переменялось и ее содержание.

Дело в том, что раньше кристаллы прельщали зрителей и посетителей музеев главным образом своей внешней красотой. Очень ценились кристаллы совершенной формы, но, к сожалению, таких кристаллов немного и их не так легко достать. Брали несо-

вершенные кристаллы, не очень красивые, и из них выделяли самую идеальную форму. По нескольким таким кристаллам путем математических расчетов для каждого вещества, для каждого минерала строилась наиболее совершенная форма. Это обычно делалось графически, и вот такие идеализированные («на бумаге») кристаллы, нередко далекие от истинных, и наполняют собой все описания минералов в наших руководствах.

А как же с преподаванием? Ведь нужно было знакомить с симметрией кристаллов, с их красотами, а красивых кристаллов не было. Недолго думая, по графически построенным идеальным формам делались деревянные модели, и обычно обучение геометрической кристаллографии и сводилось к игре такими деревяшками, к выделению симметрии. Студенту, например, давали пять деревяшек, и за каждую не определенную ему снижали балл, иногда доходили до того, что подбрасывали деревяшку и в этот момент студент должен был определить ее симметрию. Таково было положение «засушенной» геометрической кристаллографии в ряду общеобразовательных дисциплин.

Примерно 40 лет назад положение изменилось. Оказалось, что эта самая некрасивость кристаллографических форм имеет большое значение. Почему? Да потому, что на этих формах отразилась вся история индивидуального кристалла за те миллионы лет, которые он находился под землей в условиях различных трансформаций и т. д. Затем обнаружилось и другое. Оказалось, что каждый кристалл представляет собой некоторую схему, очень точно разработанную, по отно-

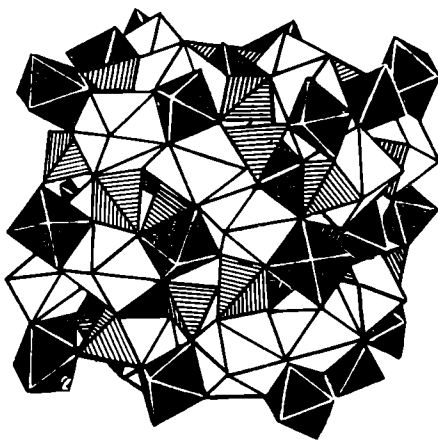


Николай Васильевич Белов, доктор химических наук, заведующий кафедрой кристаллографии Московского государственного университета и рентгеноструктурной лабораторией Института кристаллографии АН СССР. Основоположник кристаллохимического направления в минералогии. Автор серии очерков по структурной минералогии (1949—1973), удостоенных Ленинской премии 1974 г. Награжден золотой медалью им. М. В. Ломоносова. Герой Социалистического Труда.

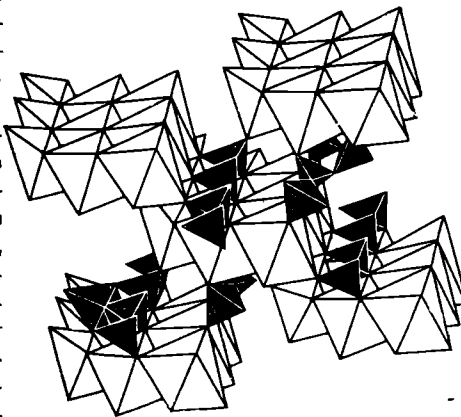
Пестрые детские обои по мотивам сказок братьев Гримм — слева. На них показана параллелограмматическая сетка, узлы которой можно совместить с любыми одинаковыми фигурками — справа. По этому же принципу построены кристаллы, но не в двух, а в трех измерениях.

шению к электрическому и всякому другому полю. Электрофизические свойства кристаллов стали играть большую роль во всяких физических и химических приборах. И тут стало ясно, что внешняя форма уже имеет минимальное значение. Сейчас всем известно, например, что ни одна радиоволна не будет стабилизирована, не выйдет в эфир до тех пор, пока не пройдет соответственным образом вырезанную кварцевую пластинку. Если, например, 50 лет назад мы гордились, что по одному телефонному проводу между Москвой и Ленинградом можно было передавать 5—6 телеграмм и одновременно вести два-три разговора, то теперь по одному проводу можно вести сотни операций. И все это потому, что каждый разговор «проходит» через определенную кварцевую пластинку и тогда неважно, сколько разговоров идет по проводу, ибо и отправители и получатели «знают» свою пластинку, — такая примерная общая схема. Здесь уже, конечно, внешняя форма кристалла не имеет никакого значения, важно, чтобы он был однородный, достаточно чистый. Поэтому сейчас нужно так много кристаллов. В Институте кристаллографии АН СССР и в других местах, в том числе и на кафедре кристаллографии Московского университета, есть группы по выращиванию очень нужных кристаллов.

Еще более важное открытие сделано более 50 лет назад и вошло в нашу общую практику примерно 35—40 лет назад. Оказалось, что кристалл является своеобразной фотокамерой, которая при освещении рентгеновскими лучами позволяет снять то, что делается внутри кристалла, позволяет узнать внутреннее расположение атомов кристалла. При помощи рентгеновских лучей, основываясь на свойстве кристалла, делающем его фотокамерой для снятия своей собственной «внутренности», мы получаем точное расположение атомов внутри кристаллов. Причем, конечно, мы видим это расположение через кристалл, но не сомневаемся, что и в жидком и газообразном состоянии данное химическое соединение имеет в основном ту же самую «структуру». Такое «фотографирование» и стало основой кристаллографии на



Структура граната, полученная в результате рентгеноструктурного анализа. Кубический мотив получается из деталей только трех сортов: тетраэдры (заштрихованы) вокруг атомов кремния, октаэдры (черные) вокруг атомов алюминия и «закрученные» кубы (белые) вокруг атомов кальция. Заменяя атомы алюминия и кремния в тетраэдрах и октаэдрах на железо и в «закрученных» кубах атомы кальция на редкоземельные, мы получаем очень мощные ферриты для многочисленных радиодеталей, например телевизоров, и т. д.



Основное цементное соединение — минерал воластонит — метасиликат кальция, CaSiO_3 . Между слоями с широкими (треугольными) лентами из кальциевых октаэдров (белые) располагаются бесконечные зигзагообразные цепочки из кремнекислородных тетраэдров (черные). Кальций является основной вяжущей свойств цемента, и определение атомной структуры цементных соединений исключительно важно для экономного использования цементного сырья.

протяжении последних 40 лет. Ответственное превращение претерпела и работа новых кристаллографов.

И все же главное место сейчас на нашей кафедре и в Институте кристаллографии АН СССР занимает выращивание кристаллов, на которые предъявляет спрос промышленность. Возьмем кристаллы обычного корунда, которые помещаются, например, в часовом механизме («часы на 17 или 22 камнях»). Так как эти камни очень мелкие, их обычно подкрашивают путем введения окиси хрома, и тогда они называются уже рубинами. Синтетические рубины сейчас несколько не хуже естественных, и потребность в них значительна (а если иногда бывает спрос на естественные рубины, то они распознаются именно потому, что у них больше специфических недостатков, которых нет в искусственных кристаллах).

Было сказано, что кварцевые пластинки, вырезанные из кварца, имеют громадное значение во всех органах связи, в радиоделе. Каждая страна, каждое правительство сейчас гордится своими крупными заводами кварца. Если еще 20 лет назад около 80—85% нужного кварца поставлялось за счет естественных кристаллов (основным поставщиком остается Бразилия, у нас хороший кварц есть на Урале), то сейчас уже, наоборот, спрос промышленности на 80% удовлетворяется синтетическим кварцем. Мы умеем выращивать кристаллы очень больших размеров. В наших автоклавах, герметически закрытых камерах, где поддерживаются высокие температура и давление, удается выращивать чистейшие кристаллы кварца до 20 кг весом, т. е. пуд с четвертью. В природе иногда можно встретить хорошо ограненные кристаллы кварца весом до 1 т, но это обычно не чистый кварц.

Долгое время считалось, что все-таки природные кварцы чище или из них можно варварским приемом выделить очень чистый материал, но в последнее время производители кварца утверждают, что искусственные кристаллы ничуть не хуже природных. Правда, чтобы получить такие высококачественные кристаллы, требуется период до полутора лет. Тут, конечно, много парадоксального,

и вопрос решает экономика. Непоглощающееся кварцевое стекло получается из кварцевого песка. Но оно будет еще лучше, если несколько малоудовлетворительных кварцевых кристаллов, полученных в автоклавах, к сожалению, подвергнуть разрушению и из них сварить кварцевое стекло. Линзы, приготавливаемые для астрономических инструментов, делаются именно из такого кварцевого стекла. Это очень дорого, но оправдывается.

Очень важную роль играют так называемые николи (основные части поляризационного микроскопа), выделяющиеся из той формы природного кальцита, которая называется исландским шпатом. До сих пор он считался специфическим материалом Исландии, но, конечно, и там запасы истощаются. И тут кристаллографы-ростовики приняли в этом активное участие. Теперь мы начинаем растить хорошие кристаллы исландского шпата, высококачественного кальцита, т. е. всего-навсего лишь углекислого кальция с его исключительными оптическими достоинствами.

Стоит упомянуть о таком обычном минерале, как слюда. Создана прямо индустрия по изготовлению искусственной слюды. Чем это вызвано? В природной слюде принимают участие и гидроксил (группа OH) и фтор. Гидроксил, это производное воды, портит качество слюды. В искусственной же слюде мы не имеем совсем гидроксидов, один только фтор, и поэтому за такие «неотсыревающие» пластинки радиопромышленность готова платить в десятки раз больше, чем за пластинки натуральной слюды. Это коммерческая, но очень важная основа современной кристаллографии.

Для нас, людей науки, существенная другая «специальность» кристаллографии. Это — использование кристалла как фотокамеры для заснятия собственной внутренней структуры. Физика давно знает дифракционные решетки, с помощью которых решаются важнейшие вопросы оптики. Кристалл же оказался трехмерной решеткой. Основа современной физики — это волновая механика. Нам очень хорошо знакомы волны на море, озере; мы говорим, что они двумерные, т. е. распространяются только на поверхности. А волновая механика за-

нимается трехмерными волнами. Их представить себе гораздо труднее. Так вот, кристаллы и есть такое вещество, которое способно порождать трехмерные волны, или, как говорится, их генерировать.

Итак, мы ценим кристалл, поскольку он дает возможность увидеть, что делается внутри него. И тут мы возвращаемся к аналогии.

Еще Е. С. Федоров, один из создателей новой мировой кристаллографии, указал на сходство между кристаллом и обоями. Рисунок в обоях размножается единой двумерной решеткой, что создает впечатление бесконечного поля. И искусство маляра состоит в том, чтобы правильно наклеить отдельные куски, не нарушив этой решетки. Представить себе такую решетку просто. Берем самые пестрые детские обои, например, с изображением зверей (слонов, собак, львов, тигров) и различных предметов (зонтиков, игрушек — мальчиков, девочек и т. д.). Накладываем на обои кальку и крестиками отмечаем на ней, скажем, всех слонов. Нетрудно увидеть, что на кальке выступает голая сетка (прямоугольная, параллелограмматическая). Сдвигаем эту кальку так, чтобы под крестиком оказалась, скажем, голова девочки. Сразу увидим, что и под всеми остальными крестиками появятся головы девочек. Можно повторить эту операцию сдвига и увидеть под всеми крестиками, например, всех собак и т. д.

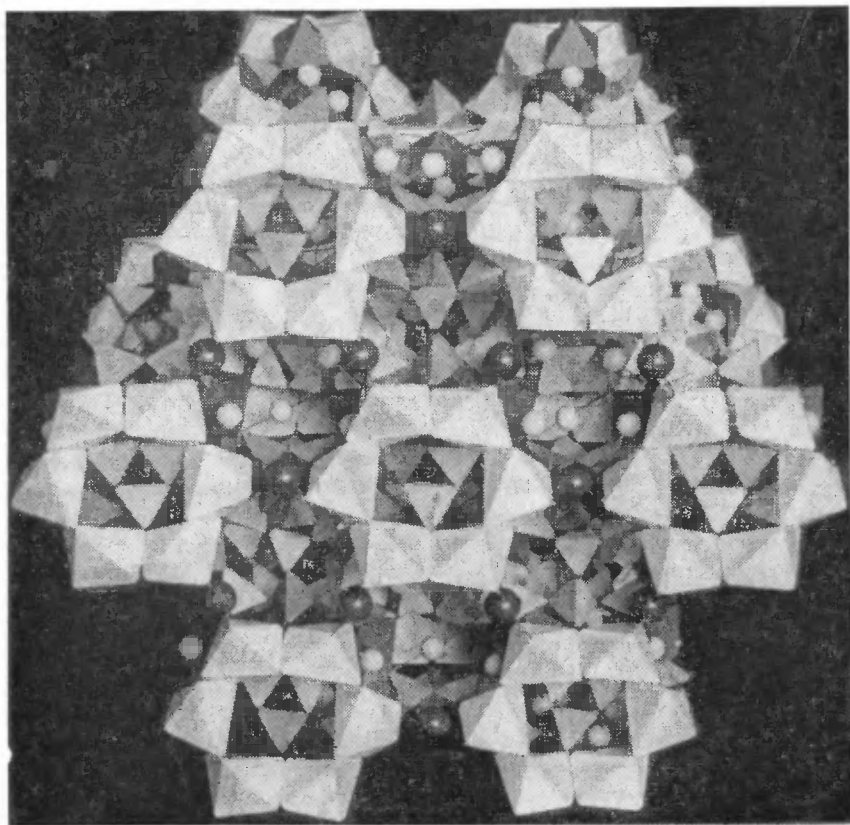
Таким образом примерно построены и кристаллы, только не в двумерной решетке, а трехмерной. И попавши мысленно одним крестиком трехмерной решетки в атом натрия, мы под всеми другими крестиками решетки увидим только натрий; сдвигом трехмерную кальку так, чтобы ее крестик совпал с атомом кремния, и тут же под всеми крестиками окажутся атомы кремния и т. д. Это примерно дает представление о том, как мы должны мыслить себе кристалл, и именно такое решетчатое строение позволяет при помощи рентгеновских лучей заснять его.

Химии и физике очень желательно не просто услышать, что состав, скажем, граната $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$, а найти точное взаимное положение отдель-

ных элементов. И это дает нам рентгеновский анализ.

Исключительно велико значение рентгеновского анализа в минералогии. Известно, что 95% в земной коре составляют силикаты. И вот с ними химия просто не могла справиться. Когда еще царствовала «мокрая» аналитическая химия, химик умел определить калий, натрий, железо, магний и все прочее, но не кремний. И потому все, что оставалось, называлось SiO_2 — кремнеземом. Долго у нас были очень смутные представления о строении силикатов. Но за последние 50 лет мы получили через кристаллографию стройную химию силикатов, с расположением атомов кремния и т. д., различными их группировками, и применили ее к объяснению важнейших явлений природы.

Образование минералов каменного царства начинается с того, что находящаяся в глубине расплавленная масса магмы, попадая в условия более низких температур и давлений, начинает выделять из себя кристаллизированные минералы. Сейчас мы имеем достаточно точную картину, что при этом происходит. Постепенно в результате круговорота событий, происходящих на земной поверхности, выброшенные из глубин массы подвергаются выветриванию, или дезинтеграции, и отдельные составные части в конце концов поступают в море, где и осаждаются. А затем эти осадки опускаются вниз, где встречаются с горячими массами из внутренних областей Земли, и тут на контактах происходит очень много интересных процессов. Как будто это одно и то же, что было в самом начале, но и не совсем то: если в начале основную роль играли магний и железо, то теперь на первый план выдвигается кальций и его простейшее соединение — кальцит. И тогда процессы на контактах очень напоминают то, что происходит при цементировании, или при схватывании бетона. Чтобы познать эти процессы, мы прибегаем к помощи современной кристаллохимии, современной кристаллографии на основании того, что мы знаем о внутреннем строении кристалла. Мы не можем процесс наблюдать, но мы знаем, что было до него, что после. И в этом большие заслуги наших кри-



Структура звидиалита — «лопарской крови», — обильно представленного в Хибинских и Лавозерских тундрах, с большим содержанием жаропрочного циркония и с необычными девятёрными кольцами из кремнекислородных тетраэдров. Эта сложнейшая структура исключительно долго оставалась загадкой для всех кристаллографических лабораторий и разрешена лишь в 1972 г. в Институте кристаллографии АН СССР, а тремя месяцами позже — в Итальянском структурном центре.

сталлохимиков, современных кристаллографов.

Итак, перед нами кристаллограф нового толка, или кристаллохимик, как мы себя называем. Но, говоря о кристаллохимии, нельзя думать, что у кристаллов есть своя химия. Кристаллы — это лишь прекрасные фотокамеры, которые позволяют узнать, что делается внутри кристалла как химического соединения, и мы не сомневаемся, что так же ведут себя атомы в жидкости и газообразном состоянии. Поэтому кристаллохимия как наука самостоятельная — это лишь

система, помогающая разбираться в фотоснимках, которые делаются при помощи кристаллов.

Я главным образом останавливался на достижениях кристаллохимии в области минералогии, в области силикатов, но кристаллография очень сильна и, допустим, в Институте неорганической химии АН СССР, где занимаются другими веществами, в основном платиной, никелем, кобальтом, специально в своих химических целях. Очень сильна кристаллохимия, или рентгеноструктурный анализ, в обычной органической химии. Для меня кристаллохимия, методы рентгеновского анализа нужны также для постижения искусственных минералов и веществ, близких к природным, и прежде всего, цемента, керамики и стекла. Существует сильный рентгеноструктурный анализ на кафедрах физики. Их в основном интересуют металлургические сплавы и фазы. Примерно тем же занимается кристаллография в Институте металлургии АН СССР или Институте материаловедения АН УССР.

Таким образом, кристаллохимия, рентгеноструктурный анализ — сильный метод познания вещества, который не может быть привилегией одного института, мы имеем разную кристаллохимию в минералогии, геологии, в органической и неорганической химии и даже в металлах. И это естественно.

До сих пор мы продолжаем собирать массу опытного материала. Для каждого соединения мы хотим узнать его атомную структуру со всеми межчастичными расстояниями и т. д. Но у нас еще много прорывов. Мы стараемся возможно упростить или ускорить собирание экспериментального материала. Познаем внутреннее состояние вещества при помощи рентгеновских лучей, снимаем кристалл, и с помощью математического проявителя превращаем снимок в точное описание структуры. Но это очень сложный математический проявитель.

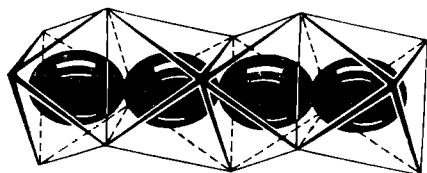
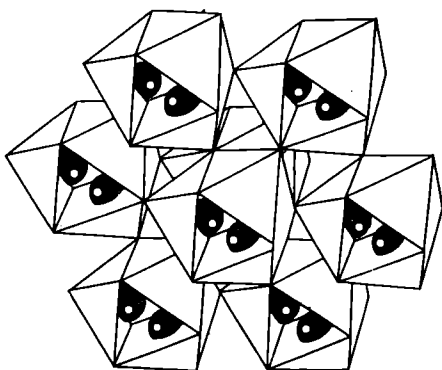
Как известно, в телевизионной камере весь рисунок составляется из отдельных точек. Так и мы получаем отдельные «точки» — рефлексы, или, как мы говорим, пятна. Сейчас все мы строим мощные автоматические аппараты, которые позволяют за одну-две недели получить до 6 тыс. нужных рефлексов. А потом машина превращает эти рефлексы в связную структуру при удаче за 5—6 часов, но иногда это тянется очень долго. Наша лаборатория только два года назад, наконец (после 30 лет!), решила структуру звидиалита — прекрасного кристалла ярко-малинового цвета (в Хибиных он имеет название «лопарская кровь»). Сейчас мы кончили очень важную для цемента работу по структуре так называемого трехкальцевого силиката. Многие структурщики английских, немецких, а также японских лабораторий и мы с ними пытались разрешить эту структуру на протяжении 20 лет. Структура была очень трудная: мы имели 9 тыс. рефлексов, симметрия очень низкая и все же нам удалось ее расшифровать.

Итак, пока мы главным образом собираем описательный материал и пытаемся его объять единой теорией. Я имею удовольствие на кафедре кристаллографий читать курс «Кристаллохимическая история развития

земной коры): в какие соединения сочетаются элементы на первых порах своего образования, на второй стадии, на третьей и т. д. Простые кристаллохимические концепции (например, такая, что каждый атом имеет свой определенный радиус) позволяют понять, почему каждая простая порода состоит из двух сортов минералов — светлых, лейкократовых, и темных, меланократовых, как это автоматически само собой получается. Почему в тех процессах, которые проходят при кристаллизации выделившейся магмы, основную роль играет элемент магний, в процессах же осадкообразования и дальше на контактах основная роль переходит к кальцию. И так как кальций составляет основу цементных силикатов, то выходит, что решение проблемы осадкообразования, столкновения с горячими массами — имеет одно и то же решение, которое надо искать в цементной практике.

Есть еще один вопрос, в котором я, быть может, играю негативную роль. Еще Е. С. Федоров сказал, что кристаллы «блещут симметрией». Прекрасные образцы минералов, которые украшают наши музеи, поражают своей симметрией. Многие превозносят роль симметрии, говоря, что кристаллография — наука самостоятельная потому, что у нее есть свой метод, метод симметрии. Мы сейчас более холодно относимся к этому. Главное, что кристалл имеет строение по закону решетки и это позволяет его заснять. А то, что у него есть еще и симметрия, конечно, интересно, но не это главное.

В эпоху «деревянной» кристаллографии мы считали главной симметрию, двойные, тройные, четвертные оси, шестерные оси, очень гордились теоремой, что невозможны пятерные оси. А с другой стороны, если мы перейдем к белкам, к розам, вишнево-му цвету, то там пятерные оси очень сильно проявляются. Существуют всякие плоскости симметрии — зеркальные, скользящие и т. п. И время от времени мы любим заниматься перечислением, какие симметрии возможны, какие невозможны. Наряду с обычной симметрией, автор и его ученики построили черно-белую, плюс и минус симметрию — всего



Вверху — структура пирротина (FeS) с частичной металлической связью (черные эллипсоиды) между атомами железа в октаэдрах. Такое строение разрешает замену в октаэдрах на медь и никель, но препятствует попаданию туда соседнего по периодической системе цинка. Внизу — структура миллерита (NiS) с атомами никеля (черные шарики) в полукристаллах, из которых они «выглядывают» и тем самым организуют металлическую связь между тройками атомов никеля.

1651 разновидность. И сейчас для многих кристаллография и учение о симметрии — эквивалентны. Но для нас, кто занимается внутренним строением кристалла, самое главное в его покое на решетке статике и динамике.

Мы должны узнать строение каждого вещества, а их несколько миллионов. Если мы даже в год определяем тысячу, нам понадобится 3 тыс. лет. Много и в геологии нерешенных вопросов. Мы претендуем на то, что с помощью кристаллографии и кристаллохимии мы покрываем геохимический отдел геологии, такие науки, как минералогия и петрография, геохимия, но есть еще «макро» геологические науки, которые оперируют не отдельными кристалликами, а целыми массами горных пород, — это динамическая и историческая геология,

почвоведение, грунтоведение, мерзотоведение и т. д. Сюда мы еще не очень пытаемся врываться, как это делаем в случае образования кристаллов из магмы и т. п., но перспективы тут огромны. Трудно говорить о грядущем, конечно, поскольку сегодня иной раз невозможно предвидеть, что будет завтра. Возьмем пример математики. Что может быть красивее эллиптических функций, а, с другой стороны, они никому сейчас не нужны. Вместе с тем уже в следующем году им могут найти применение.

Уже было сказано, что кремний очень плохо поддается аналитической химии. И лет 10—15 назад мы объявили, что кремний — это страшно инертный, ленивый элемент. Это значило, что основу структуры делают другие элементы — кальций, магний и к этой основе кремнекислородный радикал только приспосабливается. Но тут же возникает вопрос: раз кремний так легко приспосабливается, значит он по существу очень активен. А отсюда вытекают важные последствия для практики. Минералоги знают, что все силикатные структуры составлены из тетраэдров SiO_4 , но кислород всегда одновременно участвует еще в других тетраэдрах. И у нас начинают говорить: происходит силификация, окремнение, другими словами, из SiO_2 вырывается тетраэдр SiO_4 . Но как же он может вырваться, если при этом он покалечит соседние четыре тетраэдра? Конечно, такое представление неверно. Приходится констатировать, что если статическая роль тетраэдра SiO_4 несомненна, то динамическая роль принадлежит только молекуле SiO_2 . Раз процессы проходят при больших давлениях и больших температурах, важно определить, есть ли там между сплошными массами место для молекулы SiO_2 . Был обоснован очень простой механизм, объясняющий, каким образом молекула SiO_2 перескакивает из одного твердого тела в другое, т. е. от статики мы перешли к динамике, к кинематике. Мы надеемся, что будем видеть, как природный процесс происходит и не будем строить его по одной статике, только по начальному состоянию и по конечному.

Переходное излучение и переходное рассеяние

Академик В. Л. Гинзбург



Виталий Лазаревич Гинзбург возглавляет Отдел теоретической физики им. И. Е. Тамма Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР. Ему принадлежат важные результаты в области теории распространения волн в ионосфере, происхождения космических лучей, радиоастрономии, теории сегнетоэлектрических явлений, теории сверхпроводимости и сверхтекучести, оптики, теории излучения (эффект Вавилова—Черенкова, переходное излучение и т. д.), астрофизики и др. Лауреат Ленинской премии и Государственной премии СССР.

Когда заряженная частица (например, электрон) движется в вакууме, она излучает электромагнитные волны только в том случае, если претерпевает ускорение, скажем под действием внешнего магнитного поля или при соударении с другой частицей. Если же она не ускоряется, а движется равномерно и прямолинейно (в инерциальной системе отсчета), частица не излучает. Такова одна из азбучных истин физики. Но, как и во многих других случаях, эта кажущаяся такой простой и ясной истина в действительности довольно сложна и многогранна.

Если не упоминать о еще более ранних замечаниях О. Хевисайда и В. Кельвина, первое серьезное посвящение на утверждение об отсутствии излучения при равномерном движении заряда совершил в 1904 г. известный немецкий физик А. Зоммерфельд. Он рассмотрел на основе уравнений электродинамики (уравнений Максвелла) движение заряженного шарика в вакууме с постоянной скоростью v и пришел к выводу, что излучение отсутствует, лишь пока скорость v меньше скорости света c . Если же v больше c , излучение появляется, причем оно весьма своеобразно — нормали к волнам образуют круговой конус, угол раствора которого θ удовлетворяет условию $\cos\theta = c/v$. В соответствии со сказанным, это условие излучения соблюдается лишь для скорости v , большей или равной скорости света, так как в противном случае $\cos\theta$ был бы больше единицы.

Но не успела работа Зоммерфельда подвергнуться широкому обсуждению, как в 1905 г. появилась специ-

альная теория относительности. А из релятивистской динамики сразу же становится ясно, что тело нельзя ускорить до скорости, равной c , так как масса тела возрастает с его скоростью по закону $m^* = m/\sqrt{1-v^2/c^2}$ и при приближении v к c стремится к бесконечности. Таким образом, отпала, казалось бы, и возможность движения источника со сверхсветовой скоростью в вакууме. Лишь несколько лет назад это утверждение было пересмотрено. Во-первых, начали рассматривать гипотетические частицы — тахионы, которые обладают, можно сказать, массой $m^* = m/\sqrt{v^2/c^2 - 1}$ и могут двигаться только со скоростью v , большей c (в противном случае масса тахиона оказалась бы мнимой). Тахионам посвящена уже большая литература¹, но они не только не обнаружены, но и сама возможность их существования крайне сомнительна, так как это, видимо, привело бы к нарушению принципа причинности (таково, по крайней мере, наиболее распространенное мнение, которое я разделяю). Во-вторых, в 1971 г. автор настоящей статьи вспомнил такой давно известный факт: теории относительности ни в какой мере не противоречит возможность движения различных возмущений (скажем, световых пятен — «зайчиков» — на экране) со сколь угодно большими скоростями. В качестве примера можно указать на то, что импульс излучения от пульсара NP 0532 в знаменитой Крабовидной туманности бежит по поверхности Земли со скоростью около 10^{24} см/с, т. е. примерно в 40000 млрд

¹ См.: Эйнштейновский сборник 1973. М., «Наука», 1974, с. 84—200.

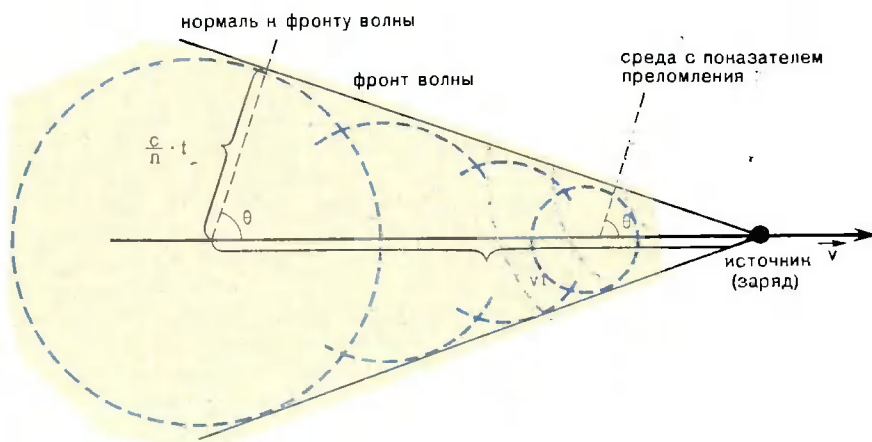


Рис. 1. Излучение Вавилова — Черенкова. Условие излучения $\cos \theta = c/nv$ соответствует фазировке волн, излучаемых вдоль траектории источника, ct/n — путь, проходимый светом за время t ; vt — путь, пройденный источником за время t .

раз превосходящей скорость света (пульсар делает ≈ 33 оборота в секунду и находится на расстоянии $R \approx 6 \cdot 10^{21}$ см, откуда скорость «зайчика» $v = 2\pi vR \approx 1,2 \cdot 10^{24}$ см/с, где v — частота оборотов/с).

Такой «зайчик» нельзя использовать для передачи информации, например между разными точками земной поверхности (поэтому и нет противоречия с теорией относительности). «Зайчик» состоит из совокупности частиц (фотонов) и, если не иметь в виду тахионы, никак не может состоять из одной частицы. Но аналогичный «зайчик» (в случае, например, когда он создается заряженными частицами, падающими на металлическую поверхность) вполне способен излучать волны — он может играть роль излучателя в теории Зоммерфельда¹.

Однако излучающие сверхсветовые «зайчики», не говоря уже о тахионах, это все же некоторая экзотика, а подлинно важное излучение при равномерном движении источника было открыто в 1934 г. С. И. Вавиловым и П. А. Черенковым и теоретически осмыслено в 1937 г. И. Е. Таммом и И. М. Франком. Это излучение получило название черенковского (в СССР мы употребляем, правда, термин «излучение Вавилова — Черенкова»). За его открытие и объяснение была присуждена Нобелевская премия 1958 г. по физике.

Черенковское излучение на частоте ν возникает, когда заряд (или другой источник, скажем магнитный диполь) движется в прозрачной среде со скоростью v , превосходящей фазовую скорость c_ϕ электромагнитных волн с рассматриваемой частотой ν . Как известно, $c_\phi = c/n$, где c — скорость света в вакууме и $n(v)$ — показатель преломления среды на рассматриваемой частоте ν . При этом излучение распространяется (речь идет о нормали к волновым фронтам) под углом θ к траектории (рис. 1), причем $\cos \theta = c_\phi/v = c/(n v)$. Очевидно, это условие отличается от условия излучения в вакууме лишь заменой c на $c/n(v)$. Но эту замену, а физически — переход от равномерного движения в вакууме к такому же движению в прозрачной среде, никто не догадался сделать за целые десятилетия (даже если вести отсчет лишь от работы Зоммерфельда)! Сделано же это было, можно сказать, под давлением эксперимента в ходе попыток объяснить наблюдения Черенкова.

Кстати сказать, выражение $\cos \theta = c_\phi/v$ давно и хорошо известно в акустике (условие Маха), где роль фазовой скорости света c_ϕ играет скорость звука, а v — скорость источника звука (скажем, пули). Это и неудивительно, поскольку обсуждаемое условие излучения носит, по сути дела, кинематический характер — это условие интерференции (фазировки) волн любой природы, испускаемых источником вдоль его траектории (см. рис. 1). Такой же результат следует из законов сохранения энергии и импульса для частицы и излучаемых

ее волн (при учете импульса, передаваемого среде)¹.

Мы лишь бегло остановились на вопросе об излучении, возникающем в однородной среде при равномерном движении сверхсветового источника, поскольку тема настоящей статьи иная². Именно, мы хотим ответить на вопрос: а что если скорость источника — досветовая (т. е. меньше фазовой скорости света $c_\phi = c/n$)? Не может ли равномерно движущийся источник излучать и в этом случае?

Переходное излучение

Ответ на такой вопрос был дан И. М. Франком и автором еще тридцать лет назад — в 1944 г. Ответ положительный и связан с возможным появлением излучения, которое мы назвали переходным.

¹ Гинзбург В. Л. — «УФН», 1973, т. 110, № 2, с. 309.

² По этой причине изложение выше велось, можно сказать, в весьма упрощенном виде. Фактически Зоммерфельд, по-видимому, совсем не руководствовался акустической аналогией и условием для конуса Маха. В форме $\cos \theta = c/v$, в применении к электромагнитным волнам, это условие появилось и было положено в основу всего рассмотрения в работе И. Е. Тамма и И. М. Франка. Более того, подход этих авторов к интерпретации соответствующих экспериментов встречал вначале возражения, что является лишним свидетельством не trivialности теории эффекта Вавилова — Черенкова в период ее создания (подробнее см.: Франк И. М. Проблемы теоретической физики. Сб. статей. Памяти И. Е. Тамма. М., «Наука», 1972, с. 350).

¹ См.: Болотовский Б. М., Гинзбург В. Л. — «УФН», 1972, т. 106, с. 577; Эйнштейновский сборник 1972. М., «Наука», 1974, с. 212.

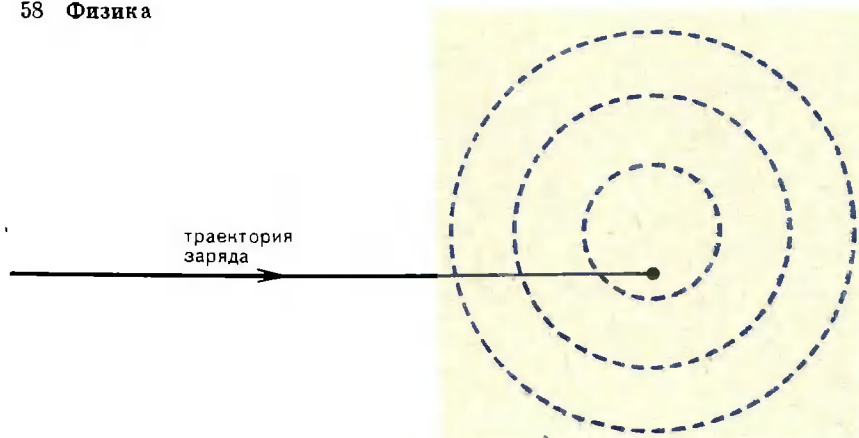


Рис. 2. Излучение при резкой остановке заряда.

Почему заряд, равномерно движущийся, но с досветовой скоростью, не излучает? Это легче всего объяснить в случае движения заряда в среде, когда можно считать, что вдоль своей траектории заряд производит возмущения атомов среды; таким образом, каждый атом становится центром вторичных волн, которые затем распространяются и интерферируют. При досветовой скорости заряда волны, исходящие от разных частей траектории, гасят друг друга. Если же $v > c_{\text{ф}}$, они, напротив, находятся в фазе, и получается суммарный эффект. До создания теории относительности считали, что вакуум подобен некоторой среде, носившей название эфира. С точки зрения представления об эфире отсутствие излучения равномерно движущегося (со скоростью $v < c$) источника в вакууме объясняется так же, как это сделано выше в случае среды (такой подход получил название принципа Гюйгенса). Если же не вводить понятие об эфире, отсутствие излучения можно объяснить и иным образом, но это сейчас неважно. Важно то, что принцип Гюйгенса хорошо «работает» при описании излучения в вакууме и совсем уж нагляден для случая излучения в среде.

При таком подходе сразу же легко понять, почему заряд излучает, если он ускорен. Дело просто в том, что вторичные волны, испускаемые с разных частей траектории заряда, уже не гасят друг друга. Пусть, например, заряд сначала равномерно двигался с нерелятивистской скоростью, а затем резко затормозился

и остановился (рис. 2). Тогда вторичные волны, испускаемые почти со всей траектории, будут гаситься, но конец траектории (точнее, область около конца траектории с размерами порядка длины излучаемой волны) окажется источником волн, уходящих от заряда. В общем случае, если скорость заряда изменяется даже незначительно, какое-то излучение всегда возникает (такое излучение при столкновении заряженных частиц называют тормозным, но при ускорении частицы в результате действия внешнего магнитного поля излучение именуют магнитотормозным или, для релятивистских частиц, — синхротронным излучением). Картину можно описать и так: при изменении скорости заряд как бы «стряхивает» с себя некоторую часть окружающего его электромагнитного поля.

Фактически, однако, дело не в изменении v , а в изменении отношения $v/c_{\text{ф}}$. В вакууме, конечно, фазовая скорость волн $c_{\text{ф}} = c$ и всегда одинакова, в силу чего все и сводится к изменению скорости заряда. Но в среде $c_{\text{ф}} = c/n(v)$, и излучение возникает именно при изменении отношения $vn(v)/c$. Отсюда сразу же очевидно, что излучение появляется и при постоянной скорости v , если вдоль траектории заряда изменяется показатель преломления $n(v)$. Именно подобная ситуация складывается, например, при пересечении частицей (зарядом) границы раздела вакуума со средой или границы раздела двух разных сред. Как раз такой простейший тип переходного излучения и был рассмотрен вначале. Но в общем

случае переходное излучение «в чистом виде» (т. е. без одновременно возникающего тормозного и черенковского излучения) появляется всегда, когда источник равномерно движется с досветовой скоростью в среде, свойства которой изменяются в пространстве и (или) во времени.

Быть может, приведенное объяснение нефизикам покажется все же формальным. Как поэтому, так и из независимых соображений поясним природу переходного излучения другим способом на таком частном примере. Пусть электрон в процессе своего равномерного движения переходит из вакуума в металл (рис. 3, вверху). Для радиоволн, инфракрасных лучей и видимого света достаточно гладкая металлическая поверхность представляет собой прекрасное зеркало. Более того, в хорошем приближении это зеркало можно охарактеризовать более физическим эпитетом — назвать идеальным, т. е. полностью отражающим падающее на него излучение. При подходе к зеркалу человек видит свое приближающееся изображение. Точно так же падающий на зеркало электрон «видит» в зеркале движущееся ему навстречу его собственное изображение, эквивалентное позитрону. В точной формулировке это означает следующее. Электромагнитное поле в вакууме, создаваемое зарядом — (электроном), падающим со скоростью v по нормали на идеальное зеркало, равно (в вакууме) полю самого этого заряда (как если бы он был один во всем пустом пространстве) плюс поле его изображения — за-

ряда $+e$ («позитрона»), движущегося в зеркале¹. Но что произойдет дальше, когда электрон достигнет границы зеркала? Очевидно, он пересечет границу и дальше будет двигаться в металле. Однако поле заряда, находящегося в металле, практически полностью экранируется электронами проводимости уже на весьма малых (атомных) расстояниях. Поэтому в вакууме картина будет такой: как электрон, так и его изображение («позитрон») при пересечении границы как бы исчезают, аннигилируют. Поэтому и излучение в вакууме возникнет такое же, как при мгновенной остановке двух зарядов $-e$ и $+e$ в одной точке (рис. 3, внизу). Такое описание, правда, пригодно лишь для волн, для которых зеркало можно считать идеальным (в известном приближении это справедливо в радиодиапазоне и в оптике).

Но в этих пределах, как мы видим, переходное излучение эквивалентно тормозному излучению в случае резкой остановки в одной точке движущихся навстречу друг другу зарядов $-e$ и $+e$. Полная излученная при этом энергия в единичном интервале частот ν равна $8e^2\nu^2/3c^3$, что вдвое больше, чем при резкой остановке одного заряда $+e$ или $-e$ в свободном пространстве (в случае остановки движущихся навстречу нерелятивистских зарядов $-e$ и $+e$ их поля складываются, а плотность энергии поля учетверяется; с другой стороны, в рассматриваемом случае переходного излучения поле имеется только в половине пространства — в вакууме).

После того как электрон попадает в металл, он начинает тормозиться (сталкиваясь с ионами решетки и с другими электронами), в силу чего появляется и тормозное излучение. Но для электронов с достаточно большой энергией (равной, скажем, 1 кэВ и больше) роль тормозного излучения, наблюдаемого вне металла, мала — электрон быстро уходит в глубь вещества, откуда излучение наружу

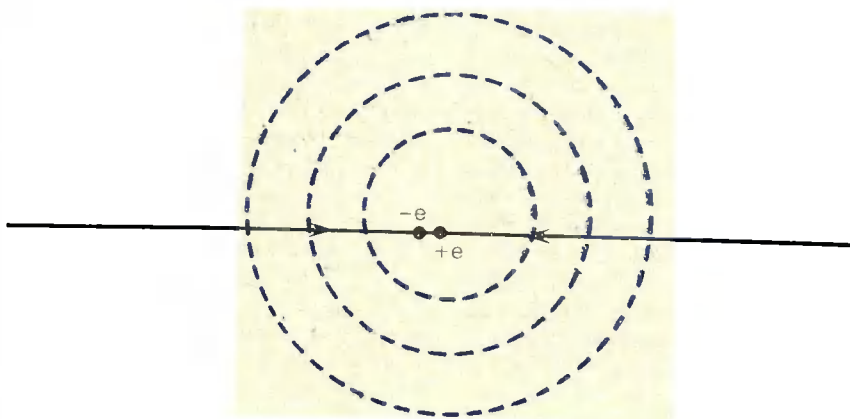
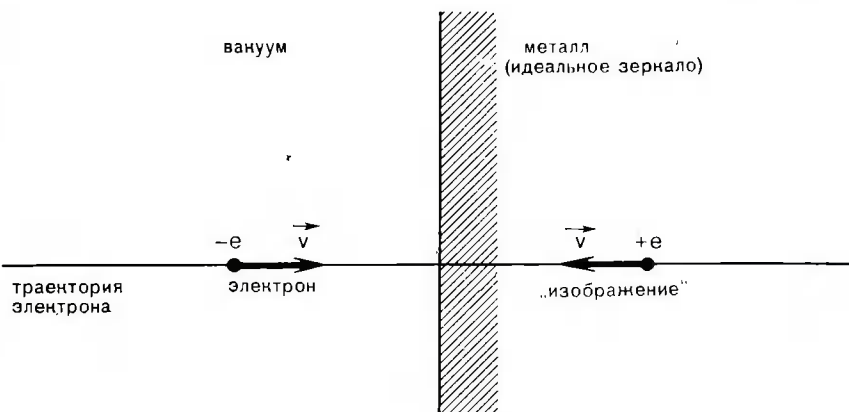


Рис. 3. К пояснению природы переходного излучения при падении электрона на идеальное зеркало.

не выходит. Если же на зеркало падают протоны или еще более тяжелые частицы, тормозное излучение еще меньше, так как для более тяжелых частиц ускорение в результате соударений значительно меньше, чем для электронов. В то же время переходное излучение от массы частицы не зависит.

Кстати сказать, на первый взгляд кажется, что при наличии излучения (черенковского или переходного) некоторые наши рассуждения неверны: ведь движение частицы не может быть равномерным и нужно принимать во внимание ускорение. Это, од-

нако, не так. Во-первых, в принципе всегда можно компенсировать потери на излучение и обеспечить равномерное движение частицы. Во-вторых, если энергия частицы достаточно велика по сравнению с потерями на излучение, то роль этих последних оказывается совершенно несущественной. Таким образом, приближение, при котором движение источника считается равномерным даже и при наличии излучения, имеет широкую область применения.

Итак, можно утверждать, что именно переходное излучение — основной, доминирующий механизм свечения при падении электронов на поверхность металла. Более того, сейчас ясно, что такое свечение уже да-

¹ Фактически, конечно, поле, отвечающее заряду $+e$ (изображению), создается положительным зарядом, возникающим на поверхности зеркала под действием заряда $-e$ (т. е. электрона, находящегося в вакууме).

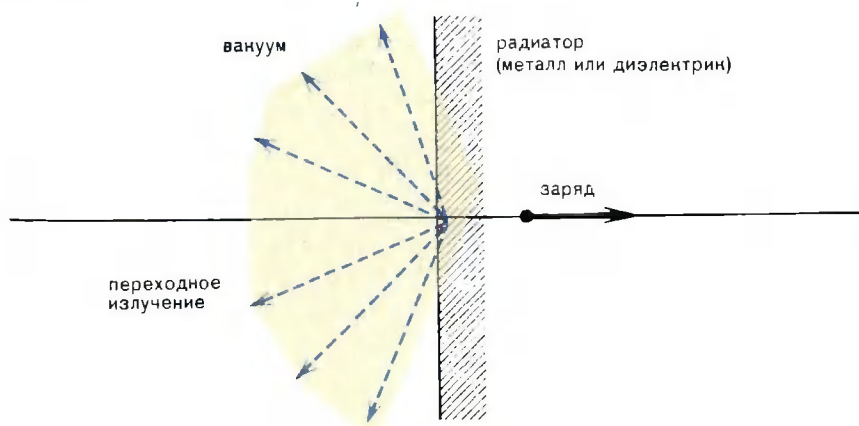


Рис. 4. Переходное излучение «назад».

но наблюдалось на анодах рентгеновских трубок. Но тогда природа свечения выяснена не была, хотя переходное излучение представляет собой достаточно ясный классический (не квантовый) эффект, свойства которого сразу же получаются из анализа уравнений Максвелла¹. Трудно сомневаться в том, что препятствием для понимания послужила здесь глубоко укоренившаяся уверенность, что равномерно движущийся заряд излучать не может. Впрочем, в 1945—1946 гг., когда была опубликована статья И. М. Франка и автора, такого предубеждения уже не могло быть, но все равно на переходное излучение долгое время не обращали внимания.

Первые, хотя и весьма несовершенные результаты наблюдений переходного излучения были опубликованы только в 1959 г. П. Гольдсмитом и Дж. Джелли, использовавшими протоны с энергией от 1 до 5 МэВ. В последовавшем затем потоке исследований применялись в основном электроны с энергией от нескольких до сотни кэВ. Еще ранее, а тем более после появления экспериментальных

данных было опубликовано большое число статей, в которых теория переходного излучения была распространена на случай пластинок или пленок, наклонного падения заряда и т. п. Хорошее согласие теории с опытными данными (имеющее место во всех случаях, когда такое сравнение оправдано условиями расчета или эксперимента) не может, разумеется, вызывать удивление — речь ведь идет о достаточно простом эффекте. Центр тяжести проблемы, естественно, переместился поэтому в другую плоскость — встал вопрос о возможности использовать переходное излучение для каких-либо целей, в первую очередь в физике. Так было и с излучением Вавилова — Черенкова: этот эффект с точки зрения непосредственных приложений интересен в первую очередь в связи с созданием соответствующих счетчиков, широко используемых в физике высоких энергий.

Счетчики на переходном излучении

Самое слабое место черенковских счетчиков состоит в том, что для ультрарелятивистских частиц, когда скорость v очень близка к c , характеристики счетчика почти не зависят от энергии. Поэтому создание счетчиков нового типа, позволяющих не только регистрировать, но и измерять энергию релятивистских частиц, давно стало и остается до сих пор актуальной задачей. Естественно было подумать о возможности применения для этой цели и переходного излучения.

На первый взгляд, однако, создание счетчика на переходном излучении («переходного счетчика») не кажется особенно перспективным. Во-первых, полная (просуммированная по углам и по частотам) интенсивность переходного излучения от одной границы раздела двух сред весьма мала — грубо говоря, фотон переходного излучения испускается с вероятностью порядка постоянной тонкой структуры $\alpha = 2\pi e^2/\hbar c = e^2/\hbar c \approx 1/137$, т. е. для испускания одного фотона частица должна пересечь около сотни границ! Во-вторых, если регистрировать переходное излучение «назад» (рис. 4), оно сосредоточено в оптической части спектра, причем полная его интенсивность для ультрарелятивистских частиц лишь очень медленно (логарифмически) растет с энергией. Точнее, логарифмически растет с энергией полная (для всех углов) интенсивность излучения в заданном (скажем, в единичном) интервале частот; однако излучение «назад» значительно лишь в оптической части спектра, в силу чего частотный интервал используемого излучения ограничен, его нельзя увеличить.

Первое затруднение можно, правда, преодолеть, наблюдая переходное излучение от стопки из большого числа пластинок — для релятивистских частиц их можно без потери интенсивности сделать из плотного прозрачного материала (разделенного, скажем, промежутками, заполненными воздухом). Но другие затруднения остаются, и, по-видимому, счетчики на оптическом переходном излучении интереса не представляют. Новые возможности стали ясны после

¹ Сказанное справедливо и в отношении эффекта Вавилова — Черенкова (соответствующее свечение жидкостей под действием лучей наблюдалось и даже изучалось до П. А. Черенкова). Однако до тех пор, пока лишь наблюдается, например, некоторое свечение, но ни с экспериментальной, ни с теоретической стороны не выявлена специфика этого свечения (не осознано, что речь идет не о каком-то уже давно известном явлении, скажем люминесценции), не приходится, конечно, говорить об открытии нового эффекта.

того, как в 1959 г. Г. М. Гарибян и К. А. Барсуков обратили внимание, что (как это следует из общего выражения для интенсивности переходного излучения) полная интенсивность переходного излучения для ультрарелятивистских частиц возрастает пропорционально энергии частицы E за счет излучения все более и более жестких фотонов. Конкретно, переходное излучение в этом случае простирается вплоть до частоты порядка $\nu_{\max} = \nu_p / \sqrt{1 - v^2/c^2} = \nu_p (E/mc^2)$, где $\nu_p = 1e^2 N / \pi m_e \approx 9 \cdot 10^3 \sqrt{N}$ Гц — плазменная частота среды, причем N — полная концентрация всех электронов (заряд e , масса m_e) в этой среде; в твердом теле, например в стеклах, концентрация $N \sim 10^{24}$ см $^{-3}$ и плазменная частота $\nu_p \sim 10^{16}$ Гц, чему отвечает длина волны $\lambda_p = c/\nu_p \sim 3 \cdot 10^{-6}$ см = 300 Å или энергия фотонов $h\nu \sim 30$ —50 эВ. В очень легких веществах (например, в графите) частота ν_p несколько меньше. Другими словами, речь идет о далекой ультрафиолетовой части спектра, в которой очень сильно поглощение и практически весьма трудно и неудобно работать. Но для ультрарелятивистской частицы спектр переходного излучения заходит уже в рентгеновскую область. Такое излучение (и тем более фотоны с еще большей энергией) достаточно свободно проходит через пластинку, а также может довольно эффективно регистрироваться различными рентгеновскими счетчиками. Полная интенсивность излучения от одной границы при этом равна (заряд частицы равен e)

$$U = 2\pi e^2 \nu_{\max} / 3c = 2\pi e^2 \nu_p E / 3mc^3.$$

Отсюда ясно, что число излучаемых фотонов (равное энергии U , деленной на энергию фотона $h\nu \leq h\nu_{\max}$) по-прежнему порядка $\alpha \approx 1/137$. Значит, нужно использовать стопки пластинок (или, вообще, весьма неоднородный материал с порами, т. е. с многочисленными границами). При этом, однако, появляется другая трудность.

В случае нерелятивистской частицы излучение формируется в зоне с размерами порядка излучаемой длины волны λ . Поэтому пластинка толщиной d , большей или даже порядка λ ,

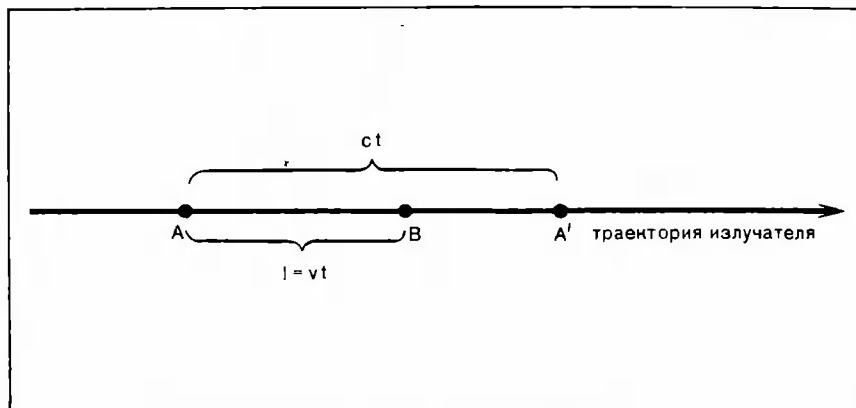


Рис. 5. Получение выражения для размера зоны формирования l_{tr} . Рассмотрим частицу, движущуюся со скоростью v и излучающую волны в направлении скорости. Волна, излученная в точке A , за некоторое время t , двигаясь со скоростью c , дойдет до точки A' (отличим фазовой скорости c_{ϕ} от c здесь пренебрегаем). Но частица за то же время пройдет путь $l = vt$ и дойдет до точки B . Поэтому расстояние между B и A' равно $(c - v)t$. Если этот отрезок равен половине длины волны $\lambda/2$, излучаемые в точке B волны будут уже в противофазе с волнами, излученными в точке A . Значит, только излучение с такого пути AB складывается и, другими словами, именно на этом пути излучение формируется. Остается заметить, что при $v \approx c$ время $t = l/v \approx l/c$, в силу чего из равенства $(c - v)t = \lambda/2$, определяющего положение точки B , получается выражение, приведенное в тексте.

излучает примерно как две независимые границы раздела (полная интенсивность излучения равна удвоенной интенсивности излучения от одной границы, если усреднить по возникающим при изменении отношения d/λ осцилляциям, обязанным интерференции волн, исходящих от обеих границ). Это значит, что пластинки могут быть сравнительно тонкими (толщиной всего в несколько длин волн) и разделять их можно также тонкими промежутками, заполненными каким-либо газом (скажем, воздухом при атмосферном давлении). Но для ультрарелятивистских частиц зона формирования излучения с длиной волны λ равна $l = \lambda/2(1 - v/c) \approx \lambda(E/mc^2)^2$, так как для ультрарелятивистских частиц $1/2(1 - v/c) \approx 1/(1 - v^2/c^2) = (E/mc^2)^2$. Выражение для l пояснено на рис. 5. Учитывая, что ха-

рактерная длина волны переходного излучения $\lambda \sim \lambda_{\max} \sim \lambda_p mc^2/E$, зона формирования для переходного излучения $l = l_{tr} \sim \lambda_p (E/mc^2)$. В твердом теле, как мы видели, $\lambda \sim 3 \cdot 10^{-8}$ см, и, значит, при $E/mc^2 \sim 10^3$ зона формирования $l_{tr} \sim 3 \cdot 10^{-3}$ см, т. е. все еще невелика. Но при $E/mc^2 \sim 10^7$ (для электронов это отвечает энергии $E \sim 5000$ ГэВ) уже $l_{tr} \sim 30$ см. Разумеется, если мы хотим работать не с самыми жесткими излучаемыми фотонами, — зона формирования еще больше. Например, в оптической части спектра даже при $E/mc^2 \sim 10^3$ зона $l_{tr} \sim 50$ см, и использование значительно более тонких пластинок не принесло бы большой выгоды по сравнению с применением одной границы раздела. Однако для доступных на ускорителях энергий при работе в рентгеновской области вполне еще можно использовать стопки пластинок и тем самым создать достаточно эффективный переходный счетчик.

Впервые вопрос о таких счетчиках, насколько я знаю, был поднят в нобелевской лекции И. М. Франка (1958 г.). Затем М. Л. Тер-Микаелян (1961 г.) развил теорию переходных счетчиков (слоистая структура радиатора, среда со случайными неоднородностями, учет зависимости выхода рентгеновских фотонов от энергии излучающей частицы). В теоретическом плане этим кругом вопросов занимался также ряд других авторов¹. Первый работающий переходной счетчик (он был опробован на μ -мезонах космических лучей) построен

¹ См.: Тер-Микаелян М. Л. Влияние среды на электромагнитные процессы при высоких энергиях. Ереван, Изд-во АН Армянской ССР, 1969.

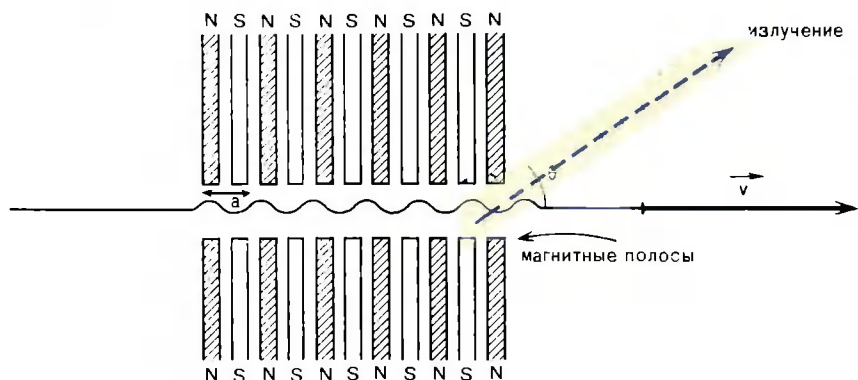


Рис. 6. Схема магнитного ондулятора: a — период магнитной структуры, v — скорость частицы, θ — угол, под которым частица излучает волны определенной частоты.

в 1963 г. и в дальнейшем изучен Ф. Р. Арутюняном с сотрудниками (Ереван). В первых опытах эффективность регистрации частицы составляла только 9%, но затем была существенно повышена. Тем временем переходными счетчиками начали заниматься и другие группы физиков — под руководством А. И. Алиханяна (Ереван), Л. Юаня (Брукхейвен) и др. (соответствующие публикации, если не говорить о группе Ф. Р. Арутюняна, начали появляться только в 1969 г.). К числу последних, опубликованных в 1974 г. данных принадлежат результаты, полученные М. Чери, Д. Мюллером и Т. Прайсом (Чикаго), работающими на ускорителе SLAC с электронами и пионами с энергиями от 3 до 15 ГэВ. В этой работе переходное рентгеновское излучение от стопки майларовых пленок регистрировалось пропорциональными камерами и сцинтилляторами. Была достигнута эффективность детектирования выше 90%, причем вполне надежно разделялись электроны и пионы с одинаковой полной энергией E , а значит, с разным отношением E/mc^2 (масса пиона в 270 раз больше массы электрона).

Можно надеяться, что переходные счетчики окажутся полезными и эффективными в физике высоких энергий (включая исследование космических лучей). Окончательный вывод зависит, однако, от сопоставления с другими методами и от целого ряда обстоятельств экспериментального характера. В этих вопросах автор некомпетентен и предоставляет судить

о них другим. Ниже хотелось бы еще на одном примере лишь проиллюстрировать, сколь не просто придумать хороший новый счетчик частиц.

Об одной неудачной попытке изобрести счетчик частиц (замечание автобиографического характера)

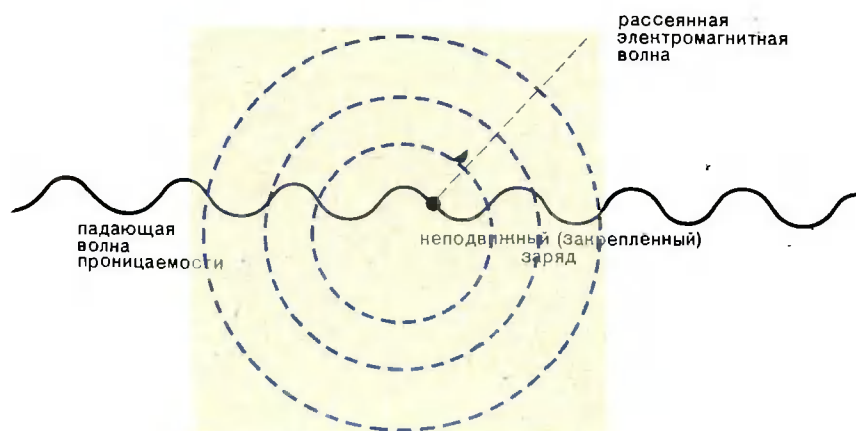
В научной литературе, особенно на русском языке, неприято употреблять личных местоимений — я, мне и т. д. В целом это относится и к научно-популярной литературе, в согласии с чем автор выше тоже упоминал о себе лишь в третьем лице или использовал другие принятые в таких случаях обороты речи. Однако трудно, да и странно, было бы придерживаться такого способа и в настоящем разделе статьи, носящем, можно сказать, автобиографический характер. Другое дело, нужен ли такой раздел вообще, но он написан исключительно физики ради и речь в нем идет о моей ошибке. Поэтому, как можно надеяться, несколько личных местоимений не вызовут у читателя сильных отрицательных эмоций.

После нашей работы с И. М. Франком (1944 г.) я совершенно не занимался теорией переходного излучения — вплоть до 1972 г., когда вернулся к этому вопросу по довольно случайным причинам. Во-первых, переходные счетчики начали входить в моду или, во всяком случае, о них

стали много говорить. Мне же такие счетчики казались слишком громоздкими и, можно сказать, сложными. Вот я и подумал, а нельзя ли изобрести какой-либо подходящий счетчик, но попроще. Во-вторых, я оказался в отпуске в неудачном месте и, перебирая вопросы, о которых можно было думать без книг и журналов, стал, в частности, изобретать счетчики, а также новые задачи, связанные с переходным излучением. В последнем случае удалось найти две реальные проблемы, упоминаемые ниже. В отношении же счетчиков я, как мне казалось, придумал «ондуляторный счетчик в среде» и вскоре даже опубликовал соответствующую заметку. А потом мне показали, что такой счетчик работать скорее всего не будет и я, видимо, придумал лишь название счетчика. Но допущенная ошибка оказалась довольно интересной, и ее понимание доставило почти такое же (впрочем, весьма скромное) удовольствие, как и «изобретение» самого счетчика. Быть может, и читателям будет интересен соответствующий пример коварства природы (исходя из такого предположения и написан настоящий раздел).

Ондулятором (или, точнее, магнитным ондулятором) часто называют систему типа изображенной на рис. 6. Частица в этом случае проходит между периодически расположенными магнитными полюсами с разной полярностью (N S N S N S...). В результате она совершает колебания с частотой $\nu_0 = v/a$ и ее обертонами (здесь a — период магнитной структуры и,

Рис. 7. Переходное рассеяние.



следовательно, магнитного поля, а v — скорость частицы, которая, по предположению, лишь незначительно возмущается ондулятором). Поскольку частица ускоряется, она будет излучать, причем, в силу эффекта Доплера, под углом θ излучаются волны с частотой (обертонами пренебрегаем) $\nu = \nu_0 / (1 - v \cos \theta / c)$. Для ультрарелятивистских частиц излучение происходит в основном вперед (угол $\theta \sim mc^2/E$) на частоте $\nu = \nu_{\max} = \nu_0 / (1 - v/c) \approx 2\nu_0 (E/mc^2)^2$ и с интенсивностью, также пропорциональной $(E/mc^2)^2$. Отсюда ясно, что излучение в ондуляторе можно применить для измерения отношения E/mc^2 , к чему мы и стремимся. Однако по абсолютной величине соответствующая интенсивность излучения в реально существующих условиях и для не очень высоких энергий весьма мала и ондуляторный счетчик в вакууме далеко не всегда может представлять интерес. Счетчик, который я пытался предложить, отличается от описанного тем, что ондулятор заполняется прозрачной средой с показателем преломления $n(v)$. Тогда колеблющийся заряд излучает уже волны с частотами

$$\nu = \frac{\nu_0}{|1 - n(v) \cos \theta / c|}.$$

При этом вблизи черенковского конуса, для которого $1 - n(v) \cos \theta / c = 0$, частоты ν формально стремятся к бесконечности. Но фактически для достаточно высоких частот (например, в ультрафиолетовой части спектра) показатель преломления уменьшается и, главное, появляется сильное поглощение. Поэтому излучение бу-

дет происходить на весьма больших, по сравнению с ν_0 , но конечных частотах и для углов, близких к черенковскому углу. При этом интенсивность излучения в ряде случаев на много порядков выше, чем в вакууме, и соизмерима с интенсивностью черенковского излучения. Последняя же вполне достаточна для регистрации. Но если черенковское излучение в ультрарелятивистском случае от энергии не зависит, ондуляторное излучение зависит от энергии, причем в среде его интенсивность падает с ростом энергии. Тем не менее в широком интервале энергий ондуляторное излучение, если говорить об его интенсивности, можно было бы регистрировать без большого труда. При этом для отделения ондуляторного излучения от черенковского (оба типа излучения распространяются в направлении черенковского конуса или вблизи него) я думал использовать распределение интенсивности по образующим конуса: для черенковского излучения в изотропной среде эта интенсивность одинакова для всех образующих, т. е. на всем конусе. Интенсивность же ондуляторного излучения неравномерно распределена по конусу — она зависит от угла между нормалью к волне и магнитным полем в ондуляторе.

Казалось бы, все в порядке (интенсивность ондуляторного излучения была вычислена правильно) и «ондуляторный счетчик в среде» должен работать. Но он не будет работать, по крайней мере так, как это описано, по следующей причине. Дело в том, что нельзя рассматривать черен-

ковское и ондуляторное излучение независимо друг от друга: движется ведь один и тот же заряд, одновременно излучающий все волны. При этом оказывается, что ондуляторное излучение как бы черпается из черенковского, т. е. их суммарная интенсивность в первом приближении не изменяется и остается равной интенсивности черенковского излучения, не зависящей от энергии. Это значит, что просто по распределению интенсивности по конусу отделить излучение обоих типов нельзя! Что же касается углового распределения и частотного спектра, некоторые отличия имеются, но они уже весьма трудно различимы и вряд ли поддаются достаточно простому и эффективному использованию (то же относится к случаю использования в ондуляторе оптически анизотропной среды) для измерения энергии частиц либо их разделения в зависимости от массы или, точнее, от отношения E/mc^2 . Этот пример неудачной попытки изобрести счетчик нового типа и, главное, несомненные недостатки ряда других известных предложений на этот счет повышают вероятность того, что переходные счетчики займут заметное место в арсенале методов физики высоких энергий.

Еще раз о переходном излучении

Как в теории, так и в эксперименте внимание к переходному излучению концентрируется на случае плоской границы раздела двух сред, на пла-

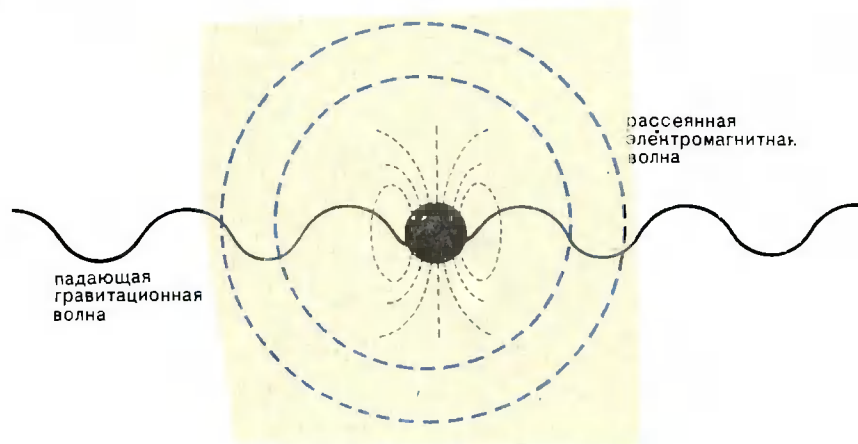


Рис. 8. Аналог переходного рассеяния — рассеяние гравитационной волны на магнитной звезде (в центре); при этом гравитационная волна превращается в электромагнитную.

стинках и стопках пластинок. Но, как ясно из физики явления и как уже упоминалось, переходное излучение будет возникать и в целом ряде других случаев. Так, если частица (источник) — будь то заряд или электрический диполь (и, конечно, любой другой электрический или магнитный мультиполь) — пролетает с постоянной скоростью через или вблизи каких-либо неоднородностей, металлических или диэлектрических, возникает какое-то переходное излучение.

Это легко понять, учитывая, что при прохождении через «неоднородность» поле частицы в вакууме или любой прозрачной среде, окружающей неоднородность, будет изменяться во времени, аналогично тому как это имеет место при ускорении частицы (но с учетом ускорения ее «изображений»). То же произойдет и при пролете мимо неоднородности, но в пределах зоны формирования излучения, т. е. на расстояниях порядка длины волны (для релятивистских частиц это расстояние может сильно возрасти, но только в направлении, близком к направлению скорости частицы).

Последнее замечание относится, конечно, не только к переходному излучению. В частности, черенковское излучение возникает и в том случае, когда частица движется не в самой прозрачной среде, а в проделанном в ней канале, в щели или просто вблизи среды (но, повторяем, на расстояниях, меньших или порядка длины

волны рассматриваемого излучения, так как при дальнейшем увеличении расстояния интенсивность излучения очень быстро уменьшается).

Другой интересный пример переходного излучения возникает в нестационарной среде — среде, свойства которой изменяются во времени. Здесь тоже возможны разные варианты, не говоря уже о средах, изменяющихся и во времени, и в пространстве, об одновременном появлении излучения разных типов и т. д. Но мы, естественно, остановимся лишь на простейшем и, в каком-то смысле, самом важном примере. Именно, рассмотрим однородную прозрачную среду с показателем преломления $n_1(v)$, в которой равномерно движется заряд. Пусть теперь свойства среды резко (в пределе — скачком) изменятся, так что показатель преломления станет равным $n_2(v)$. Добиться такого результата, в принципе, не так уж трудно — для этого достаточно резко повысить давление (в результате повышается плотность среды, а в силу этого и показатель преломления n) или наложить на среду сильное электрическое поле. Легко видеть, что в результате изменения n во времени также появится переходное излучение. Действительно, для появления излучения, как мы уже объясняли, нужно, чтобы свойства среды изменялись вдоль траектории заряда или, в более общем виде, чтобы вдоль этой траектории изменялся параметр $vn(v)/c$. Но

именно так и происходит в обсуждаемом сейчас случае: до скачка в показателе преломления n источник двигался в среде с $n=n_1$, а после скачка — в среде с $n=n_2$. Поэтому момент скачка играет роль, близкую (но, как показывает расчет, отнюдь не тождественную) к роли границы раздела двух сред.

Отметим также, что переходные эффекты отнюдь не сводятся только к появлению излучения. При переходе из одной среды в другую электромагнитное поле заряда, увлекаемое им вместе с собой, изменяется, и поэтому можно сказать, что изменяется масса частицы (по крайней мере часть этой массы имеет электромагнитное происхождение и зависит от проницаемости среды). Поэтому, даже в предположении о строгом постоянстве скорости частицы, при изменении $n(v)$ меняется ее полная и кинетическая энергия. Кроме того, в процессе излучения и изменения массы (например, при пересечении границы раздела двух сред) на частицу действует сила радиационной реакции — электрическое поле, создаваемое самой частицей в точке ее пребывания. В результате баланс энергии соблюдается только при учете этих факторов — изменения кинетической энергии, реакции излучения и самого переходного излучения¹.

¹ См.: Гинзбург В. Л., Цытович В. Н. — «ЖЭТФ», 1973, т. 65, с. 132 и цитированную там литературу.

Переходное рассеяние

Пусть в прозрачной среде распространяется «волна проницаемости», т. е. диэлектрическая проницаемость среды ϵ меняется, скажем, по синусоидальному закону и бежит в среде с некоторой скоростью c_0 . Примером может служить акустическая волна (волна сжатия), в которой изменяется плотность среды, а поэтому и ϵ . Поскольку в прозрачной среде $\epsilon = n^2$, волна проницаемости представляет собой одновременно и волну показателя преломления n . Поэтому (и в свете изложенного ранее) совершенно очевидно, что заряд, движущийся с постоянной скоростью «сквозь» волну проницаемости, будет испускать переходное излучение. Если волну проницаемости «остановить», т. е. рассматривать статическое волнообразное изменение ϵ , такое переходное излучение вполне аналогично возникающему в стопке пластинок. С другой стороны, для бегущей волны проницаемости переходное излучение аналогично известным процессам рассеяния волн одного типа с их трансформацией в волны другого типа: в данном случае можно сказать, что волна проницаемости рассеивается на заряде с превращением (конечно, частичным) в электромагнитные волны (такой процесс мы называем переходным рассеянием).

Если для движущегося заряда можно, таким образом, примерно с равным правом говорить как о переходном излучении, так и о переходном рассеянии, для покоящегося заряда именно представление о рассеянии выступает на передний план. Собственно, сначала может вообще возникнуть сомнение, будет ли покоящийся (закрепленный) заряд рассеивать волны проницаемости. Легко понять, однако, что такое рассеяние должно возникать, хотя его природа и не имеет прямого отношения к механизму переходного излучения (поэтому термин переходное рассеяние, которым мы будем пользоваться и для неподвижного заряда, возникает лишь по аналогии со случаем переходного рассеяния на движущемся заряде). Действительно, неподвижный заряд создает вокруг себя некоторую статическую поляризацию среды,

но, конечно, никакого электромагнитного излучения не испускает. Однако при падении на заряд волны проницаемости в среде вблизи заряда также возникает соответствующая переменная поляризация (она изменяется, очевидно, с частотой волны проницаемости). А значит, возникнет и рассеянная (исходящая из области вблизи заряда) электромагнитная волна (рис. 7).

Любопытно, что такой эффект в случае плазмы, по сути дела, был известен и ранее, хотя его природа и оставалась не вполне ясной. Последнее объясняется, видимо, тем, что в плазме заряды не закреплены, а могут почти свободно двигаться. Поэтому под действием так называемых плазменных волн — продольных волн, могущих распространяться в плазме, — заряды колеблются и возникает рассеяние электромагнитных волн, обусловленное колебательным движением, скажем электронов. Но одновременно будет происходить и переходное рассеяние. При этом волны обоих типов (от обычного и от переходного рассеяния) интерферируют, что еще больше усложняет картину. В результате при рассеянии плазменных волн на покоящихся (без учета действия волны) электронах полная интенсивность рассеянных электромагнитных (поперечных) волн равна лишь одной четверти от интенсивности обычного рассеяния на свободных электронах. При рассеянии же на введенном в плазму позитроне интенсивность будет в 9 раз выше, чем при рассеянии на свободном позитроне (или электроне). При рассеянии на ионах обычное рассеяние ничтожно из-за большой массы иона (интенсивность обычного рассеяния, связанного с колебаниями частицы в поле падающей волны, обратно пропорциональна квадрату массы рассеивающей частицы). Переходное же рассеяние вообще не зависит от массы частицы и поэтому на однозарядном ионе такое же, как на электроне (если не учитывать его движения). Отсюда ясно, что рассеяние плазменных (продольных) волн на ионах — почти чисто переходное.

Автор не был бы удивлен, если бы переходное рассеяние представило интерес не только в плазме, но, на-

пример, при рассеянии акустических или, особенно, ударных волн в каких-либо других средах, содержащих вкрапленные заряды (ионы) или области, поляризованные внешним статическим электрическим полем.

Аналогом переходного рассеяния может служить трансформация гравитационных волн в электромагнитные, происходящая уже в вакууме при наличии заряда или вообще какого-либо внешнего источника электромагнитного поля. Эта аналогия, кстати, сразу же пришла в голову, когда в одном американском журнале в 1973 г. появилась статья, в которой возникновение электромагнитного излучения от неподвижного заряда, находящегося в переменном гравитационном поле, рассматривалось как не имеющее «классического аналога».

Конкретно, в этой работе заряд считался помещенным в центре масс двойной звезды и поэтому оставался неподвижным. Электромагнитное же излучение возникает в связи с тем, что с точки зрения общей теории относительности электромагнитное поле порождает гравитационное и, наоборот, гравитационное поле влияет на электромагнитное. Поэтому вращающиеся массы (звезды) делают статическое сферически симметричное поле заряда в пустоте (и в отсутствие гравитации) уже не статическим и не сферически симметричным. Ситуацию вполне можно описать (и это давно известно), считая, что гравитационное поле влияет на диэлектрическую проницаемость вакуума. С точки зрения влияния на электромагнитные явления это эквивалентно влиянию на проницаемость некоторой среды. Коротко говоря, излучение электромагнитных волн зарядом, покоящимся в центре инерции двойной звезды, аналогично излучению заряда, закрепленного в среде, которая возмущается в результате движения других зарядов.

Гравитационная волна представляет собой переменное во времени и в пространстве возмущение гравитационного поля и при падении на заряд или любую область с некоторым электромагнитным полем будет вызывать в этой области как бы изменение диэлектрической проницаемости. Таким образом, гравитационная вол-

на уже в вакууме играет такую же роль, как волна проницаемости в среде. В результате вблизи источника статического электромагнитного поля появится переменная электрическая (или магнитная) поляризация и образуется расходящаяся (рассеянная) электромагнитная волна. Этот эффект, как и электромагнитное переходное рассеяние, мы рассмотрели вместе с В. Н. Цытовичем¹. Рассчитан был, в частности, коэффициент трансформации гравитационной волны в электромагнитную на заряде и на магнитном моменте (рис. 8). Последний случай более интересен с точки зрения возможных астрофизических приложений, поскольку большим магнитным моментом обладает ряд звезд и, в частности, он имеется у пульсаров.

Коэффициент трансформации, однако, невелик и в этом случае, а главное, гравитационные волны, испускаемые во всех реальных ситуациях (тесные двойные звезды, несимметричный коллапс звезды, столкновение двух звезд и т. п.), являются слабыми (имеются в виду расходящиеся волны, рассматриваемые на расстояниях до рассеивающих их намагниченных звезд). Утверждение о слабости гравитационной волны означает, что гравитационное возмущение в волне ничтожно мало по сравнению с единицей — условной мерой гравитационного поля в пространстве без гравитационных волн. В конечном счете слабость встречающихся в природе гравитационных волн обусловлена крайней слабостью гравитационного взаимодействия по сравнению, скажем, с электромагнитным (например, гравитационное притяжение между протоном и электроном примерно в $3 \cdot 10^{39}$ раз меньше электростатического притяжения между этими же частицами). Поэтому гравитационные волны пока и не удалось зарегистрировать, хотя, по всей вероятности, в будущем это станет возможным и приведет к рождению еще одного метода в астрономии, а именно к появлению астрономии гравитационных волн. Но это уже другая тема, здесь же хо-

телось лишь обратить внимание на гравитационно-электромагнитный аналог переходного рассеяния волн проницаемости в среде.

Имеются и другие аналоги. Например, в твердом теле продольные звуковые волны должны давать рассеянные поперечные акустические волны на статических деформациях. Впрочем, такая задача, насколько нам известно, детальнее не рассматривалась. Вообще, переходное рассеяние и аналогичные эффекты еще далеко не полностью исследованы.

Заключительные замечания

Наибольшее внимание в физике всегда привлекали и привлекают вопросы и проблемы, требующие для своего решения выхода за пределы известных представлений или, во всяком случае, выдвижения новых глубоких идей. Сегодня к числу таких вопросов относится понимание строения и взаимодействия различных частиц, например протона, а также многие другие проблемы, которые связаны с физикой высоких энергий, релятивистской квантовой теорией и т. п. Хотя известная выделенность этой области физики, где сами принципы еще не установлены и господствует подлинная таинственность, совершенно несомненна, но правда и то, что это обстоятельство не дает еще никаких оснований рассматривать всю остальную физику как собрание задач второго сорта. Например, микротерию сверхпроводимости не удавалось построить целые десятилетия, вплоть до 1957 г., хотя и не было никаких сомнений в том, что для решения этой задачи достаточно нерелятивистской квантовой механики, созданной еще в двадцатые годы. Впрочем, микротерия сверхпроводимости, как и теория фазовых переходов, отличается особой идейной и технической трудностью. Этого нельзя, однако, сказать об излучении частиц при сверхсветовой их скорости, о работе мазеров и лазеров, нелинейной оптике, теории полупроводников и о многих других вопросах. Тем не менее понадобились долгие годы, прежде чем были найдены решения относящихся к этим

областям задач, хотя соответствующий физический фундамент был заложен очень давно. Переходное излучение и переходное рассеяние также представляют собой, пусть и более скромные, примеры такого же типа.

Казалось бы, изучить некоторые из этих эффектов можно было чуть ли не сто лет назад, и уж во всяком случае в начале нашего века. Но тот факт, что этого не произошло, не может быть в целом случайностью, а объясняется тем, что раньше «плоды еще не созрели». Например, нельзя или трудно было провести соответствующие эксперименты. А сколько таких «плодов» из области классической физики или, во всяком случае, физики с уже освоенными принципами еще и сегодня незрело или даже вполне съедобно, но прячется в густой листве? Опыт прошлого, в том числе совсем близкого к нашим дням, свидетельствует, что еще немало нового и интересного может быть найдено и в электродинамике (включая оптику), и в области нерелятивистской квантовой механики, и в общей теории относительности.

Большинство физиков сочтут, вероятно, эти замечания совершенно тривиальными, с чем я вполне согласен. Но они сделаны, чтобы в подлинном блеске и сиянии физики высоких энергий и связанных с ней фундаментальных проблем, вся остальная физика не показалась тем, кто с ней мало знаком, каким-то потухающим светилком.

УДК 539.1.06; 621.387.4

¹ Гинзбург В. Л., Цытович В. Н. — «ЖЭТФ», 1973, т. 65, с. 1818; «Радиофизика», 1975, т. 18, с. 173.

Биология колдовства

Проблемы мышления первобытного человека и возникновения религии, шаманизма и магии привлекают в последние годы пристальное внимание ученых самых различных специальностей как в нашей стране, так и за рубежом. Объясняется это тем, что без понимания характера первобытного мышления и неразрывно связанных с ним магических обрядов невозможно понять последующего развития культуры и становления более сложных форм религии.

Именно в первобытном обществе, как отмечал Энгельс, возникли те представления о бессмертии души и о первых богах, «которые в ходе дальнейшего развития религии принимали все более и более облик внемировых сил», что привело впоследствии к возникновению монотеистических религий¹. Самые развитые, сложные религии классового общества генетически неразрывно связаны с представлениями первобытного человека об окружающем мире, ибо, «раз возникнув, религия всегда сохраняет известный запас представлений, унаследованный от прежних времен...»².

При рассмотрении этих вопросов необходимо всегда помнить, что в основе всех сторон общественной жизни, в том числе и различных сфер духовной жизни, лежит труд. От поколения к поколению, отмечает Энгельс, он становился все более разнообразным и многосторонним, появились земледелие и ремесла, искусство и наука, право и политика, «а вместе с ними фантастическое отражение человеческого бытия в человеческой голове — религия. Перед всеми этими образованиями, которые выступали прежде всего как продукты головы и казались чем-то господствующим над человеческими обществами, более скромные произведения работающей руки отступили на задний план...» Даже «наиболее материалистически настроенные естествоиспытатели... не видят той роли, — продолжает Энгельс, — которую играл при этом труд»³.

В последние годы появилось большое число работ по проблемам первобытной культуры, в том числе и ряд монографий советских ученых¹. Однако многие вопросы до сих пор остаются недостаточно разработанными, в частности физиологический аспект магических обрядов.

Между тем, словно подтверждая известную мысль, что новое — это хорошо забытое старое, на память приходит изданная около 30 лет назад книга выдающегося советского невропатолога С. Н. Давиденкова «Эволюционно-генетические проблемы в невропатологии» [М., 1947] давно ставшая библиографической редкостью (ее тираж составил всего лишь 4 тыс. экз.) и потому практически неизвестная широкому кругу читателей. В этой книге С. Н. Давиденков уделил самое пристальное внимание рассмотрению магических обрядов с точки зрения психологии и физиологии.

В серии статей, посвященных затронутым вопросам, мы публикуем отрывки из указанной книги С. Н. Давиденкова, в какой-то степени восполняющие пробел в литературе по мышлению первобытного человека. В номере печатается также очерк этнографа С. И. Вайнштейна, собравшего интересный материал, как бы иллюстрирующий теоретические положения С. Н. Давиденкова, а также комментарии биолога А. А. Малиновского и историка Б. А. Фролова, в которых идеи С. Н. Давиденкова рассматриваются с позиций современной науки.

¹ Только в 1960—1970 гг. были опубликованы: Токарев С. А. Ранние формы религии. М., 1964; Чарнолусский В. В. Легенда об Олене-человеке. М., 1965; Семенов Ю. И. Как возникло человечество. М., 1966; Анисимов А. Ф. Этапы развития первобытной религии. М.—Л., 1967; Окладников А. П. Утро искусства. М., 1968; Формозов А. А. Очерки по первобытному искусству. М., 1969; Шахнович М. И. Первобытная мифология и философия. Л., 1971; Соколова З. П. Культ животных в религиях. М., 1972 и др. В нашем журнале вопросы первобытного мышления были затронуты в серии статей «Магия колдовства и колдовство структурализма» («Природа», 1974, № 7 и 8).

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Избр. произв. Т. II. М., 1955, с. 350.

² Там же, с. 380.

³ Там же, с. 77.

Психофизиологические корни магии

Академик АМН СССР С. Н. Давиденков

Проблема происхождения первобытной религии далеко еще не решена и, конечно, не от невропатолога ждет своего разрешения. История первобытной культуры, производственная деятельность первобытного человека, формирование его социальной сущности, его медленный технический прогресс, его трудная борьба с природой,— все это важнейшие определяющие факторы, которые современная наука о человеке справедливо учитывает при изучении этой проблемы. Лишь наряду со всеми этими сложнейшими факторами, в качестве попытки некоторого дополнительного освещения вопроса, я хочу изложить в дальнейшем гипотезу, которая, как мне кажется, в состоянии пролить свет на некоторые стороны проблемы, обычно остающиеся в тени. Физиология и физиопатология высшей нервной деятельности, конечно, не объяснят нам происхождения религии,— проблемы, остающейся по существу проблемой социального порядка. Но осветить некоторые детали проблемы физиология высшей нервной деятельности, кажется, может. Такое разъяснение своей теоретической позиции я с самого начала считаю нужным сделать, чтобы не быть неправильно понятым в дальнейшем.

Посмотрим теперь, в состоянии ли мы говорить о неблагоприятных последствиях свертывания естественного отбора более конкретно.

Вспомним то, что мы говорили выше о смене культур верхнего палеолита. Ориньякская культура с ее удивительной живописью распространилась настолько быстро, что даже не успела видоизмениться в течение этого расселения. Недаром кроманьонскую расу Осборн называл «палеолитическими греками», и по-видимому, этот период действительно был победоносным шествием нового человека с расцветом его юной культуры. Но вслед за тем, уже в позднемадленской культуре, а может быть и несколько раньше, мы начинаем замечать какие-то странные признаки: вместо интересных и живых изображений ориньякской эпохи появляются хотя и художественные, но уже причудливые схемы полулюдей-полуживотных, замаскированные люди и отдельные сценки, весьма подозрительные по своему ритуальному смыслу, вроде известной дошедшей до нас сцены поедания бизона, которую Ефименко с большой степенью вероятности сравнивает со сложным ритуалом поедания медведя, описанным у первобытных народностей Сибири. Все это, действительно, очень подозрительно на то, что в эту эпоху люди, вместо того, чтобы просто прогрессировать дальше в своей полезной деятельности и продолжать покорять природу, начали почему-то заниматься самыми странными и никому не нужными вещами, вроде магии, ритуалов и всякого рода колдовства. Не успев еще как следует завоевать природу, человечество сразу же пошло по пути для нас теперь не сразу понятному — по пути создания цепи предрассудков и нелепых суждений. Корни этого процесса — создания религий,— относящиеся к эпохе верхне-

го палеолита, представляют исключительный интерес. Мы подходим здесь к проблемам, уже давно занимавшим этнографов и вызвавшим многочисленные гипотезы и контраргументы. Споры эти идут уже давно. Однако, может быть, невропатолог, вооруженный павловским пониманием физиологии высшей нервной деятельности, сможет внести кое-что и в эту область знаний, как бы далеко она на первый взгляд ни казалась отстоящей от узких вопросов неврологической клиники. Но будем помнить, что здесь нам приходится вторгаться в чужую область и что все написанное ниже следовало бы рассматривать не иначе, как первую попытку трактовать известные этнографические факты с точки зрения физиологии и физиопатологии нервной системы.

Первичным религиозным минимумом всех стран был «анимизм» (термин Тэйлора¹, равносильный преждему «фетишизму» О. Конта) — представление дикаря об одушевленном характере всех предметов и явлений природы. Много спорили о развитии анимизма, оставаясь при этом на почве индивидуально-психологической, ставился в специальной литературе вопрос, раньше ли человек «открыл» собственную душу, а потом уже одухотворил природу (Тэйлор, Спенсер) или вначале он одухотворил природу (Маретт, Штернберг — R. Marett), — что для нас не имеет особого значения. В. Г. Богораз² мог наблюдать у чукчей, по-

Отрывки из кн.: Давиденков С. Н. Эволюционно-генетические проблемы в невропатологии. Л., 1947. (Разрядка и курсив в тексте, ссылки на литературу и примечания автора, за исключением специально оговоренных.)

¹ Э. Б. Тэйлор (E. B. Tylor). «Первобытная культура». Русск. перев. М., 1939.

² В. Г. Богораз. «Чукчи», т. II. Религия. Русск. изд. 1939 (перев. с англ. изд. 1912 г.)

видимому, весьма примитивные формы анимизма; все вообще вещи считались живыми; живы камни, озера, реки, холмы, ветер, все вообще материальные предметы; звери представляются как живые существа, имеющие собственные страны, хозяйства, дома, лампы, охоту, превращения и проч., и даже ночной горшок чукчей — изделие их собственных рук — имеет собственную страну и шатер, жену (1) и детей (1).

Из анимизма многие выводят «тотемизм» — поклонение животным, — являющееся почти универсальной формой первобытных верований, и «тотемизм», при котором предполагается, что данная племенная группа ведет свое происхождение от того или другого животного, с которым оно таким образом кровно связано и которому стремится внешне уподобиться в одежде, в причёске, в танцах и проч. Многочисленные и остроумные теории тотемизма (Дж. Фрера и др.) мы здесь излагать не можем.

Трудно, конечно, отождествить духовную жизнь нашего палеолитического предка и духовную жизнь современных малых реликтовых народов, зашедших в исторические тупики и застывших в фиксированных формах жизни¹, но все же осторожные аналогии здесь допустимы, хотя и весьма вероятно, что религиозные нелепости, насквозь пронизывающие быт современного анимиста и регулирующие буквально каждый его шаг, явились, так сказать, постепенным усовершенствованием первоначально более простых форм. Все же интересно на отдельных примерах проиллюстрировать это конкретное содержание современного анимизма. Так, у чукчей — по Б о г о р а з у — существовала сложнейшая классификация духов («kelet») с детальной их характеристикой: есть духи с трехпалыми руками, и вовсе без рук и без ног,

¹ Маретт не без остроумия замечает, что мы наделяем современного человека своеобразным «синтетическим предком» («a sort of synthetic ancestor»), комбинация из костей Ментоны или Дордоны, одетых мясом австралийца, тасманийца или бушмена (R. R. Marett. «Head, heard and hands in human evolution». London, 1935).



Сергей Николаевич Давиденков. 13(25)VIII.1880 г. — 2.VII. 1961 г. Выдающийся советский невропатолог, академик Академии медицинских наук СССР, заслуженный деятель науки РСФСР. С 1912 г. — заведующий кафедрой нервных и душевных болезней Харьковского женского медицинского института; с 1920 г. — заведующий кафедрой нервных болезней Бакинского университета (в 1921—1923 гг. — ректор этого университета); с 1925 г. — заведующий неврологическим отделением профес-

сиональных болезней в Институте им. В. А. Обуха в Москве; с 1932 г. и до конца жизни — заведующий кафедрой нервных болезней Ленинградского института для усовершенствования врачей им. С. М. Кирова. В 1933—1936 гг. работал под руководством И. П. Павлова. В годы Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. был главным невропатологом Ленинградского фронта. Награжден орденами Ленина, Красной Звезды и медалями.

или имеющие глаза на макушке головы; у иных тело тюленя и косматая голова; морской дух имел тело рыбы. Для невропатолога покажется, может быть, интересным, что наряду с «духом кашля», «духом насморка» и «духом сифилиса» существовал, оказывается, и «дух эпилепсии». Он назывался «Ifejun» и имел, как и другие земляные духи, только одну голову, которую он и высовывал из земли, чтобы напасть на человека. Богораз приводит и изображение его лица, на котором невропатолог сразу отмечает резкое перетягивание одной носогубной складки, в то время как противоположный угол рта опущен книзу. Но рисунки духов, воспроизведенные Богоразом и сделанные самими чукчами, интересны и в другом отношении: некоторые из них (например, рисунок 6f во II томе его монографии «Чукчи») очень напоминают стилизованные изображения полуживотных-полулюдей, дошедшие до нас от Мадленской эпохи.

Вся жизнь чукчей была заполнена бесчисленным множеством запретов, заклинаний, правил, гаданий и проч., нелепость которых изумительна. Пример: запрет топить зимою деревом, запрет больше пяти лет жить в чужом краю, запрет — очень вредный для промышленника! — разводить огонь в лодке, запрет пользоваться чужим огнем и проч. Замечательно, что при этой разработанной системе ритуала отсутствовала сколько-нибудь разработанная религиозная система. Еще известный Владимир Атласов (конец XVII и начало XVIII века), этот, как его называл А. С. Пушкин, «камчатский Ермак», подметил про (ныне совершенно обрусевших) камчадалов: «А веры никакой нет, только одно шаманство»¹.

И у других палеоазиатских народностей мы встречаем ту же массу магических приемов, запретов, заклинаний и проч. Так, у гиляков (Штернберг) майский жук, лиственница с еловыми шишками, лазающая ящерица и червяк приносят счастье, а на следах беременной женщины нельзя рубить дрова! У чукчей (Богораз) изгоня-

ют злых духов человеческая моча, а также капли жира, падающие из лампы. Штернберг¹ сообщает о сложных ритуалах, которых должны придерживаться возвращающиеся с охоты орочи Татарского пролива вследствие строгого запрета испачкаться кровью. Масса аналогичных, самых нелепых примет, запретов, суеверий и ритуальных действий описаны этнографами у всех первобытных народов. Что можно сказать, например, об австралийце, который, торопясь домой, чтобы солнце не успело зайти до его возвращения, должен обломать ветку и вставить ее в развилку дерева? Или о запрете работать в доме во время дождя у дикарей острова Целебес? Леви Брюль (Lévy Bruhl) приводит массу аналогичных примеров². Так, у даяков очень точно распределены все часы дня, например, нельзя начинать ни одно дело в 9 часов утра, кроме отправки в путь, так как тогда этот час страшен от нападения разбойников! Когда эскимосы впервые услышали от миссионеров, что нельзя работать в воскресенье, они страшно всполошились, — «а мы этого не знали!» — сразу объяснили этим многие свои неудачи и после этого начали соблюдать воскресный отдых лучше самих миссионеров. Н. Н. Миклухо-Маклай³ сообщил, что у туземцев архипелага Пелау (Микронезия) существовал запрет уринироваться в отверстия норы земляного краба! У них же, при постройке здания все внимание было направлено на то, чтобы конек здания случайно не пошатнулся, так как это привело бы к болезням в строящемся доме.

Я привел эти несколько примеров нелепых норм поведения, — а число их легко можно было бы увеличить чуть не до бесконечности, — не столько для того, чтобы показать их изобилие, но и с целью показать их исключительное разнообразие у разных народов. Невольно напрашива-

ется вывод (он пригодится нам в дальнейшем): сам по себе принцип ритуального ограничения поведения и ритуальных действий является на этой фазе развития универсальным; содержание же этих ограничений и действий чрезвычайно разнообразно.

Итак, мы стоим перед удивительным фактом анимизма, этой универсальной логической ошибки, с которой человечество начало историю своей духовной культуры¹. Что лежало в основе этой ошибки? Может быть, само мышление примитивного человека отличалось от нашего? На этот вопрос многие пытались ответить утвердительно. Леви Брюль думал о «прелогизме» и о мистическом мышлении, Прейс (K. Th. Preuss) — о наклонности к комплексным восприятиям, Вундт — об аффективном мышлении, Дюркгейм — о мышлении коллективном, а В. К. Никольский² утверждает, что дикарь-философ существует только в воображении Тэйлора. Однако, не было недостатка в опровержениях такого рода воззрений, и О. Леруа (Ol. Leroy) написал в 1927 г. целую книгу, направленную против гипотезы прелогизма³, которая на читателя не-этно-

¹ Мне всегда казалась не только непонятной, но и оскорбительной для человеческого самосознания эта ошибка, и я был очень доволен, узнав из чтения Тэйлоровской «Первобытной культуры», что такое эмоционально-отрицательное отношение современного человека к анимизму, тотемизму и тотемизму его предков вовсе не свойственно только мне одному: «для современного образованного мира немногие явления низшей культуры могут представиться более жалкими, чем вид человека, поклоняющегося животному» (стр. 400). Замечательно, что идея происхождения человека, как когда-то говорили, «от обезьяны», когда я впервые познакомился с ней в школьные годы, не только не показалась мне унижительной, но, наоборот, сразу увлекла меня своими широкими перспективами, — таково обаяние нормы, и так велико отвращение к аномалии!

² В. К. Никольский. Предисловие к русскому изданию «Первобытной культуры» Тэйлора.

³ Oliver Leroy. «La raison primitive. Essai de réfutation de la théorie prélogique». Paris, 1927.

¹ Л. С. Берг. Открытие Камчатки и экспедиция Беринга 1725—1742 гг. 2-е изд. Главсевморпуть. Ленинград, 1935.

¹ Л. Я. Штернберг. «Гиляки, орочи, гольды, негидальцы, айны». Хабаровск, 1933.

² Lucien Lévy Bruhl. «Le spirituel et la nature dans la mentalité primitive». Paris, 1931.

³ Н. Н. Миклухо-Маклай. «Путешествия», т. II, изд. Ак. Наук СССР, 1941.

графа производит весьма убедительное впечатление, показывая, что «первобытное мышление», как думали и Тэйлор и Боас, едва ли в чем-нибудь существенно отличается от «логического» мышления современного человека, и что дикарь, если он заблуждается, то заблуждается с помощью той самой логики, которой пользуемся в настоящее время все мы в нашей повседневной жизни. На этой же позиции стоял и Л. Я. Штернберг¹. Можно привести здесь и слова очень наблюдательного С. П. Крашенинникова, писавшего еще в XVIII веке о камчадалах: «они по своему разуму всему дают причину, о всем рассуждают и стараются изведывать самые мысли птиц и рыб»².

Но если примитивное мышление было логическим мышлением, то что же было причиной этой универсальной логической ошибки?

Две стороны дела обычно расцениваются в качестве двигателей, создавших анимистические представления: это, во-первых, страх первобытного человека перед внешним миром, во-вторых, недостаточность его знаний о внешнем мире, заставившая его сделать из наблюдений за явлениями природы хотя и неверные, но на этой стадии единственно возможные выводы. Первое из этих объяснений, конечно, верно, второе, по-видимому, вообще часто понимается неправильно.

Primus in orbe fecit deos timor, сказал Теренций Варрон. «Страх создал богов» (В. И. Ленин, соч., т. XIV, стр. 75)³. Это, безусловно, верно. Религия родилась из страха перед явлениями природы, перед болезнью и

смертью, перед нападением врага, перед хищным зверем и т. д. Конечно, основания для страха были в виде известного бессилия первобытного человека перед природой, несоответствия между его потребностями и возможностями. Лишенный когтей и острых зубов, более медленный в своем передвижении по сравнению с объектами своей охоты, он, конечно, не мог чувствовать себя безопасным и часто имел повод бояться. Но если страх в известной степени мог быть достаточно мотивирован первоначальной беспомощностью нашего предка, то все же нельзя не усмотреть некоторого перерастания этого страха за пределы его реальной обусловленности.

В самом деле, — если допустимы сближения духовной жизни нашего предка и современного дикаря, — интересно, что страх несомненно пронизывает всю жизнь дикаря. Лев и Брюль приводит этому многочисленные примеры. Так он цитирует Савилля (Saville), указывающего, что у папуасов Новой Гвинеи от рождения до смерти господствует страх несчастья, требующий всевозможных ритуальных приемов, имеющих целью себя обезопасить, а также Кн. Расмуссена (Kn. Rasmussen), близко знавшего быт эскимосов и самого наполовину эскимоса, которому один эскимосский шаман сказал прямо: «мы ведь не веруем, мы — боимся!» и долго перечислял все опасности, избежать которых возможно только с помощью сложных охранительных приемов.

Речь идет здесь, таким образом, о какой-то универсальной «панофобии». Ее факт несомненен, ее роль в возникновении религии — также. Но не вполне ясны ее корни. Здесь может

быть что-то оставалось недоговоренным. В этом ходе рассуждения, может быть, отсутствует какое-то логическое звено? Мы к этому еще вернемся ниже.

Если в теории происхождения анимизма из страха заключается правильная мысль, то в теории происхождения анимизма вследствие недостатка знаний о внешнем мире нет этого преимущества.

На этой позиции стоял Л. Я. Штернберг, но мне в этом вопросе с ним трудно согласиться. С точки зрения такой трактовки примитивное мышление следовало бы приблизительно такому ходу рассуждения: все живет, движется, перемещается, а человек еще не имеет иного критерия, кроме как сравнения с самим собою (?), который также живет, движется и перемещается, стало быть и все окружающие явления суть также живые существа. Все это, когда мы подходим к конкретным примерам, производит, однако, впечатление скорее литературных метафор и поэтических описаний, нежели реального сходства. «Звезды точно произвольно перемещаются по небесному своду и по желанию (?) падают... Вода течет, шумит тысячами голосов... Ветер мчится быстрее птицы и ревет, как разъяренный зверь... Деревья качаются и при надразгах дают кровь (?)... Камни трещат (?) и самопроизвольно скатываются с гор» и т. п. Мне кажется, что первобытного человека представляют себе слишком глупым те, кто считает, что этих метафор, больше напоминающих плохую литературу, достаточно для огульного одушевления природы, если даже добавят сюда ошибочную трактовку первобытным человеком таких явлений, как тени, эхо, отражения в воде, миражи, сон, обмороки и смерть.

Не лучше выглядят и другие аналогичные попытки дать объяснения первоначальному анимизму, вроде допущения того, что трупам надо было оставлять на некоторое время пищу, так как могла быть не смерть, а «столбняк» (?), и «случаи возвращения к жизни могли быть довольно часты» и т. д.⁴

⁴ Н. Токи и. «К вопросу о происхождении религиозных верований». Под знаменем марксизма. 1925, № 12.

¹ Л. Я. Штернберг. «Первобытная религия в свете этнографии» Изд. Ист. Нар. Сев. Ленингр. 1936. В этом объемистом посмертном томе собран ряд работ, принадлежащих перу покойного Л. Я. Штернберга — одного из лучших наших знатоков вопроса.

² Цит. по Штернбергу.

³ С. Н. Давиденков ссылается здесь на статью В. И. Ленина «Об отношении рабочей партии к религии». Приводим полностью соответствующее место из работы В. И. Ленина: «„Страх создал богов“. Страх перед слепой силой капитала, которая

слепа, ибо не может быть предусмотрена масса народа, которая на каждом шагу жизни пролетария и мелкого хозяйчика грозит принести ему и приносит «внезапное», «неожиданное», «случайное» разорение, гибель, превращение в нищего, в паупера, в проститутку, голодную смерть, — вот тот корень современной религии, который прежде всего и больше всего должен иметь в виду материалист, если он не хочет оставаться материалистом приговорительного класса». (В. И. Ленин. Полн. собр. соч. Т. 17, с. 419.) (Прим. ред.)

Очевидно, действительно, трудно признать анимизм за первоначальную философию природы без каких-то дополнительных фактов, и с этой точки зрения для нас особый интерес должны представлять некоторые более новые исследования, освещающие проблему с несколько иной и, думается мне, значительно более плодотворной точки зрения.

Я имею именно в виду ту тенденцию в современной этнографии, которая стремится установить так называемую «преанимистическую» стадию культуры, выражающуюся в том, что человек, еще до всякого одушевления природы начинает практиковать некоторые магические действия, прямо направленные на природу, из чего впоследствии и вырастает анимизм. Так думал Дж. Фрезер, также Робертсон Смит (Robertson Smith), считавший, что человек начал свою религию не с идей, а с ритуала, и Маретт, признававший, что истоки религии принадлежат не к области идей, а к области действий, часто совершенно инстинктивных, которыми человек отвечает на то или другое свое душевное состояние. Что «магия» предшествовала анимизму, признавали также Прейс и Леви Брюль. Смит и Дейл (Smith and Dale) утверждают, что у туземцев Родезии, признающих всевозможные «влияния», еще нет никакого представления о «духах». Эта внутренняя сила человека, с помощью которой он может влиять на природу, известна под названием «Мапа» у туземцев Меланезии и Полинезии (Кодрингтон) или под названием «маниту» у некоторых индейских племен Северной Америки. Культ базируется, таким образом, вовсе не на искании содействия сверхъестественных существ, а на чисто механических действиях; природа в представлении человека являлась поэтому некой системой сил, на которую человек в состоянии непосредственно влиять, совершая то или другое условное действие, подобно тому австралийцу, который, чтобы остановить заходящее солнце, обламывал ветку дерева и вставлял ее в развилку или затягивал петлю.

Мы подходим здесь, однако, к следующему затруднению: легко представить себе, что магия, действительно, предшествовала анимизму, который явился, таким образом, только дальнейшим ее развитием; можно также представить себе, что первобытный человек в своем взаимодействии с природой испытывал всевозможные, в том числе и магические действия; но совершенно нельзя себе представить, чтобы первобытный человек, тем более, как мы видели, не страдавший никаким особым «прелогизмом», мог держаться за магические приемы, поскольку они все на первый взгляд представляются нам теперь не больше, чем странным собранием всевозможных абсурдных нелепостей. Их бессмысленность, не замечая этого противоречия, подчеркивают нередко и сами этнографы: «практика религии реальных результатов приносить не может»¹. Но тогда спрашивается, каким образом первобытный человек, обладавший наблюдательностью и основывавший свои выводы, конечно, на опыте, мог сделаться адептом и при том столь упорным, нелепого магического ритуала?

В том то и дело, что эта презумпция о безрезультатности ритуала вовсе не обоснована. Ритуал, хотя и бессмысленный, вполне достигал цели, ради которой он предпринимался. Но чтобы правильно осветить этот вопрос, нам придется учесть некоторые особенности высшей нервной деятельности, с которыми мы уже познакомились раньше.

В самом деле, что делает с точки зрения динамики корковых процессов тот самый спешащий домой австралиец, который обламывает ветку дерева, чтобы остановить солнце? Он находится в состоянии тревоги вследствие застойной и аффективно окрашенной работы определенных кортикальных комплексов, эта тревога его мучает и ему мешает; гипертрофируясь, она начинает приобретать черты обсессии², и тогда чело-

век создает в коре своего мозга новый пункт концентрации раздражительного процесса (все равно какой, лишь бы он был условно и иногда чисто случайно связан с основным перераздраженным пунктом и сам обладал достаточной аффективной окраской, чтобы сделаться для первого пункта источником внешнего торможения) и использует отрицательную индукцию из этого второго очага, чтобы успокоить остальную кору мозга. Тем самым он уничтожает чувство мешающей ему тревоги и, стало быть, лучше может руководить своими действиями и, конечно, получает больше шансов попасть домой до захода солнца. Достиг ли ритуал цели? Конечно да, и австралиец, повторяя то же действие в следующий раз, с полным правом может быть рассматриваем, как человек, обосновывающий свои поступки на опыте и наблюдении. В сущности, этот австралиец делает совершенно то же, что делал мальчиком Жан Жак Руссо, стремившийся попасть брошенным камнем в ствол дерева, чтобы успокоить свое навязчивое опасение попасть после смерти в ад, или что делает каждый навязчивый невротик, успокаивающийся от столь же нелепого ритуального действия, примеров чего мы видели выше так много.

Приведу еще один пример из этнографии, который, кстати сказать, еще пригодится нам в дальнейшем. В жизни айну (то же известно у смежных народов: гиляков, гольдов, ороков и орочей, но больше ни у каких других племен), по описанию Штернберга¹ громадное значение имеет особая искусно заструженная палочка, носящая название «іпаи», сопровождающая все моменты жизни айноса. Даже в самые критические моменты айноские моряки, по свидетельству Штернберга, благодаря этой палочке іпаи не падают духом. Рулевой во время шторма, которого он наблюдал, вдруг быстро застружил палочку и бросил ее в воду, сказав при этом: «иди к хозяину моря и скажи, чтобы он хорошенько посмотрел, хорошо ли будет, если мы и этот рус-

¹ Л. Я. Штернберг. «Лекции по эволюции религиозных верований», лекция 5-я.

² Обсессия — навязчивое состояние. (Прим. ред.)

¹ Л. Я. Штернберг. «Культ инау у племени айну». Ежег. Русск. антроп. общ., т. I, 1905, воспроизв. в «Первобытной религии».

ский господин погибнем?». Это последнее психологическое объяснение (inau — посол к духам) показалось, конечно, более близким для этнографов, мы же предпочтем остаться на чисто физиологической базе. Если мы спросим себя, культ inau достигает ли цели? едва ли будем в состоянии дать ответ иной, кроме положительного.

Таких примеров можно было бы привести множество, и можно думать, что человек эпохи Солютре, обрубая себе пальцы, поступал вовсе не так глупо, а на самом деле освобождал себя таким образом от угнетавших его эмоций. Опыт подтверждал успешность приема. Неудивительно, что приемы эти не только не исчезали, но все больше и больше разрастались¹.

В связи с таким пониманием дела должно быть высказано еще несколько соображений.

Прежде всего уже самая частота, универсальность и интенсивность ритуальных действий заставляет нас считать, что вызвавшие их отрицательно окрашенные психические переживания должны были точно так же обладать весьма сильной застойностью, тем самым значительно приближаясь к навязчивым состояниям. Страхи, которых так много у первобытного человека, которые так интенсивны и были так мало понятны, суть, может быть, не столько «страхи», сколько «фобии»? Причина их, может быть, заключалась не толь-

ко в бессилии дикаря перед лицом природы, а и в той экспансии наименее приспособленных — в частности, инертных, — о которой мы говорили выше?

Следующее обстоятельство, которое следует рассмотреть, состоит в отмеченном выше разнообразии конкретного содержания ритуала у разных племен. Не значит ли это, что отдельные магические приемы образовывались случайно у отдельных людей, в связи с наличием случайных индивидуальных условных связей, а затем распространялись на большие или меньшие социальные группы? В какой прием помогал, так как дело здесь не в конкретном содержании ритуала, а в общих принципах застойности и отрицательной индукции, которые во всех этих случаях остаются теми же самыми.

Насколько велика случайность в создании навязчивого ритуала, хорошо видно на примере одного нашего психиатрика П., который (никогда, разумеется, не слышавший ничего о культе inau у айносов) разработал для себя навязчивые действия, совершенно схожие с палочкой айносов.

Это 30-летний мужчина, подверженный навязчивым сомнениям (не так что-нибудь сделал, не проявил в нужный момент достаточного достоинства и т. п.), очень инертный (хранит старые вещи и даже детские игрушки, отдельные слова или мотивы навязчиво застревают в сознании), непрактичный и стесняющийся с людьми, даже не рисковавший до сих пор сблизиться с женщиной, однако в то же время человек довольно способный и с относительно сильным тормозным процессом, с 8-летнего возраста, после перенесенного сыпного тифа (возможно, сопровождавшегося энцефалитом), пристрастился к своеобразному ритуалу, от которого он не в силах отказаться до настоящего времени, и который состоит в том, что он должен где-нибудь сломать палочку, но обязательно так, чтобы часть ее в виде стружки или часть ее косо срезанной коры в виде длинного узкого язычка болталась свободно, и должен эту палочку несколько раз потрясти в воздухе. Это его успокаивает, и иногда он заранее делает для себя запас таких палочек. Замечатель-

но, что если он начнет трясти такой палочкой «слишком долгое время», им снова овладевает нервное беспокойство. Очевидно, в этом последнем случае иррадиирующая¹ волна отрицательной индукции успевает снова концентрироваться, вследствие чего эффект от ритуального действия исчезает.

Вероятнее всего, такое же случайное происхождение имел и культ inau у айносов, как и все другие виды магических приемов. Возникнув у какого-нибудь индивидуума в силу случайных особенностей его личного анамнеза², они вслед за тем распространялись по другим членам коллектива, оформлялись в более разработанные ритуальные формы и в конце концов узаконивались в качестве уже готовой и надолго застывшей формы первобытной религии.

Здесь уместно было бы осветить и приводящий вопрос: каким образом эти случайно возникшие условные связи, в настоящее время остающиеся индивидуальным достоянием невротика, в то отдаленное время могли передаваться от одного индивидуума к другому, пока они не заполняли весь коллектив? Причина здесь, очевидно, в различном понимании сущности навязчивых страхов и ритуальных действий. Для нас теперь это — болезнь, о которой говорить следует разве с врачом. Для примитива это — реальные опасности и реальная охрана от них, своеобразное «открытие», о котором следует сейчас же информировать окружающих. У современных первобытных народов рецепт ритуальных действий часто передается от одного члена коллектива другому при особых условиях, например, обязательно за плату или обязательно без свидетелей, секретом владеют специальные «знающие люди» — все это легко создает атмосферу внушения, способную создать у собеседника прочную ассоциативную связь между навязчивым страхом и способом

¹ Отдельные намеки, говорящие в том же направлении, можно, оказывается, найти и у этнографов. Так, тот же Л. Я. Штернберг в своих «Лекциях» указывает, что практика религиозного культа сыграла огромную роль в борьбе за существование первобытного человека, — улучшалось его настроение, появлялась вера в себя, а «только тогда человек может преуспевать, когда он верит в свои силы» («Первобытная религия», стр. 276). Точно также К. М. Тахтарев пишет: «в первобытном суеверии и чародействе, сколько ни могут некоторым показаться они совершенно нелепыми, заключается, однако, здоровое ядро истины (?) и действительной пользы» (стр. 235), причем среди видов этой пользы он перечисляет «развитие веры в себя» и «улучшение самочувствия». Однако все это очень далеко от настоящего физиологического понимания.

¹ Иррадиация — распространение процесса возбуждения (или торможения) в центральной нервной системе. (Прим. ред.)

² Анамнез — сообщение больного или его близких об условиях жизни, предшествовавших заболеванию, и история развития болезни. (Прим. ред.)

его излечения. Вот как описывает, например, Коотц-Кречмер¹, как был недавно у африканского племени «Сафва» введен в практику особый новый ритуал, действующий специально против новой опасности, гнева белого человека: «Кува сказал своему начальнику: Мварнего, я сделаю тебе амулет из черного дерева против гнева белых людей; если они будут на тебя сердиться, этот амулет отворотит их гнев... Затем он приготовил магический сосуд для своего начальника и сказал: пусть он хранится в твоей хижине; если услышишь что-нибудь от белых, помажь лоб некоторым количеством жидкости из этого сосуда... Это отворотит злобу белых, если они замышляют зло вашей деревне». Едва ли можно сомневаться, что средство Кува успокаивало лучше, чем что-либо другое, нервы племени «Сафва», что, конечно, должно было уменьшать шансы конфликтов, и с этой стороны, конечно, достигало цели.

Далее необходимо указать, что невротические реакции первобытного человека неизбежно должны были не только не подавляться, но, наоборот, подвергаться своеобразному «культу», что в конце концов приводило к организации неврозов в определенные системы. Это и понятно: круг интересов примитивного человека был очень узок, у него не было еще ни литературы, ни науки, ни государства, ни собственности, ни даже оформленного классового расчленения. Интересно с этим сравнить большое число неврозов, отмечаемое у современных отсталых народов, например у гуронов, ирокезов, туземцев Новой Зеландии, у Сенегальских негров, у жителей Абиссинии и Мадагаскара, у малайцев и других²— в противоположность довольно распространенному среди не-врачей представлению, что

неврозы специально свойственны цивилизации и урбанизации¹.

Что же касается организации неврозов в зафиксированные системы, то таких примеров невропатология знает достаточно и за пределами разбираемого случая. Вспомним истеричек Сальпетриэра, эпидемии «бесоудержимости» в Западной Европе, державшиеся с конца XV чуть не до XVIII века, а также «кликушество», широко распространенное среди русских женщин в дореволюционной деревне и исчезнувшее лишь с проникновением в советское село передовой культуры. Неудивительно, что и фобии, и защитные ритуалы у первобытных людей могли так широко распространиться и подвергнуться такой сложной систематизации и упрочнению.

Далее, необходимо вспомнить те наши соображения, согласно которым фобии вырастают из вполне реальных опасностей. Страх примитива был страх преувеличенный, застойный, но рождался он не из патологических, воображаемых, а из реальных опасностей. Это важно подчеркнуть, так как иначе могло бы показаться необоснованным наше представление о примитивных фобиях, как о длительных тревожных состояниях, развившихся благодаря распространению элементов инертности, вследствие чего могла разрастаться в преувеличенном масштабе боязнь и нападения врагов, и возможной неудачи на охоте, и болезней, и снов, и даже неизвестно чего, как это было в интересном описании П. Гогена (P. Gauguin) в его «Обетованной земле».

Так человечество начало расплачиваться за собственную победу. Пре-

движений, большею частью типа эхалали и копролалии (см. статьи Chr. Rasch в *Neurol., Centralblatt*, 1894, № 11 и 1895, № 19). В эту же группу форм входят, по-видимому, и известные под названием «амок» приступы агрессивной фуги с последующей амнезией, встречавшиеся у малайцев.

¹ Наоборот, привнесение в отсталый народ современной цивилизации часто быстро уничтожает этот расцвет неврозов. Так, обилие тяжелых судорожных, «средневековых» форм истерии у азербайджанских бесправных и угнетенных женщин исчезло, как только они, благодаря советскому режиму, были освобождены от прежней их замкнутой, подчиненной и лишенной всяких интересов жизни.

кращение естественного отбора, бывшее само блестящим достижением эволюции, могло заключать в себе одновременно и предпосылку для широкого распространения крайних, неблагоприятных вариантов нервной системы. Масса слабых, неуравновешенных и особенно инертных людей, наклонных к нерешительности, сомнениям и тревоге, могла наложить свой отпечаток на длинную последовавшую эпоху и потребовать постепенной компенсации этого дефекта, но уже идущей по другой, новой линии,— не по линии улучшения генотипа, а по линии преемственности, о чем речь будет идти ниже. Дальнейшее развитие пошло, таким образом, по линии восхождения вверх «по спирали», по линии новых достижений, сделанных уже иным путем и на ином уровне.

Пока же, на этом первоначальном этапе, преемственность не только не нейтрализовала распространившуюся инертность нервной системы, но, наоборот, всячески культивировала ее и ее последствия, для чего скоро образовались новые причины, уже чисто социально-экономического порядка. Масса впитывала в себя магию, заклинания, запреты, табу и проч. с молоком матери. Однако в этом отношении были,— по крайней мере имеются у современных отсталых народов,— отдельные индивидуальные различия. Так, чукчи, по наблюдениям Богораз, ходили обвешенные всевозможными амулетами, фетишами, священными охранительными предметами и т. п. Однако один чукча сказал Богоразу: «Я ничего не ношу на теле, потому что я знаю, что от таких маленьких предметов нет никакой пользы» — замечательно, что этот разговор имел место еще до революции, в корне изменившей, конечно, всю жизнь чукчей. Также Рамуссен (цит. по Леви Брюлю) сообщает, что среди наиболее примитивных эскимосов можно найти людей, которые совершенно не признают веры без критики и являются «прирожденными скептиками». На таких отдельных скептиков обращает внимание и Леруа: так, девушки часто не соглашались выходить за причитающихся им по правилам женихов, а юноши нередко эмигрируют навсег-

¹ E. Kootz-Kretschmer. «Die Safwa»; цит. по L. Bruhl.

² См. Deniker. «Thearces of man». London, 1900. Интересно, что большинство этих неврозов примитивных народов, например, «Jaup» в Бирме, «Lafah» малайцев, «ba-tschi» в Сиаме или мерячене в Сибири относятся к психогенно-обусловленным, часто вынужденным приступам навязчивых

да, чтобы избежать мучительных ритуалов, связанных с их посвящением во взрослые, и вообще, по Леруа, личность и среди «дикарей» играет немалую роль. Теперь уже никто, говорит Леруа, не верит больше в «коллективное народное творчество», никто не сомневается в том, что Илиаду и Одиссею написал Гомер, а сложнейшие брачные кодексы первобытных племен были созданием их «юристов».

Это наличие среди примитивного общества отдельных личностей со значительно лучше устроенной нервной системой подтверждает нашу точку зрения: вовсе не все примитивное человечество, как думал Дюркгейм, представляется гомогенным; наоборот, здесь были представители разных типов нервной системы, здесь были и более храбрые и более уравновешенные, и менее храбрые, и инертные. Беда состояла только в том, что этих вторых стало значительно больше, чем это было возможно на прежних этапах.

Если для нас делается теперь понятным, какого характера был тот страх, который «родил богов», то точно так же проясняются и пути образования анимизма. Ведь явления патологической застойности и отрицательной индукции в коре головного мозга не были известны не только человеку верхнего палеолита, но они не были известны и образованному европейцу четверть века тому назад, в допавловский период! Однако примитивный человек был наблюдателен и рассуждал с помощью такой же логики, какой мы пользуемся теперь. Он ежедневно убеждался, что практикуемые им магические действия достигают цели, а отсюда неизбежно должен был сделать вывод, что на природу как-то можно влиять, что она связана с его поведением массой связей, аналогичных тем, которыми мы связаны с живыми существами¹. Магия родила анимизм не потому, — как думал Фрэзер, — что человек убедился в безрезультатности магии

и начал искать иных объяснений, а наоборот, именно потому, что он убедился в действительности магических приемов, а этого он не мог объяснить иначе, чем допустив сперва одушевление всей природы, а вслед за тем и существование специальных невидимых духов-врагов и духов-помощников. Точно так же первобытный человек, конечно, не знал, что тревожные опасения, овладевавшие им, вовсе не пропорциональны реальной опасности, а являются результатом застойности раздражительного или тормозного процессов в мозгу, — об этом точно так же не знали и европейские ученые до самого последнего времени. Испытывая нерешительность, сомнение и страхи, он естественно принимал это за чистую монету и таким образом неизбежно должен был убеждаться в том, что опасность проходит от ритуального действия. Объяснение всего этого в духе анимизма было, по-видимому, единственным возможным.

В такой трактовке весь вопрос о происхождении первичной человеческой панофобии и вопрос о происхождении анимизма нашел бы себе, как мне кажется, некоторое дополнительное объяснение, и нельзя не пожалеть, что современные этнографы и палеоантропологи, имеющие дело в конечном счете с разными проявлениями высшей нервной деятельности, до сих пор работают со столь большим отрывом от данных современной экспериментальной неврофизиологии.

...На следующей фазе, на фазе уже оформленного анимизма, в истории религий выступает совершенно особое явление, — образование специалистов по сношению с духами, появляется так называемое «шаманство». Здесь снова выступает громадная роль, которую играют в первобытном обществе дефекты нервной системы, но уже идущие не столько по линии инертности, сколько по линии несогласованности сигнальных си-

стем. Это заставляет нас лишний раз убедиться в том, что именно эти два наиболее поздних приобретения высшей нервной деятельности человека — его исключительная подвижность и согласованные сигнальные системы — были больше всего разболтаны при свертывании естественного отбора, причем именно в этих двух отношениях неблагоприятные крайние варианты нормы особенно далеко вышли из своих прежних берегов.

Изучение шаманства представляет для невропатолога интерес совершенно исключительный.

Шаманство, особенно широко распространенное среди негров, тунгусских и палеоазиатских племен Азии и у индейцев Северной Америки, было с очень интересными подробностями изучено нашими советскими этнографами. Привожу в дальнейшем главным образом данные, касающиеся чукчей, гилаков и орочей.

Шаманство у сибирских народов было известно уже очень давно, и еще Харитон Лаптев (XVIII век) дал интересное описание тунгусских шаманов: «шаманство их, писал Лаптев, состоит разными манерами: иные ножами режутся и кричат, иные скачут и в бубен бьют и поют, иные замышляются и тихо говорят, потом придет такое безумие, что в беспмятстве якобы видит дьявола и говорит с ним, чего от него требует. Оное шаманство от них приходит не инако, как нарядясь в особливое к тому платье страшное, на котором множество звонцов медных и разных штукечек железных на тоненьких плетенках, в четверть аршина долгих, нашитых на рукавах и на стану, где главные по шам»¹.

Шаманство, по Б о г о р а з у, проделало в своем развитии некоторые превращения: будучи раньше поголовным, оно стало затем семейным, и только впоследствии вылилось в своеобразную специальность определенного круга людей. У вышеупомянутых реликтовых народов С.-В. Азии

¹ Вспомним то чувство неполноты и досадной неловкости, которую испытываем мы все, а особенно те, кто более инертен, когда мы обнаруживаем, что забыли дома часы или автоматическое перо, или трубку, и то

радостное чувство облегчения, когда мы неожиданно находим эту трубку в боковом кармане. Что мог бы думать первобытный человек об этих вещах, кроме того, что они на самом деле приносят спокойствие, счастье и удачу?

¹ Записки Гидрограф. департ. 1851, т. IX. опубл. Соколовым, цит. по Л. С. Бергу.

еще сохранялись некоторые из этих более древних форм шаманства. Так, среди чукчей, по свидетельству Б о г о р а з а, каждый третий или четвертый претендовал на искусство шаманить, а по свидетельству Штернберга, в каждый ороочской юрте можно было найти 2—3 бубна. Однако у всех этих племен, наряду с этими остатками семейного, существовало и профессиональное шаманство.

Функция шаманов — сношение с духами с целью изгнания злых духов, лечения болезней, сношение с душами умерших и т. п. Происходят эти сношения с духами во время специальных сеансов. Подробное описание такого сеанса дает Б о г о р а з: перед сеансом шаман курит табак; тушатся огни; шаман начинает бить в бубен и петь; сначала он поет тихо, затем — все громче и громче, доходит до крика, помещение все наполняется звуком, и слушателям начинает казаться, что звук идет отовсюду; шаман поет изо всей силы, без слов, — «аякаякаякая»... причем — деталь интересная для невропатолога — «набирает в легкие как можно больше воздуха»; постепенно присутствующие начинают более активно участвовать в сеансе, издают ответные крики, — тут-то в тело шамана и входит дух: шаман начинает бить в бубен скорее, кричит он при этом: «о то-то-то-то» или «пи-пи-пи-пи», что считается уже голосом не самого шамана, а голосом вселившегося в него духа. Одновременно, с помощью весьма искусного чревоуговения, в котором чукотские шаманы большие мастера, шаман издает звуки, идущие из разных углов помещения, то — крики волка или теленка, то даже — жужжание комара; духи скребутся, бегают, трясут полог, бросают предметы; присутствующим запрещается всякая попытка к ним прикасаться. Сеанс длится несколько часов¹.

¹ Необходимо иметь в виду широкое распространение сходных процедур. Когда читаешь описание сеансов изгнания злых духов, практикуемых «нга-нга (врачевателями) у негров Верхнего Конго, с их искусственно вызываемым состоянием «транса» и «коллективного гипноза», невольно поражаешься сходством с нашим сибирским шаманством, — разве только бубен шаманов заменен у негров ба-

Что отдельные детали шаманского транса целиком укладываются в историю, это ясно каждому невропатологу. Но особенно интересно здесь то, что мы присутствуем при социально-бытовой организации невроза, вылившейся в законченную и стойкую форму. Все наблюдавшие шаманство подчеркивают действительное состояние «экстаза», «транса» или «автогипноза», в которое путем искусственных приемов приводят себя шаманы. Мы уже отмечали усиленное курение и гипервентиляцию, применяемую шаманами (Б о г о р а з указывает, что иногда после такого громкого и буйного пения шаман впадает «как бы в столбняк» и лежит неподвижно на земле). Иногда шаман во время камлания доходит до «опасной степени возбуждения, когда его, чтобы привести в себя, опрыскивают водой». Штернберг сообщает, что шаманы, чтобы привести себя в соответствующее состояние, жуют корень или окуривают себя богульником (*ledum palustre*); он считает, что им безусловно можно верить, когда они сообщают об испытываемых ими во время сеанса галлюцинациях. Но замечательно у них соединение действительного экстаза с самым хладнокровным обманом: шаманы тренируются во всевозможных трюках, в общем схожих с действиями европейских фокусников, например, выжимают из большого камня мелкие камушки, имитируют вскрытие живота, протыкают себя ножом и т. п., а одна шаманка, которую видел Б о г о р а з, даже после каждого трюка характерным жестом фокусника раскрывала руки, чтобы показать,

рабаном. Тэйлор приводит серию сходных описаний. Патагонские колдуны бьют в барабан и вертят трещетку, пока с ними не делается «эпилептический (?) припадок», во время которого дух говорит их устами; в Южной Индии и на Цейлоне «бесноватые плясуны» доводят себя до пароксизма, чтобы прийти в вдохновенное состояние, необходимое для лечения болезней; это всегда «очень нервные, впечатлительные люди, вроде медиумов» («Первобытная культура», стр. 352). Вообще «учение о духах болезней и духах прорицания занимает наиболее обширное, важное и постоянное место в пределах диких состояний» (*ibidem*).

что в них ничего нет. Такое удивительное соединение ловкого обмана с патологическим экстазом — мало укладываемое в наше сознание, — может быть, наблюдается и за пределами шаманства.

Многовековая традиция узаконила эти зафиксированные формы заведомо невротической динамики с выраженными чертами истерического невроза. Так образовалась совершенно стандартная форма первого «шаманского призыва», которому подвергаются большей частью молодые люди, иногда в связи с каким-нибудь аффектом, потерей близкого человека и т. п. Призыв происходит большей частью во сне. Кандидат в шаманы нередко долго еще сопротивляется домогательствам духов вступить с ним в пожизненный контакт. Штернберг с сотрудниками указали, что эти духи большей частью противоположного пола и что контакт шамана с ними есть контакт сексуальный, осуществляемый во сне, во время сонного оргазма. В это время, по свидетельству всех этнографов, изучавших шаманство, юноша делается совершенно больным: он чувствует странное и мучительное превращение, теряет жизненные интересы, бросает работу, мало ест, избегает людей, много спит. Чукчи говорят, что он в это время «собирает шаманскую силу». Иногда это сопровождается трансвестизмом¹, иногда и изменением всего поведения в сторону противоположного пола. Также у гиляков, по свидетельству Штернберга, превращение в шамана является тяжелым переломом в жизни юноши, который в это время делается совершенно больным, лежит, худеет, и это длится несколько месяцев; получается настоящее «острое нервное заболевание» с истерическими припадками, обмороками и галлюцинациями. Интересно, как, оказывается, проходит такое заболевание: во время одного из таких истерических припадков к кандидату в шаманы является наконец дух — покровитель, предлагающий ему свое руководство и помощь, — кандидат в шаманы соглаша-

¹ В данном контексте — изменение внешнего облика человека. (Прим. ред.)

ется — и тут-то исчезают истерические припадки и наступает выздоровление.

Кто же набирается в шаманы? Оказывается, специально люди неуравновешенные, нервные. Эта нервно-беспорядочность усиливается специальной тренировкой. Шаманы, по Штернбергу, — люди, большую часть страдающие разными видами истерии, легко поддающиеся гипнозу, самовнушению. Богораз сообщает, что шаманы, с которыми он встречался, «многие были почти истеричны, а некоторые буквально полусумасшедшие». У них часто наблюдались эксплозивные¹ вспышки, невыносимость к боли и к алкоголю, частые ссоры с соседями, произвольные подергивания лицевых мышц.

Сеанс шаманства действителен только тогда, когда и присутствующие начинают чувствовать вдохновение и авторитет шаману. Орочи нередко во время сеанса камлания начинают произвольно повторять жесты шамана, — очевидно, эхопраксия², развивающаяся по типу навязчивых импульсов³. С этим в связи интересно поставить указания на чрезвычайно широкое распространение истерии, имевшее место у этих реликтовых народов: «редко можно встретить селение, в котором не было бы ни одной истерички или истерика, день и ночь галлюцинирующих, слышащих голоса, видящих видения и беседующих с ними, — ими все окружающие интересуются, но никто не считает это бредом»⁴.

Едва ли во всей истории человечества нашелся бы второй пример того, как в создании основного культа, поглощающего все духовные интересы племени, были бы использованы заведомо аномальные, крайние вариации нормы!

¹ Эксплозивные — взрывные. (Прим. ред.)

² Эхопраксия — подражательный автоматизм, склонность некоторых душевнобольных пассивно, автоматически повторять движения и действия других людей. (Прим. ред.)

³ Л. Я. Штернберг. «Религиозные воззрения орочей Татарского пролива». В сборнике «Первобытная религия».

⁴ Л. Я. Штернберг. «Основы первобытной религии».

Конечно, шаманство современных реликтовых племен никак не может быть идентифицировано с мало нам известной практикой палеолитического человека, но все же очень правдоподобно мнение многих современных этнографов, по которым шаманство есть определенная фаза в истории всякой религии, родившаяся из анимизма, и послужившая тем институтом, из которого выросли впоследствии более квалифицированные жрецы. А если это верно, нам придется считать, что на заре человеческой предистории не только широкое распространение инертности, но и широкое распространение неуравновешенности сигнальных систем наложилось на соответствующую культуру свой характерный отпечаток. Да это и вполне понятно. Как только распространились и укрепились анимистические представления, какие-то прямые сношения с духами стали неизбежны, и здесь получили особую ценность такие качества высшей нервной деятельности, как способность впадать в более или менее глубокие гипноидные состояния с частичным бодрствованием некоторых отделов коры, со снами наяву, с самовнушенными галлюцинациями и т. п., т. е. все то, что характерно для истерии, развивающейся, как известно, на почве слабой второй и преобладающей первой сигнальной системы. Эта истеричность, как известно, может поддаваться значительному дальнейшему ухудшению при ее тренировке в неблагоприятном смысле. Такой культ истерии как раз имел место в нашем примере.

Мы очертили, если можно так выразиться, физиологические корни магии, анимизма и шаманства. В дальнейшем развитие пошло уже по совершенно иному пути. Появился родовой строй. Продолжался процесс развития, основанный на развитии производственно-экономических отношений. Очень скоро появились первые признаки хозяйственного неравенства и экономического расслоения. Начал оформляться класс эксплуататоров и класс эксплуатируемых. Религия сделалась испытанным средством угнетения и реакции. Жрецы и первоначальные служители культа начали организованно усложнять религиозную практику, стремясь затем-

нить сознание людей. Разрабатывая сложнейшие системы запретов и табу, они стремились укреплять власть и собственность.

Однако дальнейшая судьба не всех народностей оказалась одинаковой. Вследствие различия сложных историко-географических условий, отдельным ветвям человечества удалось в дальнейшем развитии выработать какие-то компенсаторные нормы, позволившие им преодолеть невротический кризис ранней предистории, в то время как другие ветви, находившиеся в менее благоприятных условиях, легко могли зайти в своеобразный культурный тупик и надолго остановиться в своем прогрессе. Изоляция, суровые условия существования, небольшая численность, подчинение более сильным соседям и другие причины могли сделать то, что дальнейшая жизнь таких племен пошла по линии все большего усиления формальной стороны первобытной магии и первобытной религии, окончательно загрузивших критические способности человека и приведших к тому, что вся духовная жизнь этих племен вылилась в сложнейшую систему бессмысленных, забивающих голову, ритуалов, контролируемых каждый шаг человека и резко затрудняющих его производственную полезную повседневную деятельность. В таком состоянии находились раздробленные и забытые царским правительством мелкие палеоазиатские племена, и понадобилась социалистическая революция у соседних, более сильных народов, чтобы быстро вывести эти племена из их культурно-экономического стаза¹. Как раз у этих племен этнографы могли еще недавно наблюдать эти первобытные формы, доведенные до роли трагической карикатуры, — что между прочим в значительной степени помогло им восстановить основные принципы в общей эволюции религии.

Что же случилось с другими, более удачливыми племенами, которым удалось как-то выйти из застоя и начать прогрессировать? Здесь, очевидно,

¹ Стаз — в медицине означает затруднение движения по каналам тела их содержимого, чаще всего — застой крови. (Прим. ред.)

осуществлялся уже прогресс не по линии наследственности (генотип оставался тем же), а по линии преемственности, по линии организации поведения¹. «Воспитание», вначале еще, конечно, стихийное (хотя, несомненно, имевшее громадное значение, начиная с самых первых шагов первобытного человека), необходимо развивать в себе известную выдержку и стойкость начали постепенно переделывать первоначальный невротический загиб и, конечно, начали брать верх². Все поведение индивидуума стало меньше определяться врожденными свойствами нервной системы, а больше — социальными требованиями коллектива. «Преемственность» начала побеждать «наследственность».

¹ Чем дальше зашел этот «бег на месте», тем меньше годятся такие народы для аналогий с жизнью нашего палеолитического предка. Таковы, по-видимому, туземцы Центральной Австралии, которых некоторые авторы, как, например, К. М. Тахтарев, охотно сравнивают с людьми палеолита; однако они приручили собаку! В своей же духовной жизни они дошли до крайне специализированной обрядности, до сложных, длящихся неделями способов посвящать юношей во все тайны тотемизма и т. п. Их старейшины, как свидетельствуют Спенсер и Гиллен, собираются периодически для специального обсуждения обычаев и правил поведения и иногда — даже теперь — продолжают выдумывать новые брачные ограничения. Оставаясь в своей индустрии на уровне каменного века, они, однако, должны быть признаны уже совершенно неподходящим объектом для составления нашего «синтетического предка», по выражению Маретта.

² Эта мысль об историческом значении тренировки в истории человечества, в иной форме и в ином плане, встретилась мне в одной из недавних работ Ф. Р. Дунаевского, и я не могу не привести здесь его заключительных слов: «недостаточное развитие (у человека) их (аппаратов, позволяющих выключать отдельные компоненты реакции тревоги) в исторический период человечества находило себе отражение в разнообразнейших моральных и педагогических доктринах... превозносились «выдержка», «стойкость»... прогрессивное явление, продвигающее тенденцию эволюции при посредстве культуры (курсив мой). См. Ф. Р. Дунаевский, «Проблемы физиологической резистентности». Журнал общ. биологии, т. IV, № 6, 1943, стр. 361.

Этот основной процесс не является, конечно, как на это очень правильно указал мне И. И. Шмальгаузен, чем-то абсолютно новым в эволюции. У высших птиц и млекопитающих фенотип формируется уже определенно не только на базе генотипа, но и на определенной «традиции» и «выучке». У человека же этот процесс преемственности пошел неизмеримо дальше. Совершенно несомненно, что решающим моментом для этого явилась необходимость преемственно передавать от поколения к поколению искусство готовить орудия производства. Так появились новые факторы прогресса.

Но в этой новой преемственности, в «воспитании», заключалось не только обучение искусству охоты, постройке жилищ, выделки орудий и проч. Здесь параллельно должна была идти и тренировка высшей нервной деятельности, выдержки, стойкости, настойчивости, осторожности, — всех тех качеств, которые были столь важны для первобытного охотника, т. е. культуры как раз всех тех качеств, которые находились под угрозой при одновременном постепенном свертывании естественного отбора. И подобно тому, как прекращение естественного отбора заключало в самом себе внутреннюю опасность — одновременное резкое ухудшение человеческого генотипа, — так точно и экспансия наименее приспособленных была, может быть, одной из причин для необходимости иного, нового пути дальнейшего развития для преодоления невротической опасности. Прогресс человечества — прогресс, не окончившийся еще до сегодняшнего дня, — шел здесь, — как и везде, — не по линии замкнутого круга и не по принципу постепенного поднятия вверх, а по линии диалектического развития.

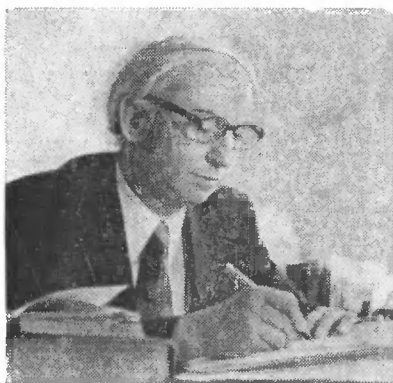
Таковы главные этапы, которые мне представлялось интересным отметить. Я отнюдь не хотел бы, конечно, преуменьшать роль социально-бытовых и хозяйственных отношений в человеческой предыстории, — нет никакого сомнения в том, что изобретение первых орудий было началом долгого прогресса, движущей силой которого было дальнейшее развитие

средств производства. Однако на результат этого процесса не могли не влиять, помимо основной «движущей силы», и «колеи» дороги, вся сложная конъюнктура, включавшая в себя, помимо географических условий и случайных исторических событий, прежде всего тот психофизиологический материал, который был важным субстратом прогресса. Привлечь больше внимания к этому последнему пункту и было моей задачей, тем более, что вопрос этот остается очень важным: многое в этой интересной области стало бы для нас более понятным, если бы мы, наряду с социально-бытовыми и производственно-хозяйственными факторами прогресса, учитывали и особенности физиологии высшей нервной деятельности, дававшей, несомненно, значительные сдвиги в эти доисторические эпохи.

УДК 612.821; 300.331.1

Встреча с «великим» шаманом

С. И. Вайнштейн
Доктор исторических наук



Севьян Израилевич Вайнштейн, старший научный сотрудник Института этнографии АН СССР. Работает в области археологии и этнографии Южной Сибири и Центральной Азии. Монографии: Тувинцы-тоджинцы. М., 1961; Историческая этнография тувинцев. Проблемы кочевого хозяйства. М., 1972; История народного искусства Тувы. М., 1974. В «Природе» опубликована статья «Картинная галерея Сыын-Чюрека» (1975, № 5).

Эта встреча с шаманом произошла в Туве летом 1963 г. Возглавлявшийся мною археолого-этнографический отряд Тувинской комплексной экспедиции Института этнографии АН СССР вел тогда исследования на небольшом острове среди озера Тере-Холь, расположенного в истоках Енисея. Тере-Хольский район был тогда, пожалуй, самым труднодоступным и глухим. Добраться туда можно было либо по таежным тропам верхом на лошадях, либо на самолете — ни одна автомашина в ту пору в эти края еще не доходила. Места эти были почти безлюдны, лишь изредка встречались одиночные юрты и островерхие чумы рыбаков и охотников. Озеро окружала девственная тайга и топи, а вдали виднелись высокие снежные хребты Хан-Тайги.

На острове возвышались поврежденные временем, но еще величественные стены древнеуйгурской крепости VIII в. н.э. Мы вели раскопки замечательного памятника — дворца Моюн-Чура, одного из повелителей Центральной Азии. В один из летних вечеров, в конце июля, мы собрались у костра, обсуждая ход раскопок за день. В тот вечер к огню подсел наш новый знакомый — старый колхозный рыбак, привезший на лодке рыбу. Он неторопливо беседовал с нами, раскуривая длинную тувинскую трубку. Интересовался раскопками, посмотрел некоторые находки, а затем рассказал нам предание о происхождении озера и крепости.

Я спросил рыбака, от кого он его слышал. «От моего родственника Шончур-Хама», — последовал ответ. Рыбак показал рукой в сторону северного берега озера и добавил: «Недавно он вышел из тайги, теперь жи-

вет здесь, недалеко». Неожиданное сообщение меня чрезвычайно заинтересовало и, признаться, взволновало. Имя, названное рыбаком, было мне давно известно. Это было имя старого тувинского шамана. Путешествуя по саянской тайге, я впервые услышал его от таежных оленеводов-охотников еще в 1951 г. Мне говорили, что Шончур-Хам — «большой, великий» шаман. До этого (в 1948 и 1949 гг.) мне приходилось изучать шаманство у кетов на Подкаменной Тунгуске. Я не раз беседовал там с бывшими шаманами, но, так сказать, действующих шаманов, тем более слывших у местных жителей «великими», ни среди кетов, ни среди тувинцев ни разу не встречал.

Это было вполне естественно: огромные успехи культурного строительства в нашей стране привели к тому, что шаманство быстро утратило свое бывшее значение даже среди наиболее отсталых в прошлом сибирских народов. Подавляющее большинство шаманов еще к середине 30-х годов отказалось от своей деятельности, оставшиеся же прятались в тайге, всячески избегая встреч с незнакомыми им людьми. Помню, еще в 1951 г. я настойчиво искал встречи с Шончур-Хамом (слово «хам» означает в тувинском языке «шаман»), проехав на лошадях и оленях не одну сотню километров по тайге, но тогда он от встречи уклонился.

Шаманство — чрезвычайно интересное явление в истории религии, одна из ее наиболее ранних форм, возникших еще в эпоху первобытного общества. Однако шаманство представляет не только исторический интерес — оно привлекает также внимание медиков, психологов и психиатров в силу



Шаман Шончур в ритуальном костюме с бубном. Тува, 1963 г.

ряда его особенностей, связанных с деятельностью шамана и его личностью, способами воздействия шамана на своих «пациентов».

Наибольшая заслуга в изучении сибирского шаманства, которое началось еще в XVIII в., принадлежит русским и советским ученым (В. М. Михайловский, Л. Я. Штернберг, В. Г. Богораз, С. А. Токарев и др.).

Многое было сделано и зарубежными этнографами, однако ряд вопросов, связанных с шаманством, поныне остается нерешенным.

...Узнав о моем желании повидать Шончура, рыбак через несколько дней привез приглашение шамана посетить его юрту. Рыбак обещал сопровождать нас. Меня привлекала не только возможность встречи и, следовательно, выяснения вопросов, которые позволили бы охарактеризовать не изученное еще в то время тувинское ша-

манство, но и редчайшая возможность сделать впервые цветные фотоснимки шамана со всеми его атрибутами. Появилась даже надежда отснять камлание на цветную кинопленку, так как в лагере в это время находился московский оператор Ю. Н. Альдохин.

И вот, в первых числах августа, мы — небольшая группа участников раскопок, включая молодых тогда тувинских ученых М. Х. Маннай-оола и С. М. Биче-оол, переплыв на рыбацкой лодке озеро, высадились на его



*Шаман Шончур во время камлания.
Фото Ю. Н. Альдохина и
С. И. Вайнштейна.*



северном берегу. На небольшой таежной полянке одиноко возвышалась старая латаная войлочная юрта. Из нее, сутулясь, вышел высокий и худощавый старик — шаман Шончур, одетый в традиционный тувинский халат, и пригласил в юрту. Когда наши глаза привыкли к полумраку юрты, освещенной слабым костром очага, мы разглядели ее небогатое убранство.

Напротив входа, на самом почетном месте, стоял, прислоненный к решетчатой стенке, массивный круглый бу-

бен; рядом, на стене, висели маленькие идолы в лохматой одежде, изображавшие духов-покровителей шамана. Их глаза-бусинки тревожно поблескивали в полумраке.

Шончур усадил нас рядом с собой, угостил тувинским соевым чаем. Постепенно наша беседа с ним и его гостеприимной женой перешла в рассказ Шончура о себе.

...Он родился в семье оленеводов-охотников в горах Восточного Саяна. Его отец происходил из древнего ту-

винского племени Соян (по имени этого племени носят свое название Саянские горы). Когда Шончуру было примерно 14 лет, у него начались галлюцинации. Он убежал из родительского чума, долго скитался по тайге, не охотился, почти ничего не ел и в результате чуть не погиб. Он не помнил, сколько дней бродил по тайге, часто теряя сознание... В конце концов его с большим трудом нашли родственники, посадили на оленя и, совершенно обессиленного, привезли

в чум. Не дожидаясь, когда он придет в себя, к нему пригласили старого («большого») шамана: таков был обычай. Шаман камлал всю ночь рядом с лежащим Шончуром. Когда начало светать, приглашенный шаман сообщил присутствовавшим, что в больного вселился дух давно умершего шамана — предка из рода Соян. Поэтому, если родственники хотят, чтобы больной выздоровел, то пусть он станет шаманом. Шончур не хотел этого, боялся и несколько дней наотрез отказывался. Но слова старого шамана были для родственников законом. Они убедили подростка стать шаманом, они же — коллективно (пережиток древних родовых традиций) — приготовили Шончтуру шаманские принадлежности: бубен, колотушку, головной убор, короткий, но очень тяжелый халат, особые сапоги.

Потом все жившие поблизости члены рода собрались снова и совершили особый праздничный обряд оживления бубна. После совершения обряда бубен «ожил» и с тех пор служил конем для странствий шамана по миру духов, колотушка же в эти моменты превращалась в плетень, которой шаман погонял коня. Во время обряда оживления приглашенный шаман в присутствии Шончура и его ближайших родственников камлал над бубном, а потом все родственники по очереди били в него колотушкой. Последним ударил в бубен сам Шончур. С того времени как Шончур стал шаманом, его болезнь начала проходить.

Он много раз совершал камлания, изгонял из людей и животных злых духов — причину болезней. Со злыми духами ему приходилось бороться неустанно. В этой борьбе ему помогали добрые духи-помощники. В Верхнем мире, по словам Шончура, правит могучий хан Курбусту, в Среднем, кроме духов, живут и люди, а в Нижнем мире властвует кровожадный Эрлик, владыка всех земных сил...

Когда Шончур закончил свой рассказ, мы попросили его показать шаманские принадлежности. Его ритуальный головной убор состоял из кожаной повязки, обшитой красной тканью. Сверху к ней были прикреплены орлиные перья, снизу болтались длинные кожаные жгуты, обшитые тканью. На повязке очень условно

было вышито изображение человеческого лица. Шаманский кафтан был сшит из шкуры оленя мехом внутрь, рукава и воротник обшиты красной тканью. Из кафтана оленьим волосом были вышиты кости человеческого скелета; на плечах пришиты перья орла. К кафтану были прикреплены железные модели лука и стрелы, а также различные бронзовые и железные подвески, пришиты шкурки белки, колонка, уток — вместилища духов-помощников шамана.

Бубен оказался сделанным из деревянного обода, обтянутого с одной стороны шкурой марала. На шкуре оранжевой охрой были нарисованы девять звезд, марал и два хвойных дерева. Схематический рисунок на бубне поразительно напоминал древние тувинские петроглифы, относящиеся к началу н. э.

Между тем наступал вечер. Не очень уверенный в согласии Шончура, я все же попросил его покамлать для нас, обеспечить нам удачу в работе. Шончур согласился. Его родственник и жена помогли ему облачиться в шаманский наряд. С трудом они надели на него тяжелый кафтан. Чувствовалось, что костюм и бубен тяжелы для старика, и невольно возникало сомнение, сможет ли Шончур двигаться в этом одеянии.

...Шончур сделал шаг к костру, подбросил сухих веток — вспыхнул яркий огонь. На решетчатых стенах жилища заплескали отблески пламени. Шаман склонился над огнем с бубном: он его сушил, чтобы бубен лучше звучал.

Несколько человек сидели у очага. От людей падали странные длинные тени. Казалось, машина времени унесла нас на две тысячи лет назад, в то далекое время, когда здесь, в Азии, обитали родственные гуннам племена, совершая у святилищ, в лунные ночи, у костра обряды с участием шаманов, а их древние изображения вместе с фигурами духов-помощников высекали на скалах.

...Убедившись, что бубен подсох, Шончур ласково обратился к бубну — коню и спросил, готов ли конь к дальнему пути. Затем ласково потрепал его — как живое существо — и угостил, смазав кожу чаем и жирным густым оленьим молоком. Теперь бубен-конь накормлен — можно начинать. При-

жав бубен к себе, шаман грузно сел на пол, закрыл глаза и, повернувшись спиной к огню, начал тихим голосом медленно петь.

Мы включили магнитофон, записывая слова камлания и редкие, вначале — тихие удары в бубен, постепенно звучавшие все громче и громче. Ю. Н. Альдохин, примостившийся у стенки юрты, начал съемку.

...Постепенно повышая голос, шаман перечислял своих помощников — зверей и птиц: ворона, сокола, уток, рыб, змей, горного козла и других, хвалил, воспевал их достоинства. Рассказывал, что они в это время делают (о птицах он, например, пел: «Девять птиц разных мастей летают вокруг озера Тоджа, летают, высматривают...»). Вот он заговорил о могучем горном козле. В сопровождении птиц он отправился в Верхний мир. Удары в бубен теперь то вновь затихали, то звучали громко и ритмично, то напоминали резкие беспорядочные выстрелы, то вновь становились еле слышными. Его голос также все время менялся: то становился мягким и вкрадчивым, то грозным и требовательным. Это он вел разговор со злыми духами, которых встречал на своем пути. Вначале говорил с ними уважительно, а потом, когда они почему-либо не соглашались на его просьбу, голос его звучал угрожающе и вызывающе. К одному из злых духов он обратился так:

— Ну, подходи!

Я с тобой схвачусь.

Учи — у меня железная стрела!

Что ты со мной сделаешь,

подумай!

Подумай о своих легких, сердце,

О своей жизни!

Если будешь мужчиной, то

победишь,

Если проиграешь, то умрешь!

Если не боишься, приходи!

Я имею силу, мощь.

А ты их имеешь?!

Давай встретимся — ведь мы

мужчины, —

Узнаем, кто сильнее!

Ты увидишь, что я не буду под

твоими ногами!

Злые духи, как мы видим, в представлении шамана, смертны, имеют легкие и сердце. Их можно сразить, побороть, испугать, заставить выполнять волю шамана.

...Вдруг шаман замолчал и резко вскочил. Почти в танце он сделал несколько движений, очень удивив меня их легкостью и свободой (я хорошо помнил, с каким трудом он передвигался, надев свой костюм). Стоя и как бы угрожая, он начал бить в бубен короткими, сильными ударами. Глаза его были по-прежнему закрыты (это мы впервые установили, просматривая кинокадры — раньше этнографы этого не фиксировали). По его выкрикам, движениям, мимике было совершенно очевидно, что Шончур находился в состоянии глубокого экстаза. Слова он произносил уже не нараспев, как это было вначале, а выкрикивал их хрипло, отрывисто. Теперь он иступленно изображал жестокую борьбу со злыми силами, со злым духом — его давним коварным врагом. Красноватое в слабом свете гаснувшего костра, морщинистое, худое, покрытое капельками пота лицо шамана, с глубоко впавшими, закрытыми глазами, вновь приняло устрашающее выражение. Прикрываясь бубном, как щитом, он легко бегал и прыгал по юрте, гоняясь за злым духом, не открывая глаз, однако, и, как это ни странно,

никого из присутствующих при этом не задевая.

Из глухих выкриков шамана можно было понять, что дух уклонялся от борьбы: то он прыгал в воду и превращался в рыбу, то, став птицей, укрывался в облаках. Шаман громко призывал своих духов-помощников преследовать врага вместе с ним. Сам он, в одиночку, — судя по словам Шончура, которые удавалось разобрать, когда удары в бубен затихали, — не мог осилить злого духа. Но вот пришла подмога от духов-помощников. Раздался резкий удар в бубен — это шаман выстрелил в злого духа своей острой железной стрелой. Выстрел оказался не очень метким: дух был лишь ранен и обратился в бегство. Шаман кинулся за ним. Однако дух всячески увертывался. Шаман делал быстрые, ловкие и неожиданно резкие движения. Он прыгал и, наконец, настиг врага. Началась борьба. Враги упали и катались по полу юрты. Шаман крепко прижимал злого духа бубном. Тот, судя по рывкам бубна, безуспешно пытался вырваться. Наконец дух, видимо, обессилен; шаман убедился в этом, приподняв

бубен и заглянув под него. Шончур с презрением пнул духа ногой и затем начал топтать его; спустя некоторое время шаман поднес злого духа ко рту, облизнул его и охотно съел, произнося:

— Я съел тебя, съел твои легкие и печень! Мою красную кровь лизать тебе не дам!

Итак, победа в драматичной борьбе была одержана, злой дух, «мешавший нашей работе», повержен.

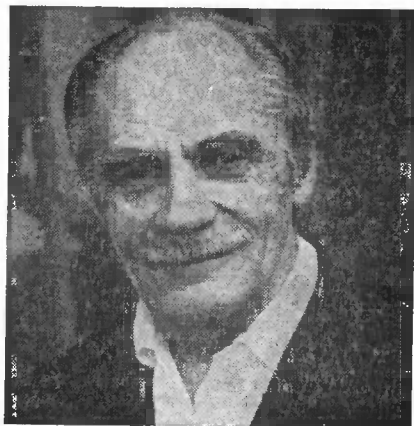
...Шаман сообщил о своем возвращении из странствий. Сделав несколько шагов по юрте, Шончур в глубоком изнеможении тяжело опустился на пол и лишь через несколько минут открыл глаза — мы опять увидели перед собой старого, сгорбленного и очень усталого человека.

Через несколько лет Шончур умер — это был один из последних тувинских шаманов и, несомненно, последний, сохранявший полностью древнюю традиционную культовую одежду.

УДК 612.821; 300.331.1

Идеи С. Н. Давиденкова в свете современной биологии

Профессор А. А. Малиновский



Александр Александрович Малиновский, доктор биологических наук, старший научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР. Основные работы относятся к эволюционной и медицинской генетике, к анализу патогенеза некоторых заболеваний, к теории биологических систем. Неоднократно публиковался в «Природе» (1970, № 2; 1972, № 3; 1974, № 6 и др.).

С. Н. Давиденков — один из наиболее крупных невропатологов и крупнейший представитель отечественной медицинской генетики и генетики человека. Первым в нашей стране и одним из первых в мире он организовал (еще в 1930-х годах!) совместно с психиатром А. Г. Галечьяном медико-генетические консультации для лиц, желавших оценить возможную опасность заболевания для детей той или иной наследственной болезнью. Только теперь, более чем через 40 лет, когда подобные консультации распространены во всем мире, когда они ос-

живаются и в нашей стране, мы можем полностью оценить эту замечательную инициативу Давиденкова.

Его перу принадлежит множество научных статей и несколько монографий¹. Но не обилие публикаций создало Давиденкову широкую известность, а то, что им было намечено решение многих основных проблем генетики человека. Так, едва ли не первый, он указал на генетический полиморфизм большого числа наследственных заболеваний, т. е. на то, что клинически однородное заболевание часто оказывается вызванным — у различных больных — мутациями не одного и того же, а различных генов. Это доказывается, в частности, тем, что тип наследования у них может быть совершенно разным: у одних — доминантным, у других — рецессивным, у третьих — сцепленным с полом. (Сейчас это внешнее копирование одной патологической мутацией другой мутации доказано еще для многих наследственных заболеваний нервной системы, для глазных заболеваний и т. д.). Давиденковым же проанализированы и, в известном смысле, обратные явления, когда бесспорно одна и та же мутация проявляется весьма различно у различных представителей одной и той же семьи.

Наиболее широкие обобщения, касающиеся на конкретные неврологические механизмы некоторых парадоксальных культурных феноменов у первобытного человека, развиты были им в книге «Эволюционно-генетические проблемы в неврологии», главы из которой предлагаются читателю. Речь здесь идет о применении в психоневрологии принципов, развитых в эволюционной генетике и в физиологии высшей нервной деятельности. С современной точки зрения Давиденков дал в этой книге рациональное объяснение ряда явлений, изученных этнографами у народов с примитивной культурой, таких явлений, которым или не давалось объяснения, или давалось объяснение достаточно ту-

манное и сложное. Вводя в объяснение социальных явлений физиологические элементы, Давиденков, с редким у биологов тонким пониманием связей социальных и биологических закономерностей, показывает, как биологические механизмы подчиняются социальным потребностям примитивного общества и какую общественно необходимую функцию в нем выполняют.

Выдающийся советский физиолог Л. А. Орбели так оценил эту книгу в своем предисловии: «Появление книги Сергея Николаевича Давиденкова «Эволюционные и генетические проблемы в невропатологии» надо считать настоящим торжеством советской науки. Впервые в истории медицины выходит труд, в котором один из труднейших разделов медицины освещается теоретической мыслью, охватывающей все современные основы биологии»¹.

Разумеется, не все детали концепции Давиденкова можно безоговорочно принять в настоящее время. В частности, это относится к роли снятия отбора в проявлении силы и слабости нервной системы, о чем говорится в публикуемых главах. Давиденков совершенно прав, говоря о падении роли отбора уже на первых ступенях развития человечества. Но это, в первую очередь, относится к морфологическим признакам (что, в частности, способствовало, по-видимому, дивергенции рас второго порядка). В гораздо меньшей степени это может быть отнесено к физиологическим характеристикам, таким как характеристики центральной нервной системы. Действительно, те особенности нервных процессов, которые рассматривает Давиденков — их сила и подвижность — сохраняют свое значение на всех этапах социального развития, и такие странные социальные механизмы, как магические обряды, по справедливому мнению Давиденкова, были выработаны в обществе, чтобы компенсировать тормозящее всякую активность действие сильных раздражителей (страха и т. п.) на членов племени. Однако, видимо, такое действие

сильных раздражителей вовсе не является результатом падения отбора и накопления ослабляющих нервную систему неблагоприятных мутаций, ибо в то время накопление таких мутаций вряд ли еще могло идти — отбор устранял их и на том этапе истории человечества. Скорее, выработку таких защитных обрядов надо рассматривать как результат относительного социального прогресса. Такой прогресс позволил выработать в центральной нервной системе защиту от нарушений нервных процессов (на охоте и т. д.), сначала в магической форме. На более низкой стадии социального развития эти нарушения тоже были, но они еще не компенсировались ничем и, естественно, могли наносить реальный ущерб в мероприятиях первобытной орды путем внесения неуверенности в ряды исполнителей.

Другое дело, — и в этом Давиденков прав, — что первоначальные шаги развития этих защитных механизмов могли в первую очередь начинаться с более слабых и ранимых членов племени, которые индивидуально вырабатывали такие механизмы для себя. И только уже потом они постепенно заимствовались всем племенем и превращались в обязательный ритуал, поскольку оправдывались практикой племени.

Эти и некоторые другие аналогичные поправки не снижают исключительной ценности идей Давиденкова, излагаемых в опубликованных главах, идей, которые многое разъясняют нам в такой непростой для современной науки области знания, как первобытное мышление.

УДК 612.821; 300.331.1

¹ Материалы к учению об афазии. Харьков, 1915; Наследственные болезни нервной системы. М., 1932; Клинические лекции по нервным болезням. Вып. 1—4, Л., 1952—1961; Клиника и терапия прогрессивных мышечных атрофий. Л., 1954.

¹ Орбели Л. А. Предисл. к кн.: Давиденков С. Н. Эволюционно-генетические проблемы в неврологии. Л., 1947, с. 7.

Идеи С. Н. Давиденкова и современные проблемы изучения первобытного творчества

Б. А. Фролов
Кандидат исторических наук



Борис Алексеевич Фролов, старший научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР. Работает над проблемами психологии творчества, изучает памятники творческой деятельности первобытного человека. Монография: Числа в графике палеолита. Новосибирск, 1974. В «Природе» опубликована статья «Магическая семерка» (1972, № 5).

Немало попыток раскрыть столь заманчивые темы, как механизм первобытной магии и психология первобытного творчества, осталось лишь достоянием истории науки в немалой степени из-за абстрактности и глобальности подхода, из-за неясности (или ущербности) исходных теоретических позиций. С. Н. Давиденков же

прекрасно отдавал себе отчет в том, какого рода проблемы в истории человечества он может попытаться решить как специалист по физиологии высшей нервной деятельности, сколь надежной является в этом случае опора на учение И. П. Павлова и, кроме того, какой круг исторических источников целесообразнее всего привлечь к разработке своей идеи. На последнем обстоятельстве следует остановиться особо.

Данные из истории первобытной культуры, приводимые Давиденковым, взяты, как правило, из капитальных исследований, принадлежащих к числу классических. Достоверность фактов вряд ли может быть поставлена под сомнение, если мы знаем, что они установлены, например, выдающимся английским историком культуры Э. Тэйлором (1832—1917) или выдающимися отечественными исследователями народов Северной Азии Л. Я. Штернбергом (1861—1927) и В. Г. Богоразом-Таном (1865—1936). Здесь автор, безусловно, опирается на надежные источники, и нельзя не воздать должного не только широте его эрудиции, но и тонкому пониманию материала, с которым он работает.

Дело, однако, несколько меняется, когда речь идет о теоретическом осмыслении значения этих исходных эмпирических данных самими специалистами в области этнографии, антропологии или археологии. За последние четверть века этими научными дисциплинами накоплены массивы новых и, нередко, неожиданных фактов, заставляющих пересматривать даже те теоретические положения, которые еще совсем недавно представлялись незыблемыми.

Нет ничего удивительного в том, что через 28 лет после выхода исследования Давиденкова могут быть признаны устаревшими или явно неприемлемыми некоторые детали той историко-культурной концепции, которую он интерпретировал как специалист в области высшей нервной деятельности. Однако суть не в этом, а в том, что, отмечая спорность или неприемлемость отдельных моментов историко-культурного аспекта его гипотезы, мы в то же время обнаруживаем дополнительные аргументы в пользу ее жизненности и действительности в целом.

Прежде всего нужно отметить, что современные данные археологии палеолита не вполне согласуются с той схемой смены верхнепалеолитических культур (ориньяк — солютре — мадлен), с которой начинается изложение гипотезы Давиденкова. Схема крупнейшего французского археолога Г. де Мортилье (1821—1898), дополненная другим французским археологом — А. Брейлем (1877—1961), отражает лишь один из вариантов культурного развития человечества в конце плейстоцена, более или менее свойственный части населения на территории Франции. В других районах Европы, тем более в Азии и на других континентах, выделяются иные признаки и этапы культурной эволюции, не сводимые к схеме Мортилье — Брейля, так что использование ее для обобщающих характеристик истории и культуры палеолита может быть лишь весьма условным.

Попутно нуждаются в уточнении и те места текста Давиденкова, где говорится об «удивительной ориньякской живописи», «причудливых схемах» и «отдельных сценках» ритуаль-

ного смысла в мадлене, «кобруленых пальцах» в эпоху солютре. Речь идет о взглядах, весьма распространенных среди археологов в первую половину XX в. Теперь мы знаем, что надежно датированные образцы цветописы ориньякской эпохи малочисленны и невыразительны, расцвет же пещерной живописи палеолита приходится на время около 15 тыс. лет назад (основные шедевры пещер Ляско, Альтамиры), что соответствует среднему мадлену. С другой стороны, схематические изображения («причудливые схемы») свойственны не мадлену и солютре, а раннему и среднему ориньяку (древнейшие рисунки контуров фигур и знаков в гроте Ля Феррасси и др.).

Это обстоятельство ставит под сомнение гипотезы таких крупных исследователей психологии палеолитического искусства, как немецкий физиолог М. Ферворн (1863—1921), французский психолог Ж.-А. Люке (1876—1965), современный археолог и историк искусства Г. Кюн (ФРГ), характерные для первой половины XX в. В этих гипотезах утверждалось, что создатели палеолитического искусства, начиная с ориньяка, были способны только к чувственному восприятию, и лишь в солютре или мадлене (а то и позже) можно заметить проблески абстрактного мышления, проявившегося в схематизации некогда реалистического искусства в связи с его подчинением магии, анимизму или иным ранним формам религии. Нетрудно убедиться, что и Давиденков отдал дань таким воззрениям.

Между тем в свете исследований последних десятилетий, и особенно после появления работ А. Леруа-Гурана (Франция) по хронологическому и статистическому анализу основных комплексов палеолитического искусства Западной Европы, стало очевидным: «конкретно-образная» и «абстрактно-знаковая» ветви изобразительной деятельности появились и формировались вместе, тесно переплетаясь на протяжении всего верхнего палеолита; и та и другая формы искусства использовались для выражения удивительно устойчивой системы представлений.

Для Леруа-Гурана эти представления наших палеолитических предков

выступают как значительно более сложные и систематизированные, чем полагали такие сторонники магической концепции, как Э. Тэйлор и французский археолог и искусствовед С. Рейнак (1858—1932), но, в то же время, никоим образом не аналогичные какой-либо религиозной системе современного мира (кроме одного фундаментального свойства: палеолитическая «модель мира» строится на двоичных сопоставлениях и противопоставлениях). Что же касается красочных отпечатков рук с «ампутированными» пальцами на стенах палеолитических пещер, то Леруа-Гуран убедительно показывает, что речь идет не об «кобрулении» пальцев охотниками на мамонтов и бизонов, а лишь о подгибании пальцев в разных позициях, имеющих свое информационное значение для посвященных в этот «язык».

Отмечая такого рода детали, современный читатель должен будет констатировать, что Давиденков, иногда ошибаясь, чаще — не вникая в довольно-таки частные вопросы мышления первобытного человека, был глубоко прав по существу, когда писал: представляя слишком глупым первобытного человека, авторы теорий о происхождении религии уменьшают шансы на решение этой проблемы. Вполне созвучно современным представлениям критическое отношение Давиденкова и к леви-брюлевской концепции пралогизма¹ как специфического свойства первобытного мышления.

Заметим, что дневники самого Леви-Брюля, свидетельствующие о его мучительных сомнениях и об отказе, в итоге, от «рабочей гипотезы» пралогического мышления, были опубликованы в 1949 г., т. е. уже после выхода в свет книги Давиденкова. В этой книге Давиденков самостоятельно аргументировал неприемлемость гипотезы Леви-Брюля и верность противоположной точки зрения, разделяемой такими выдающимися этнографами, как Л. Морган, Э. Тэйлор, Н. Н. Миклухо-Маклай, Л. Я. Штернберг. Но еще до

¹ Впервые концепция пралогического мышления была высказана французским социологом и этнологом Л. Леви-Брюлем (1857—1939) в 1910 г. в качестве «рабочей гипотезы».

них она была предельно четко выражена Марксом: «Так как процесс мышления сам вырастает из известных условий, сам является естественным процессом, то действительно постигающее мышление может быть лишь одним и тем же, отличаясь только по степени, в зависимости от зрелости развития, и, в частности, развития органа мышления»¹.

Поскольку у всех представителей современного человечества, начиная с позднего палеолита, единый тип строения и развития мозга, поскольку, далее, опытным путем показано фундаментальное значение процессов возбуждения и торможения в его функционировании, постольку, в принципе, возможны сопоставления психофизиологии и поведения людей (в норме или патологии) в условиях различных культур.

Расцвет художественного творчества в конце палеолита не раз пытались объяснить какими-то патологическими расстройствами мировосприятия, навязчивыми состояниями и т. п. Такие гипотезы не выдерживают критики, и на их фоне исследование Давиденкова представляется еще более фундаментальным и строго обоснованным. Его лейтмотив — стремление проникнуть в специфику общественного быта, всего жизненного уклада «дикаря». Отдавая должное тем продуктам познавательной и творческой деятельности первобытного человека, которые соответствуют возможностям человека современного типа в норме, автор показывает, что даже и отклонения от нормы (в сторону ли повышенной возбудимости или заторможенности нервных процессов) «не пропадали напрасно» в условиях архаичнейших общественных отношений.

Разумеется, прослеживая вслед за автором возможную роль таких отклонений как питательной почвы наиболее ранних религиозных воззрений, мы должны отдавать себе отчет в том, сколь относительно реальная ценность этих воззрений для успешной борьбы первобытного коллектива за существование. Необходимо заметить также, что схема, которой следовал Давиденков и согласно которой кор-

¹ Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 32, с. 461.

ни магии, анимизма и шаманизма уходят в эпоху, предшествующую родовому строю, представляется в настоящее время более сложной. Ныне большинство специалистов согласны с тем, что в верхнем палеолите уже прочно утвердились родовые отношения; по мнению же некоторых исследователей, в это время в ряде районов мира возникают даже родоплеменные отношения. Между тем, несомненно, что шаманизм — одна из довольно поздних форм первобытных религий, сложившаяся в условиях именно племенного строя, хотя, конечно, и использующая более древние элементы магии и анимизма.

Вопрос о первоначальном соотношении последних и поныне остается весьма дискуссионным. До последнего времени довольно популярной была точка зрения о магии как о первой форме мировоззрения первобытных людей, ярко воплотившейся в образах палеолитического искусства; закат же последнего связывали с утверждением анимизма, который сменил магическую концепцию мира, «не оправдавшую надежд» первобытного человечества. Но фактические свидетельства палеолита, взятые в совокупности, не укладываются в прокрустово ложе этой схемы. И здесь нельзя не согласиться с мыслью Давиденкова о том, что шаманизм «никак не может быть идентифицировано с мало нам известной практикой палеолитического человека».

Сейчас нет никаких сомнений, что основу практики людей палеолита составляло верное, в принципе, отражение реальных свойств окружающего мира в их сознании и творческое использование природных ресурсов для удовлетворения своих потребностей. Мы с полным правом говорим о выдающихся возможностях в этом направлении, открывшихся перед человеком верхнего палеолита — неантропом. Его развитие характеризовалось, в частности, завершением процесса формирования лобных долей коры головного мозга до современных пропорций (не достигнутых еще на предшествующей, неандертальской стадии антропогенеза). Именно с лобными долями, по развитию которых человек резко превосходит животных, И. П. Павлов связывал функции вто-

рой сигнальной системы, способность отвлекаться от бесчисленных сигналов внешней среды и обобщать их. Но в то же время «уже в первой, элементарной абстракции», — писал В. И. Ленин, — даны «раздвоение познания человека и возможность идеализма (=религии)...»¹ Следовательно, нет ничего удивительного, что уже в верхнем палеолите на живом древе человеческого познания возникает, по словам Ленина, «пустоцвет»² первобытной религии.

Наряду с изучением гносеологических корней возникновения религии необходимо более глубокое исследование и ее социальных истоков. Тезис Давиденкова о «преемственности», побеждающей «наследственность», применительно к первобытному творчеству верхнего палеолита весьма интересен в этом плане. Перед лицом совокупного труда предков, перед их совместными достижениями, которые индивид принимает как дар свыше (при этом он сознает, что его возможности неизмеримо малы в сравнении с ними) и использует затем как могущественное, «магическое» средство воздействия на окружающий мир, — вполне понятен священный ореол над таинствами инициации и почитание предков в первобытном обществе.

Привыкнув к формуле «палеолитическое искусство рождено магией», исследователи забывают о возможности обратного процесса: искусство первоначально — на фоне «неискусства» — само по себе должно было представлять столь сверхъестественным феноменом «сотворения» нового, неизвестного ранее художественного мира, что по праву становилось простейшей моделью магического «творения мира», «подчинения мира» чьей-то воле.

*

В истории исследований мышления первобытного человека прослеживается довольно четкая тенденция: оценки его поведения претерпевали изменения от категорического отрицания в нем мысли и логики к реабилитации нормальных интеллектуально-

логических способностей наших предков.

Думается, что по мере того как точное, проверяемое опытом научное знание будет распространяться и на психологию первобытного человека, где преобладание фантазии и субъективизма казалось неизбежным, интерес к исследованиям Давиденкова будет возрастать.

УДК 612.821; 300.331.1

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Маркс К. КОНСПЕКТ КНИГИ ЛЬЮИСА Г. МОРГАНА «ДРЕВНЕЕ ОБЩЕСТВО». — «Архив Маркса и Энгельса». Т. IX. М., 1941.

Маркс К. и Энгельс Ф. ИЗ РАННИХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ. М., 1956.

Энгельс Ф. АНТИ-ДЮРИНГ. — В кн.: Маркс К. и Энгельс Ф. Соч. Т. 20.

Энгельс Ф. ДИАЛЕКТИКА ПРИРОДЫ. — В кн.: Маркс К. и Энгельс Ф. Соч. Т. 20.

Энгельс Ф. ПРОИСХОЖДЕНИЕ СЕМЬИ, ЧАСТНОЙ СОБСТВЕННОСТИ И ГОСУДАРСТВА. — В кн.: Маркс К. и Энгельс Ф. Соч. Т. 21.

Ленин В. И. ФИЛОСОФСКИЕ ТЕТРАДИ. — В кн.: Ленин В. И. Полн. собр. соч. Т. 29.

Боас Ф. УМ ПЕРВОБЫТНОГО ЧЕЛОВЕКА. М. — Л., 1926.

Борисковский П. И. ДРЕВНЕЙШЕЕ ПРОШЛОЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА. М. — Л., 1957.

Ефименко П. П. ПЕРВОБЫТНОЕ ОБЩЕСТВО. Изд. 3-е, Киев, 1953.

Золотарев А. М. РОДОВОЙ СТРОЙ И ПЕРВОБЫТНАЯ МИФОЛОГИЯ. М., 1964.

Кочеткова В. И. ПАЛЕОНЕВРОЛОГИЯ. М., 1973.

Леви-Брюль Л. ПЕРВОБЫТНОЕ МЫШЛЕНИЕ. М. — Л., 1930.

Леви-Брюль Л. СВЕРХЪЕСТЕСТВЕННОЕ В ПЕРВОБЫТНОМ МЫШЛЕНИИ. М., 1973.

ЛЕНИНСКИЕ ИДЕИ В ИЗУЧЕНИИ ИСТОРИИ ПЕРВОБЫТНОГО ОБЩЕСТВА, РАБОВЛАДЕНИЯ И ФЕОДАЛИЗМА. Сб. М., 1970.

Монгайт А. Л. АРХЕОЛОГИЯ ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ. Каменный век. М., 1973.

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

ПЕРВОБЫТНОЕ ИСКУССТВО. Сб. Новосибирск, 1971.

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 330.

² Там же, с. 322.

Эффект аномально низкого трения

Е. А. Духовской

Кандидат технических наук

А. Н. Пономарев

Доктор химических наук

А. А. Силин

Доктор технических наук

Член-корреспондент АН СССР В. Л. Тальрозе

Значение внешнего трения в природе и технике общеизвестно. Во многих случаях это явление чрезвычайно полезно. С другой стороны, любая машина или аппарат содержат подвижные сочленения, где трение выгодно снизить, так как общие потери из-за него огромны. К тому же затрачиваемая энергия не просто теряется, а превращается в тепло, которое нагревает машины и приборы, создавая угрозу аварии. Наконец, в роли самого вредного и коварного спутника трения обычно выступает механическое изнашивание, на борьбу с которым сплошь и рядом затрачиваются еще большие усилия, чем на преодоление трения.

Впервые понятие коэффициента внешнего трения (т. е. трения двух несмазанных поверхностей) f было введено еще Леонардо да Винчи, который определил его как отношение силы сопротивления к нагрузке на зону контакта и считал равным 0,25, если поверхности тел достаточно гладки. И в самом деле, для хорошо отшлифованных или отполированных поверхностей величина f изменяется обычно в пределах от 0,1 до 0,3.

Наиболее распространенным способом снижения трения служит введение в зону контакта смазки. Принцип действия жидкой смазки (гидродинамический эффект) хорошо известен. Трение в этом случае обусловлено только сопротивлением течению жидкости в зазор, т. е. является уже не внешним, а внутренним. Величина коэффициента трения при использовании жидких смазок составляет $(1 \div 5) \cdot 10^{-3}$. Для инженеров это уже довольно низкая величина. Поэтому основная забота специалистов, занимаю-

щихся смазками, состоит не в том, чтобы уменьшать эту величину дальше, а чтобы обеспечить смазывание в тяжелых или необычных условиях, типичных для многих отраслей современной техники. Однако жидкие смазки сохраняют работоспособность лишь в довольно узком интервале температур, к тому же они испаряются в вакууме и разлагаются под действием радиации.

Широко используемое в технике качение также нельзя считать универсальным методом снижения трения. Отсюда и возникает потребность в твердых смазках, диапазон использования которых чрезвычайно велик. Надо сказать, что сухое смазывание получило признание сравнительно давно. В частности, графитовая смазка нашла важное применение еще в прошлом веке: например, без графитовых щеток практически не было бы электродвигателей и генераторов.

После второй мировой войны в качестве твердой смазки стали все чаще использовать новый искусственный материал — тефлон, а затем и природный молибденит MoS_2 . Этот удивительный материал вначале нашел применение во вращающихся частях рентгеновских трубок, а позже завоевал большую популярность в космической технике.

Известны многочисленные самосмазывающиеся материалы на основе молибденита, например АМАН, ВАМК, ВНИИП-212, а также твердосмазочные покрытия, наносимые на поверхности трения или синтезируемые непосредственно на молибдене при взаимодействии паров серы. Однако коэффициент трения у этих и других известных твердых смазок составляет

обычно 0,1—0,2. Это означает, что потери на трение при сухом смазывании на 1—2 порядка выше, чем при использовании жидких смазок или подшипников качения.

Помог случай

Двенадцать лет назад группа ученых¹, авторов этой статьи, занялась созданием установки, которая позволяла бы сравнительно просто моделировать поведение пар трения в космическом вакууме с учетом воздействия Солнца и радиационных поясов Земли.

Мы создали в то время, действительно, несложную установку, схема которой показана на рис. 1. Ее конструкция позволила моделировать годичное поведение пары трения на спутнике за какие-нибудь полчаса. Это нас вполне устраивало, и мы получили довольно много полезных для того времени результатов. В частности, было показано, что один из материалов, казавшихся перспективным для узлов трения космической техники, — политетрафторэтилен — под воздействием радиации теряет свои отличные смазочные свойства: коэффициент трения возрастает с 0,1 до 0,3, а интенсивность изнашивания увеличивается почти на два порядка; в то же время молибденит полностью сохраняет смазочную способность даже в условиях исключительно интенсивного облучения. Однако зарегистрировать эффект аномально низкого «сухого» трения нам удалось не сразу.

Следующий этап исследований был

¹ В работе принимал также участие В. С. Онищенко.

связан со стремлением проводить опыты в глубоком вакууме, имея при этом возможность более тонко управлять составом газовой среды, а также моделировать работу пары трения при бомбардировке не только электронами, но и тяжелыми частицами. Работы на этом этапе проводились нами во Всесоюзном научно-исследовательском институте оптико-физических измерений и в Институте химической физики АН СССР.

Модернизированная установка имела кроме электронной пушки еще источник быстрых нейтральных атомов и молекул. Для достижения более глубокого вакуума были применены безмасляные средства откачки, а непрерывный контроль газового фона велся при помощи масс-спектрометра.

И вот наступил тот памятный августовский день. Шел, как всегда, запланированный эксперимент. Условия опыта ничего неожиданного не сулили. Роль мишени в этот раз выполнял полиэтилен, трущийся в паре со сталью ШХ-15. Образец облучался нейтральными атомами гелия до дозы порядка 10^{12} эрг/см². И вдруг перо самописца, фиксирующего силу трения, неотвратно поползло к нулевой отметке. Сила трения начала быстро уменьшаться и постепенно исчезла совсем! Точнее говоря, коэффициент трения снижался от начального значения 0,20 до величины, меньшей чувствительности измерительного устройства, составляющей около 0,001, т. е. уменьшился не менее чем в 150—200 раз. Такое сверхнизкое трение сохранялось, пока продолжалось облучение.

Если же облучение прекращали, коэффициент трения медленно (за 3—5 мин) увеличивался до начальной величины. Повторное облучение снова приводило к практическому исчезновению трения. Вскоре примерно аналогичные результаты были получены на полипропилене, а затем и на молибдените (рис. 2). Было отмечено также, что быстрый напуск атмосферы после получения эффекта приводил к немедленному повышению коэффициента трения до величины порядка 0,1.

Были исследованы и другие материалы. В опытах с полистиролом и

Евгений Анатольевич Дузовской, начальник сектора Всесоюзного научно-исследовательского института оптико-физических измерений (ВНИИОФИ). Занимается исследованием процессов трения и смазывания твердых тел в вакууме при радиационном воздействии.



Ардалион Николаевич Пономарев, заведующий лабораторией Института химической физики АН СССР, специалист в области радиационной химии и исследования реакций свободных атомов и радикалов.



Аскольд Александрович Силин, заведующий лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского института оптико-физических измерений (ВНИИОФИ). Занимается изучением природы внешнего трения, разработкой методов и средств трибометрии, созданием самосмазывающихся материалов.



Виктор Львович Тальрозе, заместитель директора Института химической физики АН СССР, специалист в области химической физики, физических методов стимулирования и исследования химических реакций.



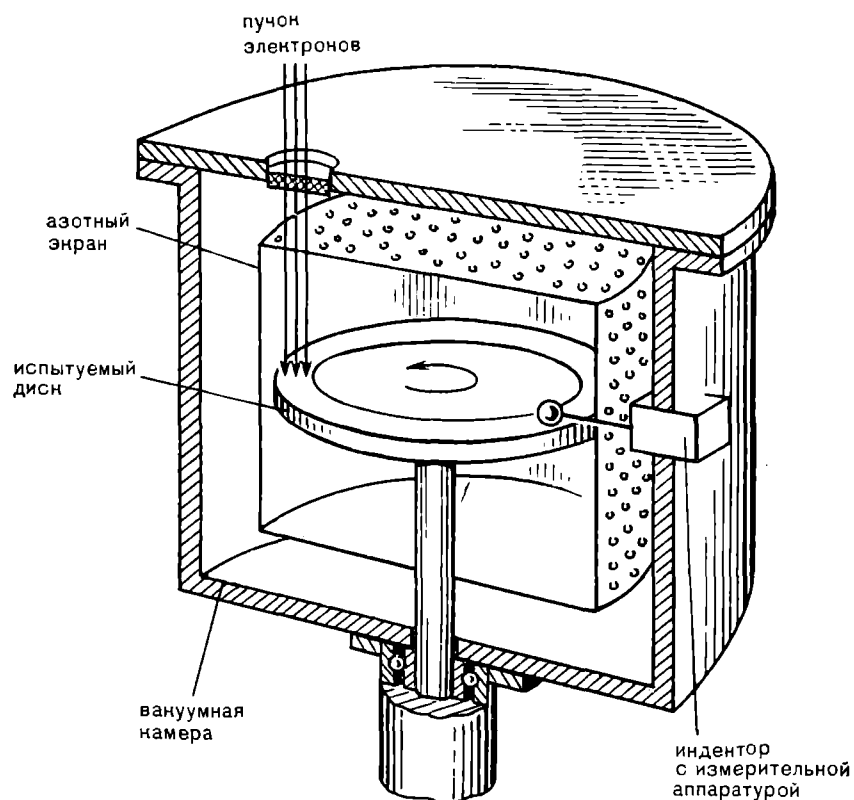


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования процессов трения в условиях, имитирующих космические.

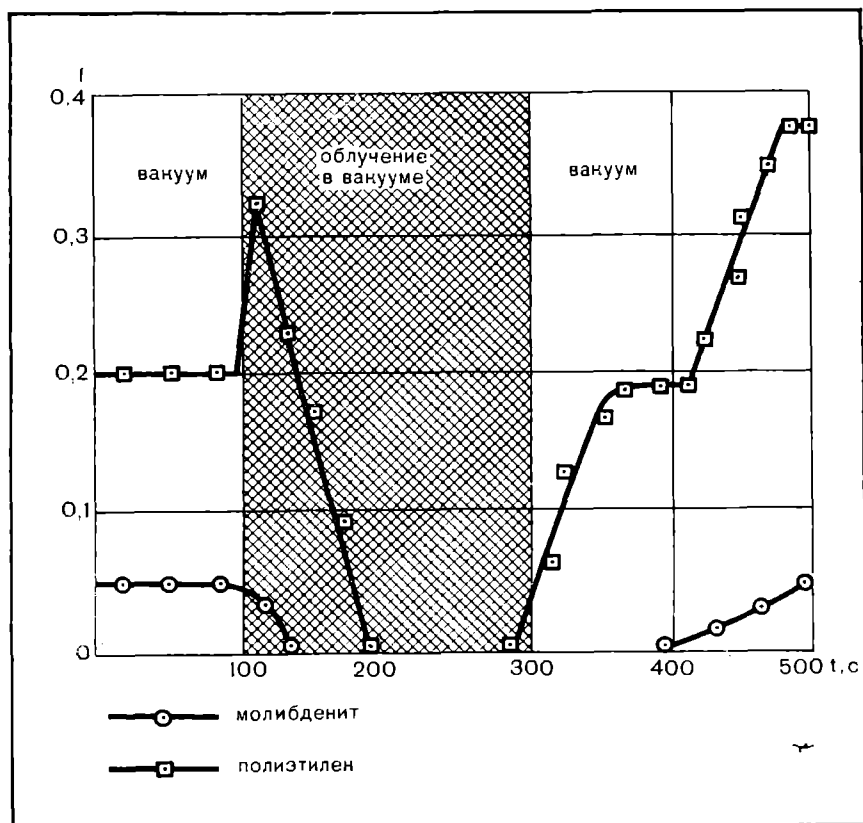


Рис. 2. Изменение коэффициента трения для полиэтилена и молибденита, трущихся в паре со сталью ШХ-15 в вакууме при воздействии облучения. По оси ординат отложен коэффициент трения f , по оси абсцисс — время t .

тефлоном эти явления не обнаружены. Однако аналогичные эксперименты с графитом дали более сложную картину. В начальный момент при облучении наблюдалось падение коэффициента трения до довольно низких значений. Затем, несмотря на продолжавшееся облучение, значение f резко возрастало до величины, заметно превосходившей начальную.

Следует заметить, что в опытах с молибденитом и полиэтиленом впервые при контакте двух твердых тел был получен коэффициент трения скольжения, практически не больший, чем в узлах трения с жидкой смазкой, работающих в гидродинамическом режиме.

Случилось так, что во всех первых сериях опытов облучение проводилось быстрыми атомами гелия. Поэтому с самого начала важно было доказать, что найденный эффект, названный нами эффектом аномально низкого трения (АНТ) твердых тел, не вызван специфическими особенностями ускоренных атомов гелия или вообще влиянием посторонних атомов, а имеет более общий характер. Поэтому мы перешли на бомбардировку поверхности электронным пучком.

Оказалось, что аномально низкое трение возникает и при воздействии электронного пучка с той же, что и для атомов гелия, интегральной дозой — 10^{12} эрг/см². Качественно эффект имел те же особенности, что и при бомбардировке быстрыми атомами гелия.

Несколько слов о физике явления

Что же происходит с поверхностным слоем изученных веществ при трении и одновременном облучении в глубоком вакууме? Прежде чем перейти к более сложным вопросам, нам казалось необходимым исключить (или обнаружить) следующие три возможные причины наблюдаемого эффекта: накопление в зоне контакта электрического заряда с соответствующим электростатическим расталкиванием; образование под действием облучения жидких продуктов деструкции¹, вызывающих смазочное

действие; и, наконец, возникновение подъемной силы за счет «газовой подушки» из тех же продуктов деструкции. Приведем данные экспериментов, а также оценки и соображения, позволяющие исключить все три названные объяснения эффекта.

Электрические силы. Напомним вначале, что стальной индентор (шарик, контактирующий с поверхностью трения) во время трения всегда покрывается тонким ($\sim 0,1$ мкм) слоем материала дорожки. При бомбардировке дорожки тяжелыми частицами есть две причины накопления на ней положительного заряда (если, конечно, образец не проводник), а именно: внедрение в поверхностный слой ускоренных положительных ионов, содержащихся в пучке, и эмиссия вторичных электронов, выбиваемых с поверхности бомбардирующими частицами. При этом наибольший потенциал заряженной поверхности соответствует максимальной энергии частиц.

Концентрация положительного заряда на дорожке вызывает образование на диэлектрической пленке, покрывающей металлический индентор, двойного электрического слоя. Простые оценки кулоновского взаимодействия показывают, что силы отталкивания и притяжения разноименных зарядов в этом случае равны. Тем не менее эффект аномально низкого трения был обнаружен и в этом случае.

Ожиженный слой. Жидкие смазки, как мы уже говорили выше, способны создать коэффициент трения скольжения порядка 10^{-3} , но лишь в случае, когда обеспечивается гидродинамический эффект. Возникновение такого эффекта в наших опытах было невозможно, хотя бы из-за сравнительно низких скоростей и больших контактных нагрузок. Эксперименты были поставлены прямо на испытуемых образцах, поверхности которых, однако, были предварительно покрыты типовыми жидкими смазками.

Оказалось, что в рассматриваемых условиях жидкие смазки позволяют снизить f всего до нескольких сотых. Добавим, что если при облучении полиэтилена еще можно говорить о выделении из него помимо водорода ряда низкомолекулярных продуктов, для молибденита вообще непонятно,

о какой жидкости может идти речь.

Подъем индентора «газовой подушкой». Известны подшипники на газовой смазке, где трущиеся поверхности разделены газом. В этом случае коэффициент трения f может достигать очень низких значений, сравнимых с f при АНТ. Для молибденита, подвергнутого электронной бомбардировке, подобное объяснение практически исключено. Однако для полиэтилена и полипропилена радиационно-химическое разложение с образованием водорода как главного газового продукта известно. Необходимое для создания «подушки» газоразделение в этих случаях может быть оценено из выражения:

$$q = n p h v / b,$$

где n — число Лoshмидта, p — давление в «подушке», h — толщина газового слоя в зоне контакта, v — скорость скольжения и b — диаметр зоны контакта.

Количество же водорода, образовавшегося из полиэтилена, определенное нами в ходе опыта прямыми масс-спектрометрическими измерениями, было на три порядка меньше, чем необходимо для подобного объяснения эффекта.

Таким образом, физическая природа явления оказалась весьма нетривиальной, и установить ее непросто. Мы идем в отыскании этой природы тремя путями. Во-первых, исследуем изменения, происходящие в поверхности на надмолекулярном уровне, применяя электронную микроскопию, электронографию, рентгеновскую дифрактометрию, а также изучая способность поверхности отражать и рассеивать свет до и после нашей обработки. Во-вторых, пытаемся следить за химическими изменениями, протекающими при трении с облучением, и, в-третьих, продолжаем изучать зависимость эффекта, особенно его кинетических характеристик, от режимов воздействия. Каковы же результаты, полученные к настоящему времени с помощью перечисленных методов и подходов?

Результаты

Электронная микроскопия. С помощью электронного микроскопа были получены снимки поверхности молибденита, работающего в паре тре-

¹ Под деструкцией подразумевается разрушение цепей полимера при действии различных внешних факторов.

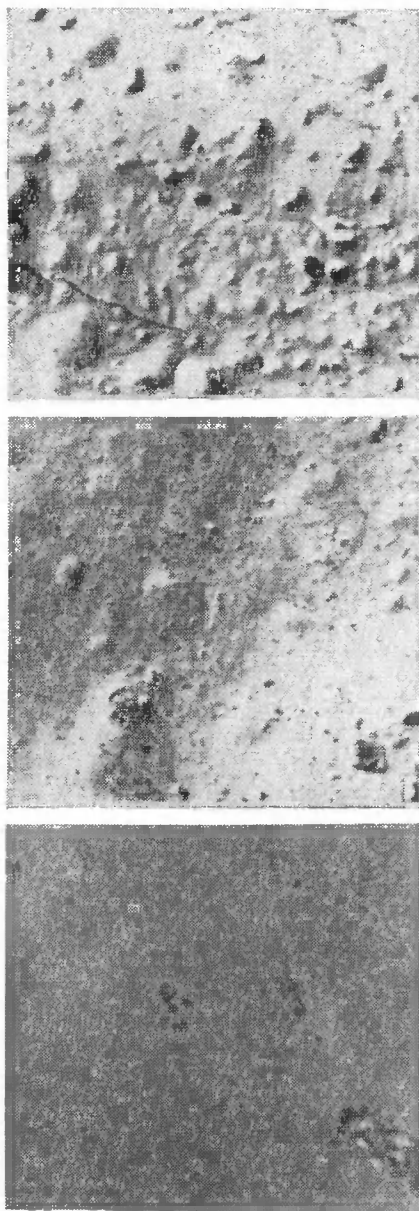


Рис. 3. Поверхность молибдена при различных условиях: для поверхности, работавшей в атмосфере, характерно множество кратерообразных образований с размерами порядка $1-0,1$ мкм (вверху); в вакууме без облучения подобные образования также наблюдаются, но их концентрация и размеры заметно меньше (в центре); поверхности трения, соответствующие эффекту аномально низкого трения (АНТ), отличаются большой гладкостью, кратерообразные образования полностью отсутствуют (внизу).

ния со сталью ШХ-15 в атмосфере, в вакууме и в условиях АНТ (рис. 3). Как видно из фотографий, образцы, показавшие эффект аномально низкого трения, резко отличаются от остальных и в пределах разрешающей силы прибора, равной примерно $40-50$ Å, демонстрируют удивительно гладкую поверхность, почти полное отсутствие характерных кратерообразных образований.

Электроннографические наблюдения. В 1927 г. К. Дэвиссон и Л. Джермер в США и независимо от них Дж. Томсон в Англии впервые показали, что электроны ведут себя, как волны, и дают при взаимодействии с атомами исследуемого вещества дифракционную картину, которая выражается в получении на экране системы резко очерченных колец, соответствующих определенному межплоскостному расстоянию в кристалле.

Зная постоянную прибора и диаметр кольца, всегда можно рассчитать параметры кристаллической решетки и идентифицировать исследуемое вещество. Совершенно хаотическое распределение отдельных кристаллитов вещества дает набор практически всевозможных отражений (колец). Преимущественная ориентация по каким-либо плоскостям в кристалле изменяет дифракционную картину: многие кольца пропадают и остаются те, которые характеризуют данную ориентацию.

В наших опытах тонкие слои молибдена для электроннографии извлекались в реплику¹ с дорожки трения образцов. Для образцов, испытанных в вакууме, эта операция проводилась после перенесения их из вакуумной камеры в атмосферу. На рис. 4 (верхний снимок) показана электроннограмма для поликристаллического молибдена, не подвергавшегося трению. Видно, что она представляет собой набор колец, характеризующих дифракцию электронов на всех возможных плоскостях кристаллической решетки этого вещества. Налицо отсутствие какой-либо ориентации кристаллитов в поверхностном слое. При обычном трении в вакууме (снимок в

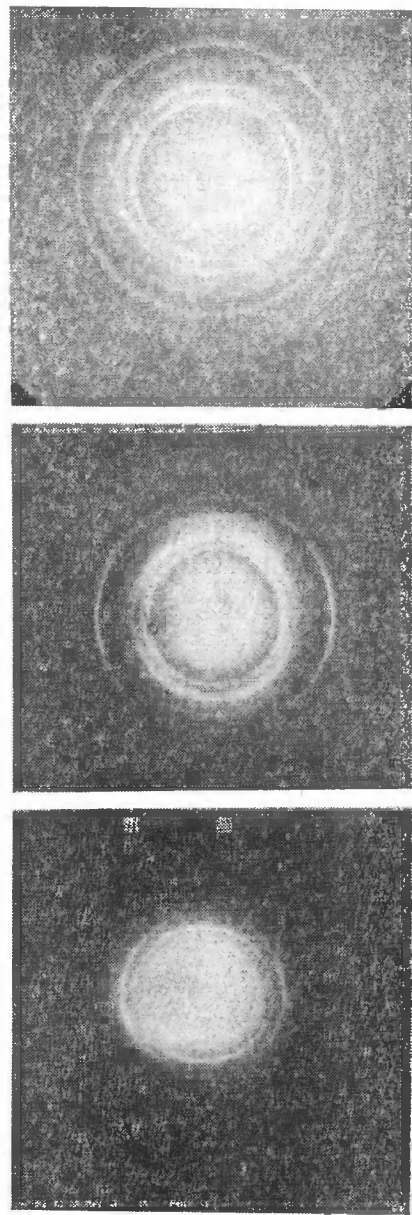


Рис. 4. Электроннограммы поверхности молибдена: на поверхности, не подвергавшейся трению, дифракция электронов происходит на всех плоскостях, поэтому виден набор колец (вверху); для поверхности, подвергшейся трению в вакууме, отчетливо различаются дифракционные кольца, соответствующие плоскостям (1010) и (1120) , а отражение от других плоскостей более слабое; это свидетельствует о частичной ориентации кристаллов по плоскости (0001) (в центре); дифракционная картина, соответствующая эффекту АНТ, — ярко выражены лишь кольца, соответствующие плоскостям (1010) и (1120) (внизу).

¹ Реплика — пленка из стандартного материала с перенесенным в нее тончайшим слоем исследуемого вещества.

центре) без облучения наблюдается лишь слабо выраженная текстура с осью 0001 со значительной угловой шириной дужек. Это свидетельствует о том, что базисная плоскость (0001) кристаллитов MoS_2 лишь примерно совпадает с плоскостью скольжения. Электронограмма образца, показавшего эффект АНТ, представлена на нижнем снимке. В этом случае значительно более ярко, резко и с меньшей угловой шириной выражены дужки текстуры. Это, как мы считаем, убедительно свидетельствует о практически параллельном расположении базисных плоскостей кристаллитов MoS_2 и плоскости скольжения.

Таким образом, при одновременном воздействии на MoS_2 трения и облучения происходит ориентация отдельных блоков кристаллитов в тонком поверхностном слое, которая приводит к частичному снижению коэффициента трения.

Масс-спектрометрические исследования. Характерно, что во всех обнаруженных нами случаях аномально низкое трение возникает при мощной откачке паров и газов, осуществляемой расположенным вокруг узла трения медным экраном, охлаждаемым жидким азотом. Скорость откачки при этом составляла около 10^3 л/с.

Исследования химического состава газа в камере с помощью масс-спектрометра показали, что практически единственное вещество, давление которого существенно изменялось в зависимости от того, охлажден экран или нет, — это вода (рис. 5). Например, при охлаждении экрана до 80 К давление паров воды падало до $3 \cdot 10^{-8}$ тор. Стоило, однако, перестать охлаждать экран, парциальное давление паров воды в камере повышалось до $3 \cdot 10^{-8}$ тор.

Это объясняется тем, что при бомбардировке ускоренными частицами происходит интенсивная очистка поверхности молибденита от молекул воды и гидроксильных групп — основных источников водородных связей. Часть выделившейся воды удаляется насосами, а другая часть снова осаждается на поверхности мишени. В этом случае основная причина трения по-прежнему — водородные связи, возникающие благодаря присутствию в зоне контакта молекул воды и гидро-

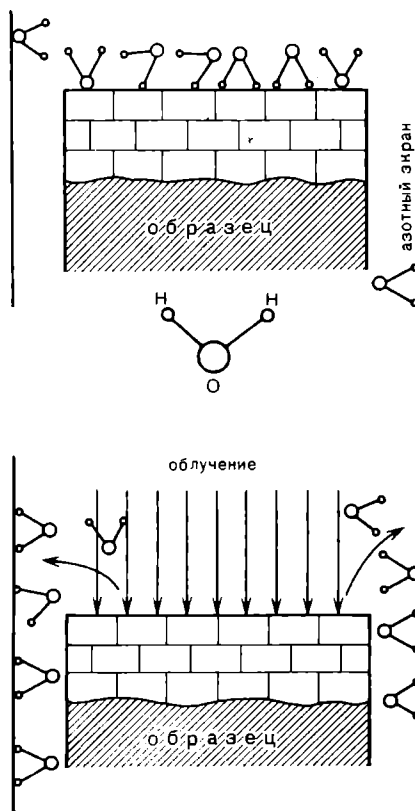


Рис. 5. Схема предполагаемого механизма дегидратации поверхностного слоя молибденита при бомбардировке его ускоренными частицами с последующей сорбцией молекул воды криогенным экраном.

ксильных групп. Коэффициент трения молибденита равен при этом $\sim 0,02$. Криогенный экран практически полностью поглощает воду, выделившуюся из мишени при облучении, — таким образом, источник водородных связей устраняется. В зоне контакта теперь могут образовываться лишь слабые ван-дер-ваальсовы связи, что приводит к эффекту АНТ. Коэффициент трения в этом случае не превышает $1,5 \cdot 10^{-8}$.

Перспективы дальнейших исследований

По-видимому, нет необходимости доказывать, что обнаруженный эффект аномально низкого трения чрез-

вычайно интересен в прикладном смысле. Главный вопрос здесь — в энергетическом выигрыше, своего рода энергетическом к.п.д. для соответствующих устройств. Естественно, если бы источник излучения, стимулирующий эффект АНТ, требовал заведомо больших затрат энергии, чем выигрыш за счет снижения коэффициента трения, это явление, оставаясь чрезвычайно интересным в научном отношении, значительно теряло бы ценность в прикладном плане.

Однако простые оценки энергетических затрат с использованием электронной пушки показывают, что существенный энергетический выигрыш может быть реализован в конкретных узлах трения: например, электронный пучок мощностью около 1 Вт достаточен, чтобы снизить на два порядка коэффициент трения в подшипнике, где тепловые потери за счет трения в обычных условиях существенно превышают затраты на облучение. В этих оценках, правда, не учтены энергетические затраты на создание необходимого вакуума. Однако существуют и представляют интерес многочисленные узлы трения, которые так или иначе работают в условиях высокого вакуума, естественного (космос) и искусственного.

Но, может быть, все же главный прикладной смысл рассмотренных работ сейчас состоит в том, что показана сама возможность реализации поразительно низких коэффициентов трения при сухом трении скольжения. Мы достигли этого путем облучения. Но так же, как и в области химического синтеза, где идет конкуренция между радиационно-химическим синтезом и классическими синтетическими методами, в принципе, думается, возможны и другие, нерадиационные пути получения материалов для поверхности с аномально низким трением. Обнаружение эффекта АНТ стимулирует поиск и этих путей.

УДК 539.62; 621.891



Рифты континентов — зародыши молодых океанов

В. Г. Казьмин

Кандидат геолого-минералогических наук

С тех пор как в 50-х годах в океанах была открыта система подводных хребтов с их осевыми рифтовыми долинами возникла идея о мировой системе рифтов, опоясывающей весь земной шар. Задолго до этого рифтовые долины — узкие протяженные грабены, возникшие в результате растяжения земной коры, были известны только на континентах. Возник вопрос: связаны ли между собой континентальные и океанические рифтовые структуры и если да, то в чем заключается эта связь?

Есть ли связи между континентальными и океаническими рифтами?

Для изучения связей между континентальными и океаническими рифтами трудно подобрать более удобный регион, чем Восточно-Африканская рифтовая система. Выявление такой связи — это ключ к пониманию проблемы образования рифтов в целом, а следовательно, и к решению

многих кардинальных вопросов тектонического развития Земли.

На Восточно-Африканские рифты можно смотреть по-разному. Можно рассматривать их как результат глубинных процессов, связанных с разуплотнением вещества верхней мантии, считая при этом вертикальные движения главным процессом в рифтообразовании. Такие представления, существенно дополненные советскими исследователями во время экспедиции в Кению и Танзанию, уже были опубликованы в журнале «Природа»¹. Однако, на наш взгляд, гораздо больше для изучения природы рифтов дает другой подход — рассмотрение рифтов с позиций новой глобальной тектоники. Он показывает роль горизонтальных перемещений плит в формировании рифтов и позволяет выяснить, как осуществляется переход от континентального рифта к океаническому.

В чем проявляются связи? Прежде чем рассказать о полученных результатах, обратимся к далекому прошлому нашей планеты и познакомим читателя с ходом рассуждений, предшествовавших проведенным исследованиям.

Примерно 300 млн лет назад, как известно, существовал огромный материк Гондвана, объединявший нынешние Южную Америку, Африку, Австралию, Индию и Антарктиду. Раскол и распадение его началось 300—280 млн лет назад. На первой стадии образовались грабены, заполнявшиеся рыхлыми осадками и вулканическими породами. Эти структуры (мы



Владимир Григорьевич Казьмин, старший научный сотрудник Лаборатории геологии зарубежных стран Министерства геологии СССР. Занимается проблемами геологии Аравийского п-ва, альпийской складчатой области. В последние годы изучает рифтовые структуры Северо-Восточной Африки. Автор работ по геологии разных районов зарубежной Азии, Африки.

Космический снимок «тройного сочленения» рифтов Красного моря, Аденского залива и Эфиопского. На севере видна юго-восточная часть Аравии; стрелкой показано направление движения Аравийской плиты к северо-востоку 30°. В юго-восточной части снимка стрелка показывает движение Сомалийской плиты к юго-востоку 130°. В центре снимка изогнутой стрелкой показано вращение Данакильского блока против часовой стрелки. Афар находится в юго-западной части снимка, но он закрыт облаками.

¹ Горячев А. В. Рифты — глобальные структуры земной коры. — «Природа», 1974, № 9.

можем наблюдать их в Южной Африке, Индии, Австралии) были, судя по всему, очень похожи на современные Восточно-Африканские рифты. Дальнейший раскол Гондваны привел к расхождению континентальных блоков и проникновению моря в расширявшиеся рифты. Геологическая летопись говорит о том, что морские побережья Восточной Африки, Западной Индии, Западной Австралии, Атлантики начали формироваться в юрское и нижнемеловое время, т. е. в период с 200 до 120 млн лет назад. Позже, в конце мела (~70—80 млн лет назад), началось быстрое расширение возникших океанических впадин, продолжающееся и по сей день. Это расширение сопровождалось формированием новообразованной океанической коры в осевых зонах океанов, получивших название океанических рифтов.

Если принять такую историю геологического развития Гондваны, а именно так она рисуется новой глобальной тектоникой, то получается, что, во-первых, континентальные рифты — это зародыши будущих океанов и, во-вторых, что рифтогенез связан не с вертикальными движениями в земной коре, а с крупнейшими горизонтальными перемещениями гигантских блоков литосферы — плит.

Нам могут возразить, что такой «исторический» метод не правомерен: ведь существуют и другие интерпретации развития Гондваны, Атлантического и Индийского океанов, отрицающие роль крупных горизонтальных движений. А значит, на такой исторической основе нельзя построить полностью достоверное доказательство связи сегодняшних рифтовых структур Восточной Африки с океанами. Более того (и это один из важных аргументов, который приводят оппоненты рассматриваемой точки зрения), континентальные рифты вовсе не похожи на океанические. Правда, и те и другие характеризуются высокой сейсмичностью, причем, для обоих типов характерны мелкофокусные (неглубокие) землетрясения. Но тип коры в этих структурах совершенно различен: в океанических рифтах кора тонкая, океаническая, а в континентальных — довольно мощная, континентальная. Океаническим рифтам

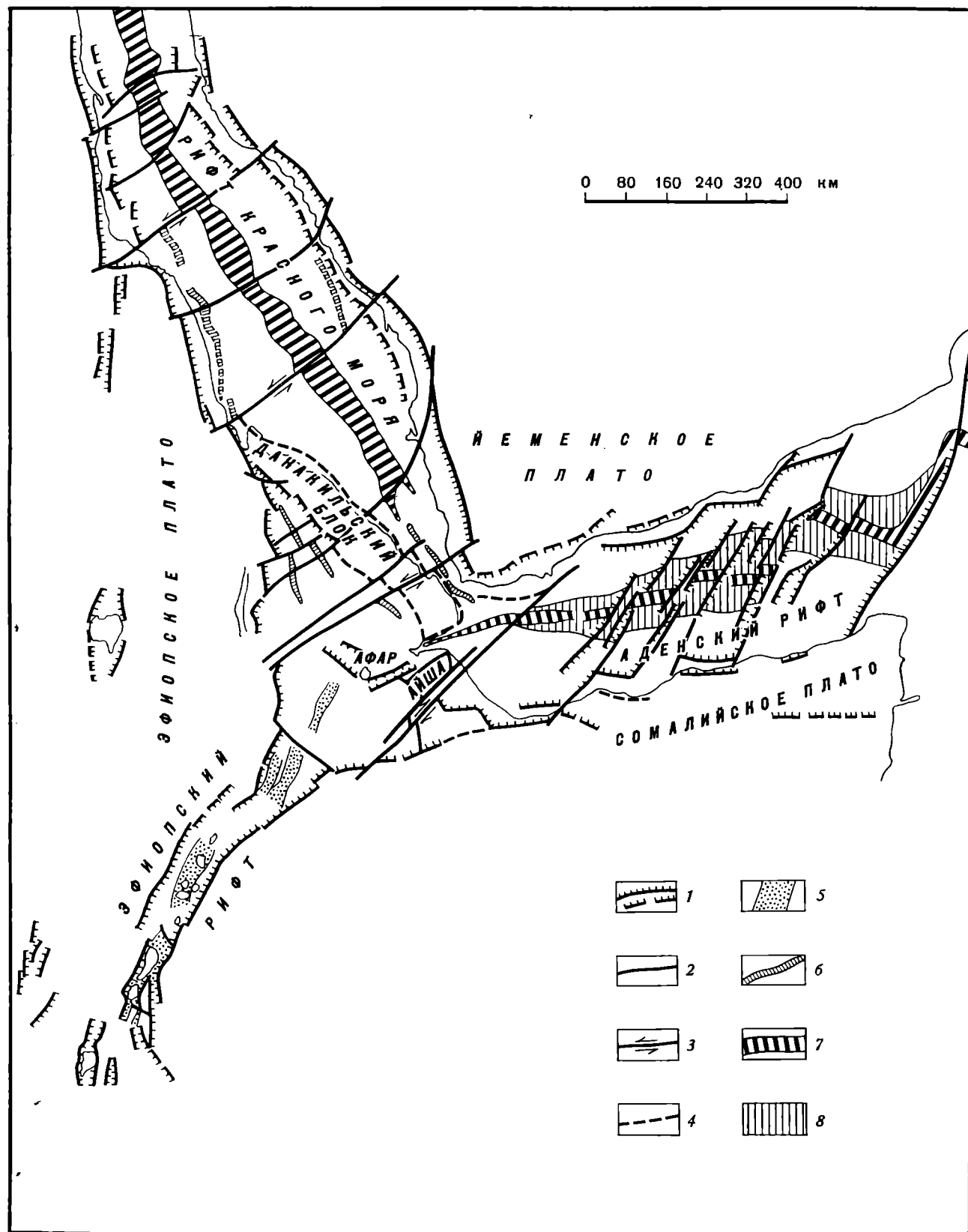
присущи положительные, а континентальным — отрицательные аномалии силы тяжести¹. Для обоих структур типичен вулканизм, но характер его совершенно различен. В океанических рифтах изливаются толеитовые, бедные щелочами базальты, тогда как с континентальными, наоборот, связаны богатые щелочами базальтовые лавы, а также кислые и щелочные породы, совершенно не характерные для океанических рифтов. Да и морфология структур различна. Океанический рифт располагается в осевой части сложно построенного, расчлененного продольными и поперечными разломами поднятия — срединно-океанического хребта. Континентальные же рифты обычно представлены цепочкой грабенов, обрамленных иногда довольно простыми полусводовыми поднятиями, а иногда имеющих характер «щели».

В нашем сравнении мы взяли крайние члены ряда — континентальный и океанический рифты. Если же наше предположение о связи двух типов структур верно, между ними должны существовать промежуточные разновидности. Если бы удалось выявить такие разновидности и последовательно проследить эволюцию от континентального рифта к океаническому, это было бы неоспоримым доказательством правоты нашей точки зрения. Поэтому, изучая закономерность эволюции тектонических структур, мы попытались отыскать их представителей, находящихся на разных уровнях эволюции, а затем сравнить их между собой. Построить такую эволюционную лестницу для рифтов — задача трудная, поскольку на Земле очень мало районов, где удается наблюдать «переходные» рифтовые структуры. И все же такие районы есть.

В течение пяти лет мне пришлось заниматься изучением геологии Эфиопии — страны, расположенной на пересечении трех рифтовых структур — Эфиопского рифта, Красного моря и

Тектоническая схема сочленения рифтов. В узком и протяженном грабене Эфиопского рифта показана осевая зона максимального растяжения. К этой зоне приурочены молодые впадины на дне рифта. Эфиопский рифт открывается в депрессию Афар, в пределах которой показаны зоны раздвига в гранитном слое. Данакильский блок занимает диагональное положение между рифтами Красного моря и Афара. Раскрытие Афара и сужение Красного моря связано с поворотом Данакильского блока против часовой стрелки (см. фото в начале статьи) и отодвиганием на восток блока Айши. Северный конец блока смыкается с Эфиопским плато, а южный почти примыкает к Йеменскому плато в юго-восточной части Аравийского п-ва. В рифте Красного моря показан осевой грабен — зона, разделившая Африканскую и Аравийскую плиты. Земная кора внутри грабена океаническая, молодая, ее формирование началось 3—4 млн лет назад. В Аденском рифте между блоками Сомалийского и Йеменского плато осевая зона имеет сложное строение, близкое к строению срединно-океанического хребта. Формирование этой зоны началось 9 млн лет назад. 1 — крупнейшие сбросы, 2 — поперечные разломы, 3 — свдвиги, 4 — предполагаемая граница блоков Данакиль и Айша, 5 — осевая зона Эфиопского рифта, 6 — зона раздвига гранитного слоя, 7 — осевые грабены рифтов Красного моря и Аденского, 8 — срединное поднятие Аденского рифта.

¹ Сила тяжести на поверхности Земли не постоянна. Она уменьшается над скоплениями легких, менее плотных пород (отрицательная аномалия) и увеличивается там, где сосредоточены массы тяжелых, плотных пород (положительная аномалия).

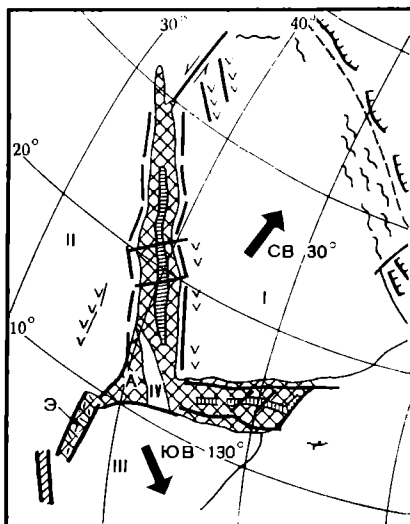
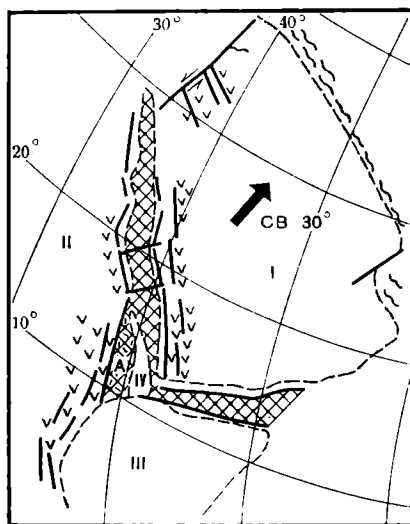
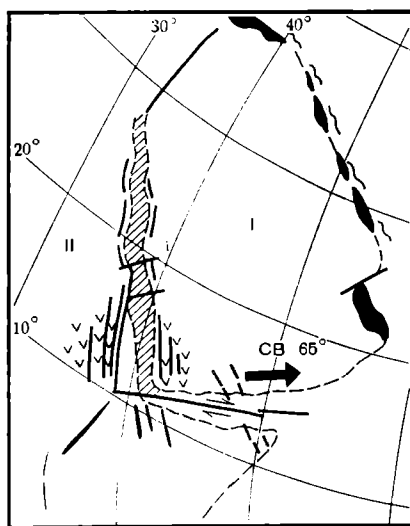


Палеотектонические схемы развития рифтовой системы. Вверху — начальный период дрейфа Аравии — маастрихтский век верхнего мела (75—70 млн лет назад). Раскрытие рифта Красного моря между Аравийской (I) и Африканской (II) плитами сопровождается отодвиганием Аравии на северо-восток 65° . Раскрытие рифта (косая штриховка) происходит без полного разрыва коры за счет ее растяжения. Вдоль северо-восточного края Аравийской плиты формируются покровы пород офиолитовой ассоциации (заливка). Жирными линиями показаны сбросы, возникшие при растяжении, линии со стрелкой — сдвиги.

В середине — тектоническая обстановка в конце эоцена — начале олигоцена (40—35 млн лет назад). В это время происходит одновременное раскрытие двух рифтов: Красного моря между Аравийской (I) и Африканской (II) плитами и Аденовского залива между Аравийской (I) и Сомалийской (III) плитами. Раскрытие вызывает сильное утонение коры (косые клетки). При этом траектория движения Аравии меняется с 65° на 30° . Движение Аравии сопровождается сдвигом по разломам залива Акаба и Мертвого моря (вверху). Началось отодвигание Данакильского блока (IV) и раскрытие Афар (А). В результате движения Сомалийской плиты к юго-востоку происходит образование разлома в зоне будущего Восточно-Африканского рифта (внизу, слева), начинаются излияния базальтов (галочки), рост сводового поднятия. Перед северо-восточным краем Аравийской плиты возникает складчатость (волнистые линии).

Внизу — положение плит в современную эпоху. Продолжается отодвигание Аравии к северо-востоку, сопровождающееся образованием надвигов и складок. В Красном море и Аденом заливе формируются осевые зоны (частая штриховка), в которых происходит новообразование океанической коры. Продолжается расширение Афар (А), началось образование Эфиопского рифта (Э), сопровождающееся кислым вулканизмом (перовой штрих). Сомалийская плита (III) движется на юго-восток 130° .

Таким образом, эти схемы наглядно демонстрируют три начальные стадии рифтогенеза: слабого утонения континентальной коры, затем сильного ее утонения и раздробления и, наконец, разрыва и раздвигания литосферных плит с появлением новой океанической коры.



Аденского залива. Эфиопский рифт продолжает Восточно-Африканскую континентальную рифтовую систему, принадлежит к ее восточной ветви. В то же время через своеобразную рифтовую структуру — Афар Эфиопский рифт сочленяется с рифтами Красного моря и Аденовского залива, центральные части которых характеризуются уже развитием коры океанического типа. Аденовский рифт, в свою очередь, по крупному поперечному сдвигу — разлому Овэн — смыкается с Аравийско-Индийским срединно-океаническим хребтом. Выявление связей и различий между континентальными и океаническими рифтами позволило, как мы увидим, сделать вывод, что эти структуры представляют собой крайние члены единого эволюционного ряда.

Ступени эволюции

Когда пролетаешь на самолете над Эфиопским рифтом, в его дне отчетливо видны зияющие кулисообразно расположенные трещины — свидетельство сильного горизонтального растяжения, в условиях которого находится вся эта структура. Наибольшей концентрации трещины растяжения и сбросы достигают в пределах узкой (несколько километров) зоны, названной американским геологом П. Моором «поясом Вончжи». На дне рифта находится немало вулканов, извергавших кислые лавы и основные базальтовые породы. Базальты отличаются высокой щелочностью, что характерно для излияний на материках.

Геофизические данные подтверждают, что земная кора под Эфиопским рифтом лишь не намного тоньше, чем под окружающими плато. Она имеет мощность 25—30 км и заметно утонена лишь в зоне Вончжи, где, как считают геофизики, на глубине 3 км залегают интрузии тяжелых основных пород. Эти интрузии, очевидно, внедрились, заполняя пространство, образовавшееся при растяжении коры. Ниже 25—30 км под Эфиопским рифтом залегает сильно разогретое и разуплотненное мантийное вещество, обычно встречающееся значительно глубже — на глубинах около 100 км. Такие же разуплотненные мантийные породы подстилают

и другие рифты, в том числе, океанические. Именно с появлением этого разуплотненного материала связана, по-видимому, отрицательная аномалия силы тяжести над рифтом.

К северу Эфиопский рифт расширяется и сливается с обширной впадиной Афара. Трудно найти место, где геологические исследования были бы столь трудны, как здесь. Дно Афара местами расположено ниже уровня моря, жара нередко достигает 50°C , лавовые покровы, почти сплошь устилающие дно, растресканы, покрыты нагромождением глыб, многочисленные молодые разломы — сбросы создают непроходимое чередование уступов, гребней, впадин...

Можно согласиться с мнением геологов Д. Маринелли и Г. Тазиева, что большая часть Афара — это по сути дела обнаженное дно Красного моря. Отложения каменной соли и другие морские осадки свидетельствуют, что совсем недавно в Афар проникало море.

Чем же отличается Афар от Эфиопского рифта? Прежде всего широким развитием структур растяжения — сбросов, зияющих трещин, грабенов. Здесь их во много раз больше, чем в Эфиопском рифте, что говорит о большем масштабе растяжения земной коры. В то же время в Афаре появляется и совершенно новый элемент структуры — осевые вулканические хребты. Эти хребты, увенчанные цепочками действующих вулканов, сложены в основном базальтами, которые по типу близки к бедным щелочами базальтам океанов и существенно отличаются от щелочных базальтов Эфиопского рифта. Судя по составу излияний, можно предположить, что гранитный слой под осевыми хребтами отсутствует, иными словами, под хребтами находятся зияющие трещины, раздвиги в гранитном слое земной коры. Это означает, что земная кора в Афаре не только растянута и утонена, но местами ее гранитный слой разорван на отдельные блоки. Важно и другое: поступление сквозь трещины огромных масс тяжелых базальтовых лав приводит к «базификации», утяжелению коры и, как следствие, — к большему, чем в Эфиопском рифте, погружению дна Афара.

Хорошо согласуются с нарисованной картиной и геофизические наблюдения¹.

Очень интересна следующая деталь. Если взглянуть на геологическую карту Эфиопии, то видно, что структура Афара расширяется с северо-запада на юго-восток. Одновременно в этом же направлении происходит сужение рифта Красного моря. Это обусловлено диагональным положением массивного блока континентальной коры Данакильского блока, который с одного конца как бы припаян к Африканскому побережью, а с другого приближен к Аравии. Многие исследователи — А. Лаутон, Д. Робертс, Г. Тазиев считали, что раскрытие Афара и сужение Красного моря связаны с поворотом Данакильского блока против часовой стрелки.

Итак, процесс растяжения и утонения земной коры в Афаре зашел значительно дальше, чем в Эфиопском рифте, и к нему присоединился и процесс «базификации», или «океанизации».

Теперь, чтобы понять, как протекает дальнейшее развитие континентальной структуры, в которой уже усматриваются и океанические черты, обратимся к рифту Красного моря.

Как показали морские исследования последних лет, а также поисковые работы на нефть, в строении Красного моря и Афара много общего. Под мощными толщами солей в шельфовых зонах моря залегают, очевидно, сильно утоненная кора, разбитая многочисленными сбросами и раздвигами осевых хребтов Афара. По мнению американских исследовате-

лей Дж. Лоуэлла и К. Генника, лишь за счет разломов в Красном море земная кора растянута на 100—200 км.

Однако в осевой части рифта Красного моря наблюдается иная картина. Здесь выделяется протяженный узкий и глубокий осевой грабен, или, как его часто называют, — осевой трог, в котором, судя по большим положительным аномалиям силы тяжести и высоким скоростям распространения сейсмических волн, кора океаническая. Для осевого трога характерны линейные магнитные аномалии, симметричные по отношению к его оси. Такие же аномалии типичны и для рифтовых зон океанов.

Возраст древнейшей магнитной аномалии в осевом троге — 3—4 млн лет. Это значит, что раскрытие трога и формирование новообразованной океанической коры в нем началось в конце плиоцена — начале четвертичного периода, когда произошел полный разрыв утоненной континентальной коры и отделение Аравии от Африки.

Таким образом, в Красном море уже отчетливо проявляются черты океанического рифта, хотя и сохраняется много общего с Афаром.

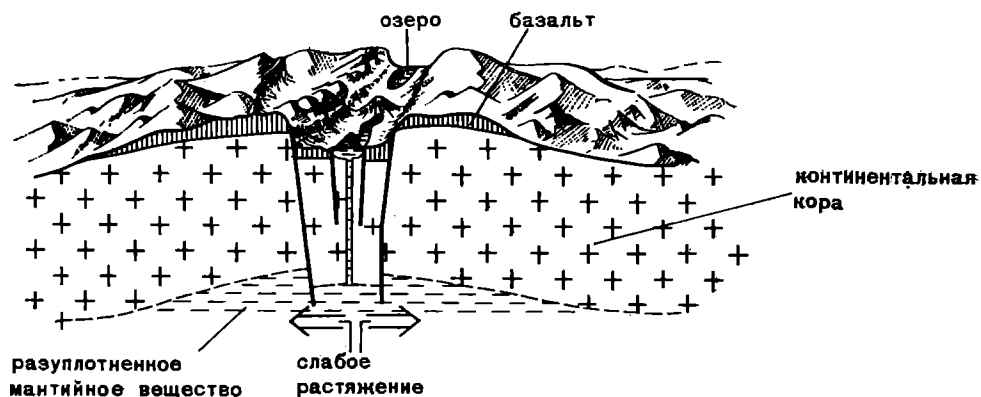
Такая же картина характерна и для Аденского рифта, где «океаническое» развитие пошло дальше.

Рассматривая батиметрические, геофизические, тектонические карты Аденского рифта, можно видеть, как структура его осевой зоны с запада на восток постепенно усложняется. На западе развит простой осевой трог, напоминающий осевой трог Красного моря. Восточнее же, в результате смещений океанического дна по продольным и поперечным разломам формируется структура, все больше напоминающая срединно-океанический хребет.

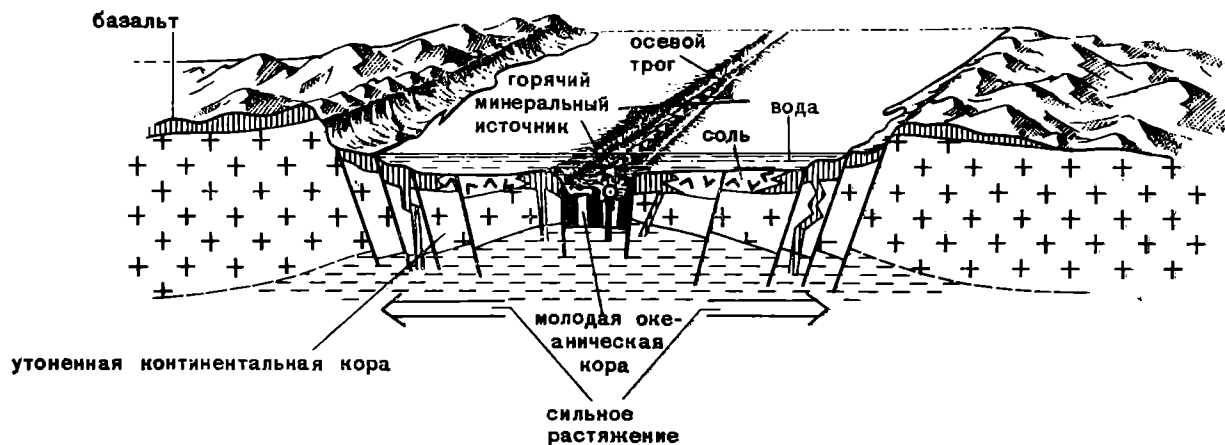
Итак, сравнивая рифтовые структуры Эфиопского рифта, Афара, Красного моря и Аденского мы видим, что они отражают различные ступени эволюции от континентального рифта к океаническому. В Эфиопском рифте наблюдается начальная стадия растяжения, сопровождающаяся умеренными (1—1,5 км) опусканиями блоков земной коры по нормальным сбросам. Утонение коры происходит

¹ По данным гравиметрии, мощность земной коры в Афаре от 5—6 (под осевыми хребтами) до 10—15 км, т. е. в 2—4 раза меньше, чем под Эфиопским рифтом. При этом слой разогретого и разуплотненного мантийного материала залегают непосредственно под корой, т. е. на глубине 5—15 км. В общем, над Афаром наблюдаются отрицательные аномалии силы тяжести, но меньшие, чем над Эфиопским рифтом. А над осевыми хребтами, где породы мантии оказались совсем близко к поверхности, наблюдаются местные «максимумы» силы тяжести.

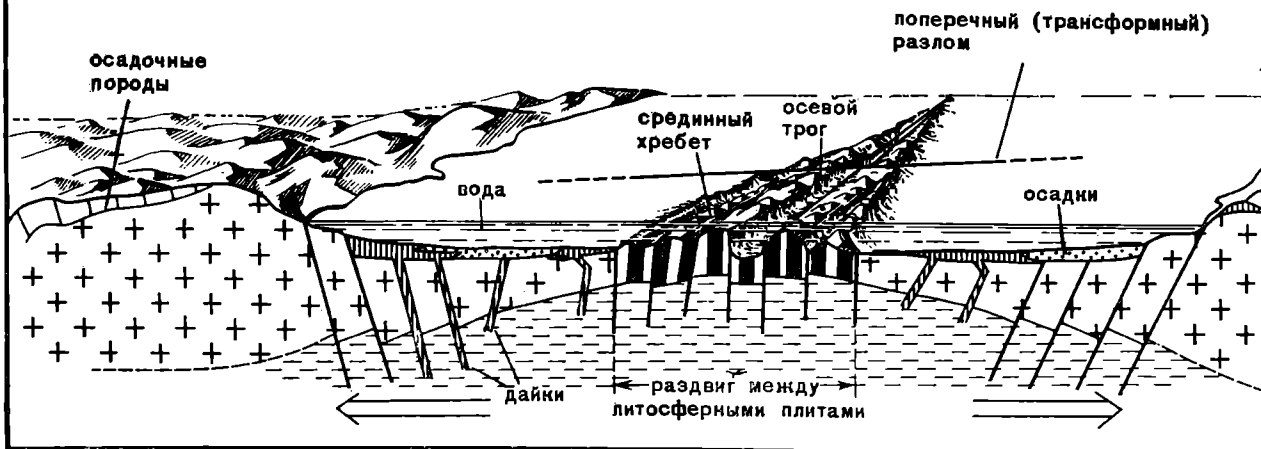
ЭФИОПСКИЙ РИФТ



КРАСНОЕ МОРЕ



АДЕНСКИЙ ЗАЛИВ



Схематические разрезы через рифты Эфиопский, Красного моря и Аденского залива показывают постепенное утонение континентальной коры, раздвиг литосферных плит и образование океанической коры.

лишь в осевой зоне рифта. Дальнейшее развитие прослеживается в образовании огромного количества разрывов растяжения, раскалывании гранитного слоя на отдельные блоки, начале «океанического» вулканизма и может быть охарактеризовано как стадия утонения и океанизации. Эта стадия, выраженная уже в Афаре, сопровождается крупными опусканиями утяжеленной «океанизированной» коры (4—6 км).

Следующая стадия — разрыв тонкой океанизированной коры и формирование осевого трога. Последний разделяет две литосферные плиты, и в нем по мере расширения происходит образование новой океанической коры, главным образом за счет интрузий основных пород (рифт Красного моря). Последующее расширение и развитие осевого трога приводит к формированию центрального поднятия типа срединно-океанического хребта (Аденский залив). Можно предполагать, что на следующей, еще более зрелой стадии развития рифтовой структуры будет формироваться молодой океан типа Атлантического.

Дрифт Аравии и происхождение Красного моря

Согласно мнению сторонников гипотезы литосферных плит, главная роль в формировании Красного моря, Аденского залива и Восточно-Африканской рифтовой системы принадлежит перемещениям Аравийской и Сомалийской плит. Попытаемся проследить историю формирования рифтовых структур и выяснить характер этих перемещений.

Наиболее раннюю фазу рифтогенеза следует отнести к началу мезозоя, когда на месте будущего Аденского рифта сформировалась впадина, заполненная потом верхнеюрскими и меловыми осадками. Нижнемеловой базальтовый вулканизм на южном обрамлении этой впадины свидетельствует о заложении уже в этот период глубоко пронизавших разломов — сбросов. Однако зафиксировать какие-либо движения Аравийской плиты, в частности в зоне Красного моря, не удастся. Значит, Аравия и Аф-

рика в это время еще составляли единое целое.

В Аравии и сопредельной части Северо-Восточной Африки помимо Аденского прогиба известно еще несколько раннемезозойских структур растяжения — таких, как Пальмирский, Огаденский и другие прогибы. Образование их совпадает по времени с началом дробления Гондваны — с отделением Индостана от Африки в раннем мезозое и формированием океанического побережья Восточной Африки. В это же время началось продвижение на север и северо-восток крупных блоков континентальной коры, оторвавшихся от северного края Афро-Аравии. Эти блоки двигались в глубь моря Тетис, существовавшего тогда на месте Альпийского складчатого пояса, и в их тыловой части (на месте будущих хребтов Восточного Тавра и юго-восточного Ирана) образовались, вероятно, рифтовые океанические зоны. Вот с этими крупнейшими стадиями раскола континента и нужно, по-видимому, связывать образование впадин растяжения в теле Африкано-Аравийской платформы.

Раскрытие южной части рифта Красного моря относится к концу мелового периода (маастрихтский век). В это время началось «отделение» Аравии от Африки. Одновременно с этим, на северную и северо-восточную периферию Аравии направились тектонические покровы, сложенные породами офиолитовой ассоциации, характерные для океанической коры и верхов мантии Земли¹. Наполнение подобных образований на спокойно залегающие платформенные осадки Аравии свидетельствует о поддвижении края Аравийской плиты под раннемезозойскую океаническую зону.

Рифт Красного моря раскрывался с юга на север, о чем свидетельствует распространение поздне меловых — палеоценовых базальтов. Соответственно, максимальные амплитуды покровов (поддаггов), наблюдаются на северо-востоке Аравийской плиты — в Омане. Здесь офиолиты, т. е. океаническая кора, перекрыли континентальный блок на расстоянии свыше 150 км.

¹ Пейве А. В. Офиолиты и земная кора. — «Природа», 1973, № 2.

Рифт Красного моря раскрывался в направлении, перпендикулярном своей оси (65°), и в этом же направлении происходило перемещение Аравии. Такой характер движения должен был неизбежно сопровождаться сдвигом Аравии относительно современной территории Сомали вдоль осевой зоны будущего Адено-ского залива, и действительно этот сдвиг (100—200 км) хорошо виден по смещению различных структурных элементов, в особенности по смещению докембрийских складчатых поясов.

Второй этап расширения рифтов приходится на конец эоцена — начало олигоцена — 35—40 млн лет назад. По данным глубокого бурения, в южной части Красного моря в это время начались мощные излияния базальтов, заложились наземные озерные впадины, а затем произошла ингрессия моря.

По мнению Дж. Лоуэлла и К. Геника, в начале олигоцена область Красного моря напоминала современную Восточно-Африканскую рифтовую систему. Одновременно началось формирование Адено-ского рифта, что доказывается проникновением узкого залива олигоценового моря в образовавшуюся впадину (это фиксируется соответствующими осадками). Началось также раскрытие Афары в результате вращательного движения Данакильского блока. Древнейшие отложения в Афаре имеют возраст около 25 млн лет, следовательно, образование этой впадины началось раньше, в олигоцене.

Если допустить, что расширение рифтов происходит под влиянием сил, ориентированных перпендикулярно к их осям, то одновременное раскрытие Красного моря и Адено-ского залива должно было привести к изменению направления дрейфа Аравии. Это и произошло. Если в маастрихтском веке Аравия перемещалась на восток-северо-северо-восток (65°), то начиная с олигоцена направление дрейфа отклонилось к северу и стало северо-восточным (15 — 30°).

Особо надо отметить излияния плагиобазальтов, которые раньше были известны лишь на севере Эфиопии, а в олигоцене начали распространяться вдоль зоны Эфиопского рифта и

рифта Грегори в Кении, и далее, на протяжении всего миоцена, — еще южнее. Такое распределение трещинных излияний однозначно указывает на развитие глубоких разломов растяжения, шедшее с севера на юг. Положение разломов было не случайным: они развивались вдоль зон сочленения, спайки разнородных элементов древней докембрийской структуры. Такими зонами являлись контакты древних жестких блоков с более молодыми, но также докембрийскими складчатыми поясами.

Образование разломов в зоне Восточно-Африканского рифта не случайно совпало с началом раскрытия Адено-ского рифта. Давление, направленное перпендикулярно оси Адено-ского рифта, не только изменило направление дрейфа Аравии, но вызвало также «отщепление» Сомалийского выступа Африки вдоль «ослабленной» зоны в древнем фундаменте континента, где, например, проходили древние разломы и т. д. Лишь после этого «отщепления» Сомалийской плиты в зоне Восточно-Африканского рифта начинается интенсивный вулканизм, формируется сводовое поднятие. Получается, что образование сводового поднятия и вулканизм, отражающие процесс подъема горячего мантийного вещества в рифтовой зоне, вызываются к жизни возникновением рифтовых разломов в литосфере, а не наоборот.

С олигоценовой фазой расширения Красного моря совпадает крупнейшая фаза поперечного сжатия в складчатом обрамлении Аравии. В этот период здесь были смяты в складки флишевые толщи палеогеновых прогибов, возникли складчатые системы Тавра и юго-западного Ирана. Начался рост гор, перед которыми заложилась краевые прогибы.

Приблизительно 10—12 и 4 млн лет назад (верхний миоцен и конец плиоцена) в этом районе фиксируются еще две фазы расширения. С первой связано заложение осевого трога в Адено-ском заливе, резкая деформация миоценовых осадков в рифте Красного моря, формирование разломов и начало базальтового вулканизма в Афарском рифте, заложение депрессии на месте Эфиопского рифта. Вторая фаза отражена в обра-

зовании осевого трога Красного моря, заложении осевых хребтов Афары, образовании Эфиопского рифта. Обе эти фазы синхронны главным фазам сжатия и горообразования в складчатом поясе.

Совпадение во времени фаз расширения рифтов Красного моря и Адено-ского с фазами сжатия в складчатом поясе показывает, что оба эти процесса связаны с горизонтальными перемещениями Аравии к северо-востоку. Подобную же роль в раскрытии Эфиопского рифта сыграло перемещение Сомалийской плиты в юго-восточном направлении.

Механизм движения плит

Мы пришли к выводу, что рифтогенез — это процесс утонения и разрыва земной коры, а также формирования новой океанической коры. Процесс этот связан с перемещениями крупных плит коры и верхов мантии мощностью около 100 км. «Плавание» плит происходит по слою мантии с пониженной плотностью и вязкостью вещества — астеносфере. Что же приводит в движение плиты? Как показывают гравиметрические и сейсмические исследования, под активно развивающимися рифтами, как континентальными, так и океаническими, разогретое и разуплотненное вещество астеносферы находится на глубинах не 100, а 30—5 км от поверхности. Это говорит либо о подъеме вверх вещества астеносферы, либо о частичном расплавлении и разуплотнении верхней, литосферной части мантии.

Однако образование «клины» разуплотненных мантийных пород приводит не только к сводовому поднятию и глубинной переработке коры в рифтовой зоне, как предполагают сторонники «фиксизма», но и к расщеплению, расталкиванию литосферных плит. По мере дальнейшего развития такого «клины» горячее и менее плотное вещество перемещается из глубины к подошве коры, а затем растекается в горизонтальном направлении, увлекая за собой блоки литосферы. Именно так объясняют геологи «плавание» континентов, которое можно сравнить с плаванием льдин, уносимых мощным речным по-

током. Только «плавание» материков происходит со скоростями 1—10 см в год и лишь иногда немного быстрее.

Почему же подъем вещества астеносферы приурочен именно к данной зоне земной коры?

Мы уже видели, что «активное» расширение одной рифтовой зоны может вызвать образование крупных расколов в смежных районах. Так, раскрытие рифта Красного моря привело к «отрыву» Аравии от Сомалийской плиты в зоне будущего Аденского рифта, а раскрытие Аденского рифта, в свою очередь, вызвало «отщепление» Сомалийской плиты от Африки в зоне Восточно-Африканской рифтовой системы. Обычно такое «откалывание» крупных блоков коры происходит по каким-то ослабленным зонам, местам спайки разнородных структурных элементов, зонам древних разломов и т. д.

Образование глубоких расколов растяжения в литосфере приводит, очевидно, к тому, что на глубине давление резко снижается, а следовательно, снижается температура плавления пород. Вещество верхней мантии начинает частично плавиться, становится менее плотным, расширяется. В зоне глубоких расколов начинается вулканизм, сопровождаемый сводовым поднятием. Одновременно в зону пониженного давления подтекает горячее вещество из глубин, в результате чего расширение рифта продолжается. Мы приходим, таким образом, к выводу, что возникновение глубинных систем под рифтами вызывается расколом литосферы под действием внешних сил — в нашем примере сил, действующих в других рифтовых системах. Но что же могло вызвать раскол литосферы в этих последних? Что привело к зарождению рифтов на месте Красного моря, Атлантического океана и других крупнейших рифтовых систем? Какие силы вызвали раскол палеозойского Гондванского материка?

Вопросы эти пока остаются без определенного ответа. Отметим лишь, что, как показывают палеотектонические реконструкции, раскол Гондваны происходил зачастую по ослабленным зонам — подвижным поясам, зо-

нам разломов в теле древних платформ и т. д.

Многие пояса имели меридиональное или близкое к меридиональному направление. Можно предположить, что разрыв плит литосферы по таким поясам мог явиться результатом инерционных сил, возникающих при изменении скорости вращения Земли. При этом континентальные массы, обладающие большой инерцией, могли смещаться (эффект Кориолиса) и раскалываться по ослабленным зонам. В дальнейшем в зонах раскола началось формирование глубинных систем, приведших к расхождению плит в различных направлениях.

Конечно, такая схема — пока только гипотеза. Однако в ее пользу говорит тот факт, что формирование рифтов происходит в эпохи, общие для всей планеты (конец палеозоя, барремский — аптский века нижнего мела, конец мела, верхний эоцен — начало олигоцена, верхний миоцен, конец плиоцена). Иными словами, главные фазы раздробления литосферы, фазы рифтогенеза связаны с каким-то общепланетарным процессом, а не с местными явлениями, т. е. с силами, приложенными к Земле в целом, а такими силами, скорее всего, являются ротационно-инерционные.

*

Итак, континентальные и океанические рифты представляют собой крайние члены единого эволюционного ряда, переходные структуры которого хорошо прослеживаются в Восточно-Африканской рифтовой системе. Конечно, мы еще далеки от решения многих сложнейших вопросов, связанных с характером рифтогенеза, механизмом утонения континентальной коры, связи рифтов со структурой до-рифтового основания в планетарном масштабе и т. д. Они могут быть решены лишь при организации систематических геолого-геофизических исследований континентальных и океанических рифтов Земли, в первую очередь областей их сочленения, где развиты «промежуточные» структуры.

УДК 551.24; 53; 63; (267.5); (267.9)

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Белоусов В. В. и др. ВОСТОЧНО-АФРИКАНСКАЯ, РИФТОВАЯ СИСТЕМА. М., «Наука», 1974.

Грачев А. Ф. РИФТОВЫЕ ЗОНЫ.— «Земля и Вселенная», 1974, № 5. ЗЕМНАЯ КОРА И ВЕРХНЯЯ МАНТИЯ. М., «Мир», 1972.

Казьмин В. Г. СТРУКТУРНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ РИФТОВ КРАСНОМОРСКО-АДЕНСКОГО РЕГИОНА.— «Бюлл. Моск. об-ва исп. природы. Отд. геол.», 1975, № 3.

Казьмин В. Г. О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ РИФТОГЕНЕЗА (на примере развития Красноморского, Аденского и Эфиопского рифтов).— «Геотектоника», 1974, № 6.

Милановский Е. Е. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ РИФТОВОЙ СИСТЕМЫ ВОСТОЧНОЙ АФРИКИ И АРАВИИ.— «Вестн. Моск. ун-та. Сер. геол.», 1969, № 1.

НОВАЯ ГЛОБАЛЬНАЯ ТЕКТНИКА. Сб. Под ред. Л. П. Зоненшайна. М., «Мир», 1974.

СИСТЕМА РИФТОВ ЗЕМЛИ. Сб. М., «Мир», 1970.

Тарлинг Д., Тарлинг М. ДВИЖУЩИЕСЯ МАТЕРИКИ. М., «Мир», 1973.

Хаин В. Е. ОБЩАЯ ГЕОТЕКТНИКА. М., «Недра», 1973.

Хаин В. Е. ПРОИСХОДИТ ЛИ НАУЧНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ В ГЕОЛОГИИ? — «Природа», 1970, № 1.

Мумификация животных и растений

М. А. Заславский
Зоологический институт АН СССР
Ленинград

Бальзамирование трупов людей и животных было развито еще в Древнем Египте, у инков и некоторых других древних народов. Открытие процесса бальзамирования при изучении мумий и расшифровка изречений на саркофагах стали чрезвычайно важным событием не только для ученых, но также и для анатомов и послужили толчком по изысканию способов мумификации трупов в научных целях.

В Зоологическом Институте АН СССР группой экспериментальной таксидермии разрабатывается консервация животных и растений для музейной экспозиции, основанная, с одной стороны, на применении различных химических консервантов, с другой — на использовании технических приемов, требующих специального холодильно-вакуумного оборудования.

Интересен в этом отношении метод сублимирования. Животное или растение предварительно замораживают в приданной ему позе, а затем уже помещают в камеру, где в условиях вакуума (10^{-2} мм рт. ст.) и низкой температуре (-25 — -35°C) происходит возгонка льда (его парообразование), чем достигается возможность удаления влаги из ткани без деформации тела, что позволяет мумифицировать объект в объемном виде. Бесспорное преимущество сублимации заключается также в том, что обезвоженная ткань не поддается гниению и не требует специальных условий для своего сохранения.

Особенно удачно сублимируются свежие трупы животных. В музейной экспозиции они успешно заменяют даже хорошо выполненные чучела. Для каждого объекта разрабатывается свой особенный режим обработки,

связанный прежде всего с размерами животного, количеством влаги в нем, плотностью кожного покрова, густотой оперения или волосяного покрова, упитанностью и рядом других свойств.

Чтобы выяснить возможности сублимационной консервации в применении к различным группам животных, нами были обработаны этим способом представители нескольких классов беспозвоночных и позвоночных животных — в общей сложности свыше ста объектов.

Препараты из беспозвоночных животных дали вполне удовлетворительные результаты, хотя весь материал был предварительно фиксирован спиртом и первоначальный цвет при этом был утерян. Наименее измененными после сублимационной обработки оказались животные с твердым наружным скелетом (ракообразные). Рыбы при высушивании подвергаются некоторой деформации в области головы и хребта, чего можно избежать предварительным инъецированием этих частей тела различными наполнителями. Хорошо сублимируются амфибии, они высушаются быстрее рыб (того же веса и размера). Рептилии сублимируются гораздо дольше амфибий, что вызвано более плотным кожным покровом, усаженным чешуей. Окраска у высушенных экземпляров сохраняется хорошо, лучше, чем у рыб и амфибий. Птицы при сублимации почти не деформируются. Предварительные опыты показали, что при сублимации особенно хорошо сохраняются цвета: белый, красный, желтый и зеленый, черный сохраняется гораздо хуже — он буреет. Голые части тела птиц — конечности, голова, клюв — сохраня-

ют свою форму и цвет. У млекопитающих при сублимации не подвергается изменению скелет, хорошо сохраняются ткани, мускулатура, мозг, внутренние органы. Хуже других сохраняется хрящевая ткань, поэтому при вакуумной сушке деформируются ушные раковины. Любопытно отметить, что линяющие животные, например белка, а также длительное время пролежавшие необработанными (при старом способе консервации практически не пригодные) при сублимации высушаются очень хорошо, с прочным закреплением эпидермиса и волоса.

Очень хорошо высушаются, сохраняя свою форму и цвет, различные внутренние органы животных: сердце, легкие, печень, мозг и др.

Методика сублимации особенно перспективна для сохранения патологоанатомических изменений в органах, так как их форма, цвет, экссудат остаются без изменений.

Быстрее, чем мумии животных, высушаются растения. Особенно удачно сублимируются почти без деформации грибы разного веса, объема и вида, сохраняя свой цвет.

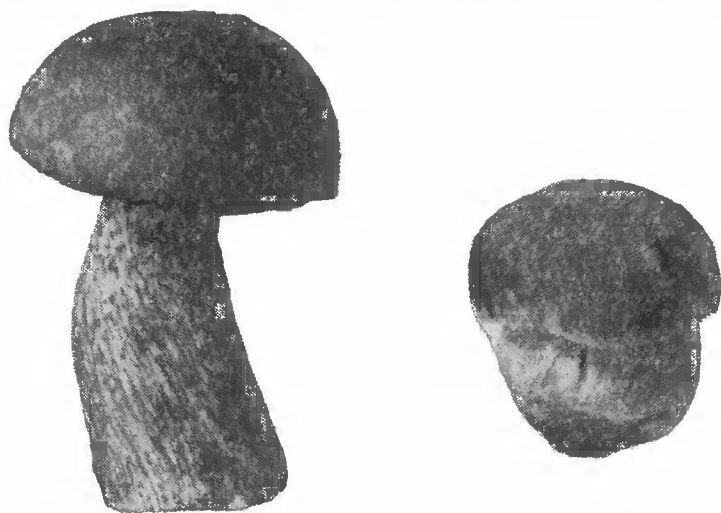
В настоящее время весь готовый материал хранится в открытом виде или в картонных коробках при комнатной температуре и влажности воздуха. Образцы, находящиеся в таких условиях уже несколько лет, прекрасно сохраняются без каких-либо видимых изменений.

Сейчас еще трудно сказать о широте и возможностях применения метода сублимирования в различных областях науки, но уже бесспорно, что у этого метода большое будущее.

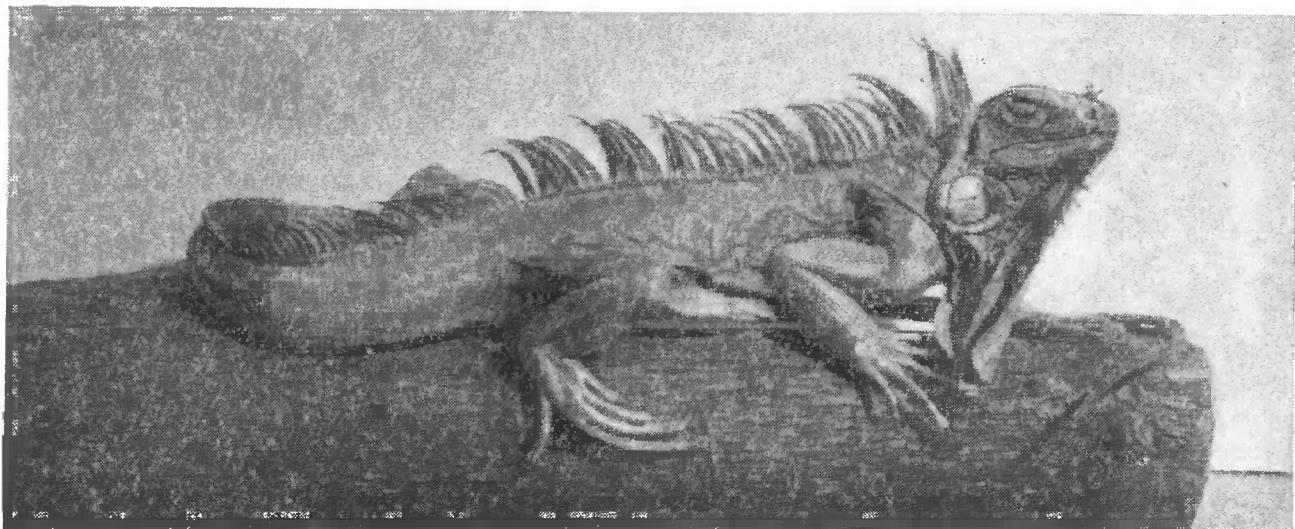


Хорек. Муфицицирован методом сублимации (вакуум 10^{-2} мм рт. ст., температура -25°C). Зоологический институт АН СССР. 1971 г.

Грибы. Муфицицированы тем же методом. Зоологический институт АН СССР. 1971 г.



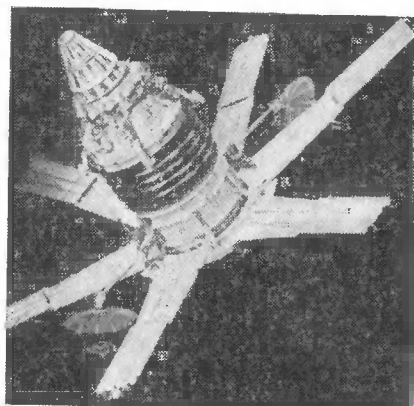
Игуана. Муфицицирована тем же методом. Зоологический институт АН СССР. 1971 г.



Запуски космических аппаратов в СССР (март — апрель 1975 г.)

В марте — апреле 1975 г. в Советском Союзе были запущены 17 космических аппаратов, в том числе 12 спутников серии «Космос» с научной аппаратурой, предназначенной для продолжения исследования космического пространства.

Спутник «Интеркосмос-13»¹ запущен в соответствии с программой сотрудничества социалистических стран в области исследования и использования космического пространства в мирных целях и предназначен для изучения динамических процес-



Связной спутник «Молния-1».

Фото ТАСС

сов в магнитосфере и полярной ионосфере Земли, а также исследования низкочастотных электромагнитных волн.

На борту метеорологического спутника серии «Метеор» установлена аппаратура для получения изображений облачности и снежного покрова на дневной и ночной сторонах земного шара, а также для сбора данных об отражаемой и излучаемой Землей и атмосферой тепловой энергии.

Продолжался полет автоматической станции «Луна-22», выведенной на селеноцентрическую орбиту 2 июня 1974 г. К 2 апреля 1975 г. станция совершила 2842 оборота вокруг Луны. За 10 мес полета станции «Луна-22» проведен комплекс научных исследований, в том числе определялись физические характеристики окололунного пространства, измерялись характеристики гравитационного и магнитного полей Луны, изучался характер рельефа отдельных районов лунной поверхности.

Очередные связные спутники серий «Молния-1» и «Молния-3» оборудованы ретрансляционной аппаратурой, предназначенной для системы дальней телефонно-телеграфной радиосвязи в Советском Союзе, а также передачи программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита» и в рамках международного сотрудничества.

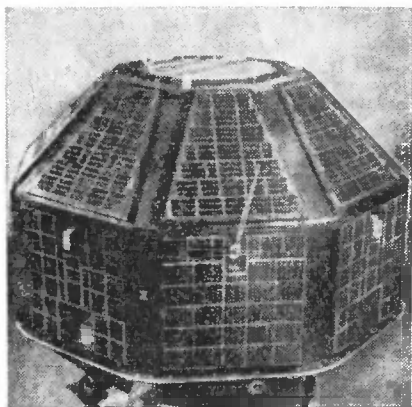
Таблица

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	наклонение, град	период обращения, мин
«Космос-719»	12.III	182	329	65	89,3
«Космос-720»	21.III	223	280	62,8	89,4
«Космос-721»	26.III	210	241	81,3	88,9
«Космос-722»	27.III	210	359	71,4	89,9
«Интеркосмос-13»	27.III	296	1714	83	104,9
«Метеор»	1.IV	877	906	81,2	102,6
«Космос-723»	2.IV	256	277	65	89,6
«Космос-724»	7.IV	276	258	65	89,7
«Космос-725»	8.IV	283	508	71	92,1
«Космос-726»	11.IV	972	1008	83	104,7
«Молния-3»	14.IV	636	40660	63	736
«Космос-727»	16.IV	180	358	65	89,6
«Космос-728»	18.IV	211	350	72,8	89,8
«Ариабата»	19.IV	563	619	50,7	96,3
«Космос-729»	23.IV	995	1023	83	105
«Космос-730»	24.IV	212	251	81,3	89
«Молния-1»	29.IV	468	40848	63	737

Первый индийский спутник

19 апреля 1975 г. в Советском Союзе, в соответствии с соглашением о научном сотрудничестве между Индийской организацией космических исследований правительства Республики Индии и Академией наук СССР, был произведен запуск первого индийского научного искусственного

¹ «Природа», 1975, № 7, с. 93.



Индийский спутник «Ариабата» весом 360 кг.

спутника Земли «Ариабата»¹. Спутник был выведен советской ракетой-носителем на близкую к круговой орбиту с параметрами: высота в перигее 563 км, высота в апогее 619 км, наклонение 50,7°, период обращения 96,3 мин.

Научная программа экспериментов, составленная индийскими специалистами, включает исследования в области рентгеновской астрономии, регистрацию нейтронного и γ -излучения Солнца и измерения потоков частиц и радиации в ионосфере. На спутнике установлены: прибор для регистрации рентгеновского излучения астрономических объектов в диапазоне энергий 2—15 кэВ, прибор для исследований в области аэронауки (изучение спектрального распределения в ионосфере электронов с энергиями до 200 эВ), прибор для регистрации ультрафиолетового излучения ночного неба в линии Лайман- γ и прибор для проведения исследований в области физики Солнца (регистрация нейтронного и γ -излучения с энергиями в диапазоне 0,2—20 МэВ во время интенсивных солнечных вспышек).

Согласно первым сообщениям, аппаратура спутника «Ариабата» работает нормально, наземные станции в Советском Союзе и Республике Индии ведут прием научной информации.

С. А. Никитин
Москва

Облет Юпитера «Пионер-11»

3 декабря 1974 г. космический аппарат «Пионер-11», запущенный с космодрома на мысе Канаверал 6 апреля 1973 г., прошел на минимальном расстоянии примерно 43 тыс. км от верхней границы облачного покрова Юпитера.

Аппарат передал на Землю информацию, уточняющую и дополняющую данные, полученные от «Пионера-10» в декабре 1973 г. При помощи бортового фотополяриметра «Пионера-11» были сфотографированы три галилеевых спутника Юпитера: Каллисто, Ганимед и Ио; в частности, удалось отснять полярную шапку Каллисто, где довольно четко выражен южный полюс. Измерения на участке сближения с Юпитером показали, что под действием солнечного ветра нестабильная внешняя область магнитосферы планеты может сжиматься примерно до половины своего максимального объема.

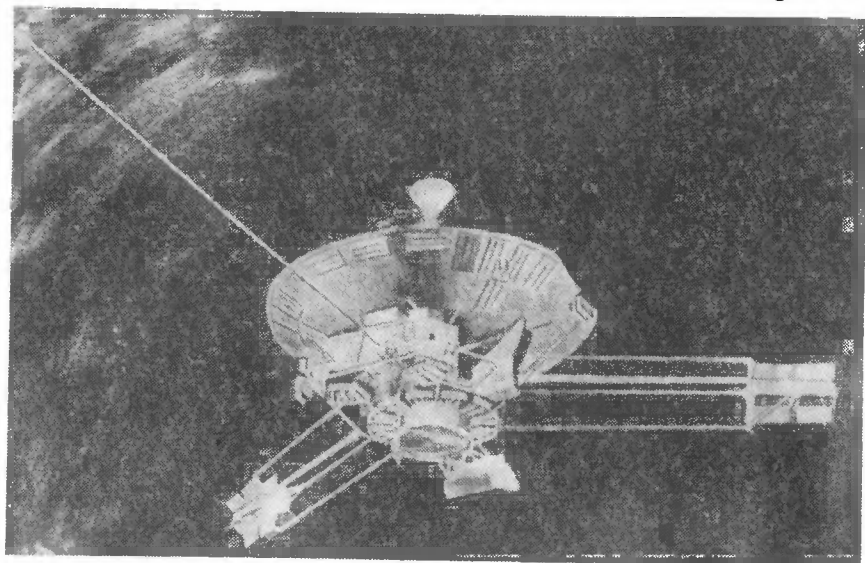
К Юпитеру «Пионер-11» подошел со стороны южной полярной области. Под влиянием тяготения планеты плоскость траектории аппарата развернулась в пространстве почти на 180°, и, пройдя над северной полярной областью Юпитера, он удалился

Космический аппарат «Пионер-11».

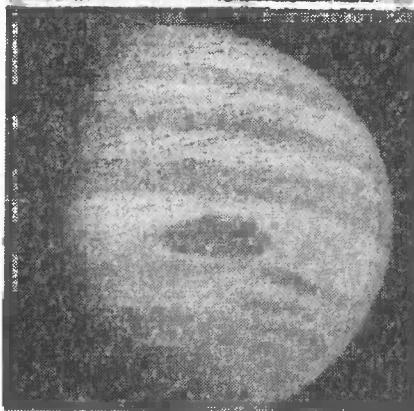
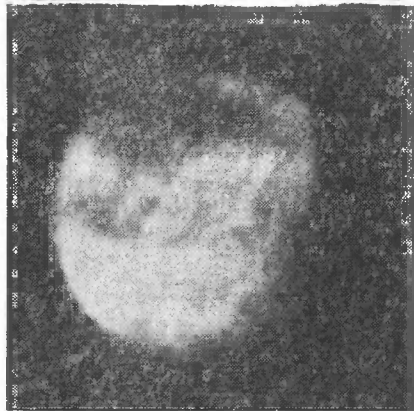
от планеты. На участке облета Юпитера работали все 12 приборов аппарата. В частности, с помощью фотополяриметра удалось сделать 22 снимка Юпитера с разрешением в 3—5 раз выше, чем это возможно с помощью наземных телескопов. На шести снимках впервые засняты южная и северная полярные области планеты. Представляет интерес видимое на снимках темное пятно в облачном слое планеты, находящееся в области, антиподной наблюдаемому с Земли Большому Красному пятну. Полагают, что темное пятно может представлять собой разрыв в облачном слое Юпитера.

Благодаря выбранной ориентации траектории облета Юпитера, «Пионер-11» довольно быстро пересек сжатый дискообразный радиационный пояс, что позволило уменьшить воспринимаемую аппаратом суммарную дозу радиации, хотя в зоне наиболее интенсивной радиации протонный поток был почти в 100 раз выше по сравнению с условиями для «Пионера-10». Энергетический максимум потока протонов оказался близким к верхнему пределу, который могут выдержать научные приборы. Было обнаружено также, что пики интенсивностей потоков энергетических частиц располагаются не на магнитном экваторе, а по обеим сторонам от него.

В целом экспресс-анализ полученной информации позволил выявить



¹ Ариабата, или Ариабхата (476 г.—?) — индийский астроном и математик.



Снимок Юпитера и его спутника Ганимеда (в правом нижнем углу) с расстояния 463 тыс. миль от планеты.

Снимок Ганимеда, сделанный «Пионером-11» с расстояния 467 тыс. миль.

Большое Красное пятно Юпитера, сфотографированное «Пионером-11».

картину поведения заряженных частиц на расстояниях 2,85—1,6 юпитерианских радиусов от планеты, где «Пионер-10» не проводил измерения; по-

лучить высококачественные данные о дипольном магнитном поле и радиационных поясах над более высокими широтами, измерить толщину магнитосферы, получить детальную информацию о гравитационном поле Юпитера.

В результате пертурбационного маневра около Юпитера скорость «Пионера-11» возросла до 47,5 км/с и он перешел на траекторию перелета к Сатурну, с которым должен сблизиться 5 сентября 1979 г.

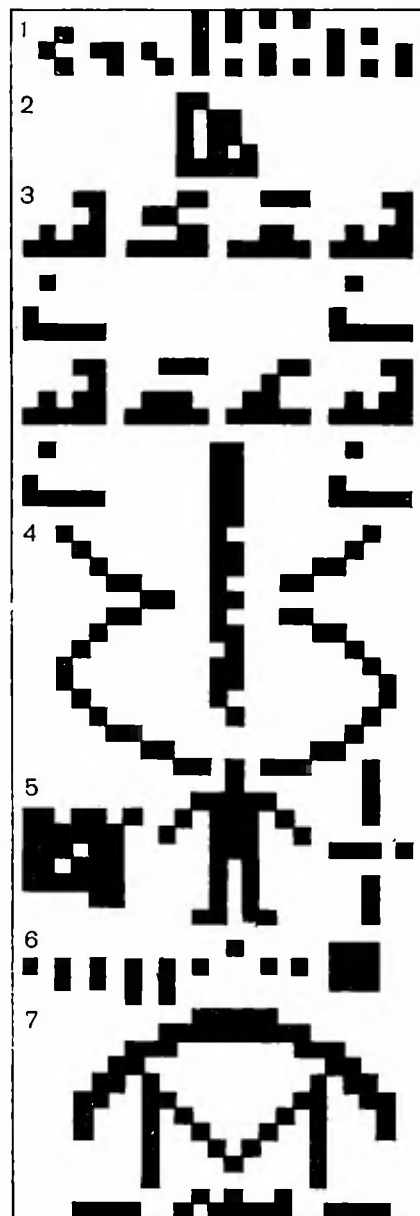
«Aviation Week and Space Technology», 1974, v. 101, № 22, p. 40; № 23, p. 16—17 (США).

Радиограмма в иные миры

16 ноября 1974 г. с крупнейшего в мире радиотелескопа в Аресибо (Пуэрто-Рико), принадлежащего Национальному астрономо-ионосферному центру США, в космос впервые в истории человечества было отправлено кодированное сообщение, предназначенное для внеземных цивилизаций.

1. Послание начинается перечислением цифр от 1 до 10 в двоичной системе. 2. Затем следуют атомные числа химических элементов — водорода, углерода, азота, кислорода и фосфора. 3. Строка перечисляет количество атомов в молекуле ДНК. 4. Под ней расположено схематическое частичное изображение двойной спирали с идущим вниз по ее центру двоичным числом, показывающим приблизительно количество «основных пар» информационных единиц в ДНК человека. 5. Схематизированная фигура самого человека, слева от нее проставлено число 4 млрд, приблизительно указывающее количество людей на Земле. Справа от силуэта указано число 14. Это — высота среднего представителя человеческого рода, если за единицу измерения принять 12,6 см, т. е. длину волны, на которой передается послание. 6. Предпоследняя строка занята схематическим изображением нашей Солнечной системы, где Земля выделена из общего ряда планет. 7. Завершается послание схемой радиотелескопа Аресибо и числом 2430, представляющим его диаметр также в длинах радиоволн, на которых передано послание.

Сигнал был нацелен в сторону звездного скопления Мессье 13, состоящего примерно из 30 тыс. звезд. Пучок радиоизлучения ~ за 24 тыс. лет пути вследствие рассеяния в поперечнике приблизится к диаметру этого звездного скопления, и, таким образом, бесполезная трата энергии будет сведена к минимуму. По мнению известного астронома К. Сагана (Корнеллский университет, США), вероятность существования цивилизаций на планетах этих звезд, составляет 1 : 2.



Содержание радиограммы, адресованной цивилизациям Мессье 13, и принципы ее кодирования были разработаны группой сотрудников Корнеллского университета, возглавляемой Ф. Дрейком и Б. Оливером. При этом использована двоичная система счисления с применением сетки, состоящей из 23 знаков в ширину и 73 знаков в длину (всего 1679 знаков). Это последнее число должно обратить на себя внимание разумных существ и стать ключом ко всему коду, так как оно является произведением двух простых чисел (т. е. делящихся только на себя и на единицу).

Если представители гипотетической цивилизации Мессье 13 сразу воспримут сигнал, раскодируют и немедленно отправят ответ, он поступит на Землю примерно через 48 тыс. лет. «Science News», 1974, v. 106, № 21, p. 325 (США).

Была ли на Марсе вода?

По фотоснимкам поверхности Марса, полученным автоматическими станциями «Марс-4» и «Марс-5», была изучена история геологического развития области, прилегающей к району посадки станции «Марс-6». Эта область, называемая Эритрейским морем, представляет собой обширную, вытянутую с севера на юг депрессию шириной 900 км, ограниченную с юга валом крупной кольцевой структуры Аргир (диаметр ее 1 тыс. км), а с востока и запада — тектоническими поднятиями. Поверхность этой депрессии испещрена кратерами диаметром до 100—150 км.

На фоне кратерного рельефа выделяются долины различного размера. На снимках видны следы перемещения пород по склонам рельефа и некоторые образования эолового происхождения.

К. П. Флоренский, А. Т. Базилевский, Р. О. Кузьмин и И. М. Черная выделяют следующие этапы геологического развития изученной области. Древнейший этап интенсивного кратерообразования начался (по аналогии с Луной) 3,5—4,5 млрд лет назад. Тогда возникли в основном кратеры диаметром более 20—30 км и обра-

зовалась крупная магистральная долина, фрагменты которой сохранились в виде долин Узбой и Ладон. На втором этапе формировались кратеры диаметром менее 20—30 км, прекратилось образование долин и возросла роль ветровой эрозии. На северо-западе произошло поднятие местности (до высоты 5 км над средним уровнем), совпадающее по времени с резким ослаблением эрозии в долине Ниргал. На третьем этапе происходили преимущественно ветровые процессы, образовались малые кратеры, породы перемещались на склонах. По краям крупных долин возникли овраги.

Марсианские долины по очертаниям сходны с земными. Существование у долин притоков и другие признаки говорят об их водно-эрозионном происхождении. Возможно, что климат и состав атмосферы Марса допускал действие достаточно мощных водных потоков. Эта вода или погребена и заморожена на Марсе или утрачена им в ходе геологической истории.

Однако нельзя исключить возможность иных путей образования марсианских долин, например тектонического.

«Космические исследования», 1975, т. XIII, № 1, с. 67—76.

Радиопульсар в двойной системе

Л. М. Озерной и В. И. Шишов (Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР) предложили способ оценки электронной концентрации вблизи пульсара по ширине импульса его радиоизлучения.

В тесной двойной системе, содержащей радиопульсар, плазма (перетекающая или составляющая общую оболочку) находится в турбулентном состоянии, т. е. имеет интенсивные внутренние движения. Это приводит к эффективному рассеянию в ней радиоволн, которое влияет на ширину импульса пульсара. По наблюдаемой ширине импульса была оценена верхняя граница электронной концентрации плазмы для первого радиопульсара (PSR1913+16), открытого в двойной системе: электронная концентра-

ция $N_e < 5 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$. Столь низкий предел, установленный на плотность газа, свидетельствует об отсутствии аккреции в этой системе, содержащей нейтронную звезду — пульсар, что резко выделяет ее из аналогичных систем, являющихся рентгеновскими источниками.

Малая плотность газа значительно ограничивает число возможных гипотез о природе компаньона пульсара, а также позволяет судить об эволюции, приведшей к столь необычной двойной системе.

«Письма в Астрономический журнал», 1975, т. 1, № 3, с. 21—24.

Уникальная переменная звезда FG Стрелы

Переменность блеска FG Стрелы не была известна до 1943 г., но по снимкам «звездного патруля» удалось проследить ее историю с 1894 г. С 1894 по 1970 г. яркость звезды постепенно увеличилась в 40 раз. Только в последние несколько лет произошло небольшое ослабление блеска. На постепенное увеличение яркости накладывались небольшие случайные колебания блеска. В течение последних нескольких лет эти флуктуации имели характерное время порядка недели, а в 1971 г. звезда изменяла блеск в желтых лучах в пределах 0,45 звездной величины с периодом 60 дней.

Спектральные наблюдения звезды начались в 1955 г. Спектрограммы показали, что у звезды существует газовая оболочка, расширяющаяся со скоростью 70 км/с.

FG Стрелы расположена в центре планетарной туманности радиусом 18", имеющей форму диска. С 1894 г. эта туманность не изменила ни своих размеров, ни яркости. Линейный радиус туманности 0,2 пс. По последним данным средняя лучевая скорость туманности совпадает с лучевой скоростью центральной звезды FG Стрелы, а скорость расширения — 34 км/с: при расстоянии до звезды 2,5 тыс. пс туманность могла расширяться до настоящего размера за 6 тыс. лет, что составляет 1/2—1/3 возраста самых старых планетарных туманностей нашей Галактики. Таким образом, эта ту-

манность была бы самой обычной планетарной туманностью, если бы в ее центре была расположена горячая звезда, способная возбудить ее свечение, а не такая холодная, как FG Стрелы.

Систематические спектральные наблюдения последних лет показали, что звезда продолжает охлаждаться в среднем на 250 К в год и в 1972 г. на ее поверхности была зарегистрирована температура 6500 К. Атмосфера звезды больше не расширяется, и эмиссионные детали в ее спектральных линиях исчезли. Детальный анализ кривой роста показал, что за это короткое время содержание иттрия, циркония, бария, стронция и редкоземельных элементов в атмосфере звезды увеличилось от солнечного до величины, в 25 раз ее превышающей.

Эти элементы связаны с s-процессом ядерного синтеза¹. Возможно, они появились в атмосфере звезды в результате «гелиевой вспышки», когда все вещество над слоем горящего гелия перемешивается. Оценки массы этой звезды ($\sim 3 M_{\odot}$) наводят на мысль, что переменная FG Стрелы сейчас находится в стадии перехода от нормального гиганта к «бариевой звезде». Численность группы «бариевых звезд» — гигантов в окрестностях Солнца — составляет 1%. Тогда наличие планетарной туманности вокруг звезды остается необъяснимым.

Если постепенное охлаждение звезды, наблюдавшееся в последние 20 лет, происходило и ранее, то в начале века FG Стрелы было ядром обычной планетарной туманности — очень горячей звездой. За счет ионизирующего действия излучения звезды в то время туманность светит сейчас.

«Sky and Telescope», 1974, v. 48, № 1 (США).

Проблема атомарного водорода

Получение и хранение атомарного водорода имеет важное значение как с чисто научной точки зрения, так и для создания высокоэффективного и

«чистого» ракетного топлива с высоким удельным импульсом. У такого топлива энергия высвобождается в быстротекущем рекомбинационном процессе: $2H \rightarrow H_2 + Q$, где $Q = 0,45$ эВ.

Предложено несколько подходов к решению этой проблемы.

Многие металлы и сплавы способны удерживать значительные количества атомарного водорода. Металлы, поглощающие много водорода (например, титан или палладий), сильно связывают его атомы и для их высвобождения требуется энергия, сравнимая с энергией, выделяющейся при рекомбинации.

Другой способ — хранение атомарного водорода при низких температурах (~ 1 К) и сильных магнитных полях (~ 10 тл). При этом магнитные моменты электронов атомов выстроены вдоль поля, что исключает возможность образования молекулы H_2 , в которой спины пары обобществленных электронов должны быть ориентированы встречным образом. Получение атомов водорода с помощью электрического разряда в газообразном молекулярном водороде технически затруднено из-за их быстрой гибели на стенках установки и при рекомбинации в молекулы.

Вебелер помещал замороженный молекулярный водород, содержащий тритий, в находящуюся в магнитном поле низкотемпературную камеру. При β -распаде трития образуются электроны с энергией 5 кэВ, которые, бомбардируя молекулы H_2 , вызывают их диссоциацию. Рекомбинация атомов водорода значительно подавлена совместным влиянием сильного магнитного поля и низкой температуры. Недостаток этого метода — постоянные возмущения системы сравнительно высокоэнергетическими электронами.

Таким образом, перспективы получения и хранения атомарного водорода в настоящее время довольно неясны. Теоретически проблема также слабо разработана.

Р. Эттерс (Университет штата Колорадо, США) и Дж. Дьюген и Р. Пальмер (Льюисовский исследовательский центр НАСА, США) теоретически рассчитали физические свойства пока гипотетических веществ — атомарных

водорода, дейтерия и трития с выстроенными спинами. Ими проделан расчет на ЭВМ для системы из 32 атомов, заключенной в ящике с периодическими граничными условиями. Для описания взаимодействия между частицами использован модельный потенциал с коэффициентами, определяемыми атомными характеристиками.

Показано, что атомарные водород и тритий в отсутствие внешнего давления при 0° К должны оставаться в газообразном состоянии, в противоположность дейтерию, который при нормальном давлении и температуре $\sim 0,7$ К превратится в жидкость крайне низкой плотности ($\sim 0,02$ г/см³). Различие связано с тем, что первые две системы описываются статистикой Бозе — Эйнштейна, а третья — статистикой Ферми — Дирака.

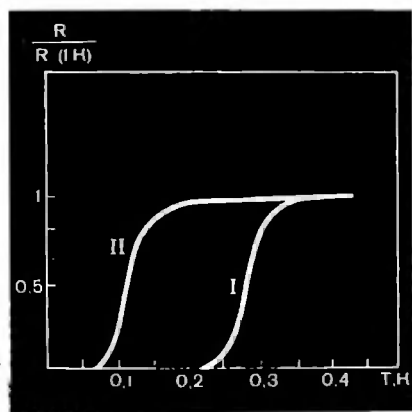
Если эти расчеты правильны, атомарные водород и тритий окажутся чрезвычайно интересными объектами. Это будут новые бозе-эйнштейновские системы, сохраняющие газообразное состояние при 0° К. С их помощью можно будет исследовать сверхтекучесть в широком диапазоне плотностей. Оценка температуры перехода в сверхтекучее состояние дает для атомарного водорода $T_{\lambda} \approx 4,5$ К при молярном объеме $V = 120$ см³ и $T_{\lambda} \approx 15$ К при $V = 20$ см³. Для атомарного трития $T_{\lambda} \approx 1,48$ К при $V = 120$ см³. Для атомарного дейтерия можно ожидать сложных коллективных квантовых явлений типа обнаруженных в последнее время для ³He.

«J. of Chemical Physics», 1975, v. 62, № 2, p. 313 (США).

Первый сверхпроводящий неорганический полимер

Р. Грин, Г. Стрит (Исследовательская лаборатория компании IBM, США) и Л. Сьютер (Станфордский университет, США) обнаружили, что кристаллический полимерный нитрид серы (SN)_x при температурах ниже 0,26 К переходит в сверхпроводящее состояние. Итак, открыт первый сверхпроводящий полимер. Этот неорганический полимер известен химикам уже много лет, однако только недавно удалось добиться его хорошей кристал-

¹ «Природа», 1975, № 5, с. 51.



Температурная зависимость приведенного сопротивления (вдоль волокон) для одного из образцов полимера (SN)_x. Кривая I — волокна расположены перпендикулярно к магнитному полю Земли, кривая II — перпендикулярно волокнам приложено внешнее магнитное поле напряженностью 335 Гс.

личности и высокой чистоты. Материал синтезируется в виде пучков волокон диаметром не более 1 мкм. При комнатной температуре удельное электросопротивление вдоль волокон составляет 1000 Ом·см. При понижении температуры до 1 К сопротивление падает примерно в 5 раз, а в температурной области от 30 до 20 К наблюдается слабый минимум сопротивления. Предполагается, что сверхпроводимость, несмотря на несколько размытый характер перехода, установлена вполне надежно, так как, помимо резкого падения сопротивления (по крайней мере, в 1000 раз), наблюдается понижение критической температуры при наложении внешнего магнитного поля (см. рис.).

Структурные исследования показали, что полимерный нитрид серы обладает квазиодномерным строением с цепочками из чередующихся атомов серы и азота. В то же время за счет относительной близости атомов серы в соседних цепях между ними существует некоторое взаимодействие, понижающее «степень одномерности» структуры. Возможно, в полимерном нитриде серы, как и во всех известных на сегодняшний день сверхпроводниках — электрон-фононный механизм сверхпроводимости.

С открытием сверхпроводимости у

полимера можно будет, по-видимому, проверить большое число теоретических работ по одномерным сверхпроводящим системам. Кроме того, вероятно, удастся реализовать идею У. Литтла о высокотемпературном органическом сверхпроводнике с сильным взаимодействием электронов через экситоны.

«Phys. Rev. Lett.», 1975, v. 34, № 10, p. 577 (США).

Букет шампанского

Известно, что букет вина, в частности шампанского, создают эфирные масла винограда, образующиеся при брожении и выдерживании вина. Этот вопрос давно привлекал внимание биохимиков. Однако до сих пор роль веществ, составляющих букет вина, была не ясна.

А. К. Родопуло, Г. А. Кормакова и И. А. Егоров (Институт биохимии им. А. Н. Баха АН СССР) исследовали образцы советского шампанского, приготовленные бутылочным и резервуарным методом, а также французского шампанского фирм «Реймс» и «Айла» методом газожидкостной хроматографии.

До сих пор считали, что за аромат шампанского ответственны в основном легколетучие вещества. Оказалось же, что он обуславливается прежде всего количественным содержанием отдельных высококипящих компонентов сивушных масел. Особое значение имеют терпеноидные соединения цит- и транс-фарнезолы, а также сложные эфиры — этиллинолеат, этиллактат, этилкапроат, — фенилэтилацетат и др. Легколетучие вещества в небольших количествах также создают общий фон, в присутствии которого проявляются и другие специфические оттенки в аромате вина.

«Прикладная биохимия и микробиология», 1975, т. XI, вып. 1, с. 107—111.

Иммунитет и полушария головного мозга человека

По современным представлениям, специфическая деятельность иммунной системы в некоторой степени определяется неспецифическим влиянием нейро-гуморальной системы (ги-

поталамус, гипофиз, кора надпочечников и др.

Некоторые данные, полученные А. П. Чуприковым (Московский научно-исследовательский институт психиатрии Министерства здравоохранения РСФСР), дают основание предполагать, что правое и левое полушария головного мозга оказывают разное влияние на иммунное состояние организма у больных эпилепсией.

Клинические и иммунологические исследования показали, что изменения в структурах левого полушария сопровождаются увеличением антител к антигенам из мозга в сыворотке крови. При поражении структур правого полушария это явление наблюдалось реже. Среди больных с аллергическими явлениями преобладали женщины с нарушениями в правом полушарии. Автор считает, что в зависимости от поражения левого или правого полушария усиливается или аутоиммунная, или аллергическая реакция организма. Кроме того, в свете этой гипотезы представляет интерес известное преобладание функций левого полушария у женщин, которое можно соотнести с их важной ролью в репродуктивном процессе, увеличением у них продолжительности жизни и хронологическим запаздыванием начала многих заболеваний по сравнению с мужчинами.

«Вестник АМН СССР», 1974, № 11, с. 53—56.

Элдрин и диэлдрин запрещены в США

В результате длительной проверки обнаружилось канцерогенное воздействие на организм животных пестицидов элдрина и диэлдрина (опыты ставились на мышах и крысах). Решением Управления по защите природной среды США со второй половины 1974 г. производство и применение этих веществ полностью запрещено. Одновременно запрещена продажа мяса, содержащего диэлдрин в количествах, превышающих 0,3 части на 1 млн.

Элдрин и диэлдрин выпускали в США с 1950 г. и к 1974 г. их выпуск достиг большого объема. В Западной Европе их токсичность была замечена ранее.

«Chemical Age», 1974, v. 109, № 2882, p. 9 (США).

Температурная адаптация у человека

Группа ученых из Датского технического университета, возглавляемая П. Фангером, изучала приспособляемость человека к температуре окружающей среды. Опыты проводились в специально сконструированной камере искусственного климата, где температура воздуха, его влажность и скорость движения произвольно менялись. В эксперименте использовалась одежда с определенными теплоизолирующими свойствами и учитывалась профессия подопытных лиц, их возраст и пол. Полученные данные обрабатывались на ЭВМ.

В результате исследований был сделан вывод, что, вопреки сложившемуся мнению, всюду на Земле — в тропиках, в странах с умеренным климатом или в полярных районах — требования к температуре в помещении у людей одинаковы. Эскимосы привыкли к холодному климату, африканцы — к жаркому, но если предоставить им возможность выбора, они предпочтут одинаковую температуру.

Возраст и пол не влияют на температурную адаптацию. Мнение, что красный цвет вызывает ощущение тепла, а синий — холода, не подтвердилось: окраска стен климатологической камеры или цвет световых волн не сказываются на психологии теплового восприятия.

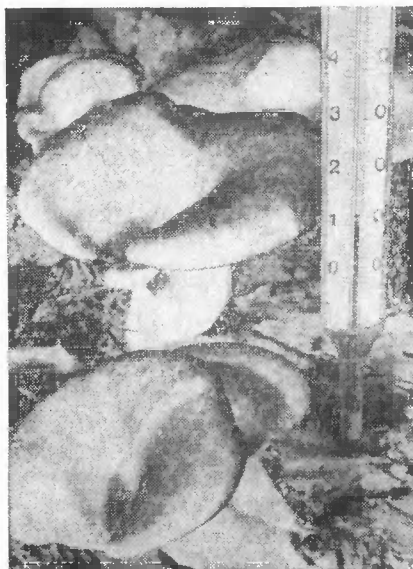
По мнению авторов, географическая и национальная обусловленность отличий в отношении выбора температуры среды зависит от различной привычки одеваться. Если учесть все эти параметры, то с помощью определенной модели можно рассчитать оптимальные для человека условия на Земле.

«Umschau in Wissenschaft und Technik», 1974, № 20, S. 645 (ФРГ).

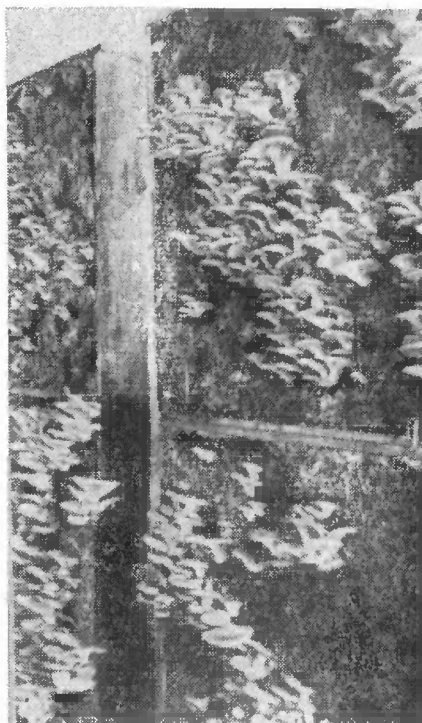
Новый метод культивации устричных грибов

Археологам известно, что человек использует в пищу грибы уже более 30 тыс. лет. Но только с XVII в. во Франции начали культивировать шампиньоны.

До последнего времени разведение других грибов не имело практического значения. Наконец, после долгой



В грибном хозяйстве в Иммсдорфе под Кельном (ФРГ). Устричный гриб выращивается здесь на новой технологии. Оптимальная температура для образования плодовых тел устричного гриба колеблется от 10 до 16° С.



В хозяйстве устричных грибов в Дайлингхофене (ФРГ) устричный гриб культивируется на высоких стенах из соломенного субстрата.

подготовительной работы достигнуты успехи в культивации ценного лесного гриба *Pleurotus ostreatus* (устричный гриб, или вешенка обыкновенная)¹.

Он растет на стволах деревьев, главным образом лиственных, и образует плодовые тела, в основном, осенью. Цвет шляпки гриба от желто-серого до серо-черного.

Сухой гриб содержит в среднем 24% белка, 1,5% жира и 14,5% грубого волокна.

Первые опыты культивации устричных грибов были проведены еще в конце прошлого столетия. С тех пор и до последнего времени культивируемую в питательной среде грибницу прививали к стволам свежесрубленных лиственных деревьев под открытым небом. Такой способ давал хороший урожай в течение многих лет (преимущественно в осенние месяцы).

Созсем недавно установлено, что вместо дерева питательной основой для выведения устричных грибов могут служить сельскохозяйственные отходы, содержащие лигнин, целлюлозу, гемицеллюлозу (солома, кукурузные початки и т. п.). Привитый искусственный субстрат сохраняется в специальных теплицах с регулируемыми условиями.

В результате этих экспериментов значительно сократились сроки созревания плодовых тел гриба: в то время как на искусственную культивацию на стволах на открытом воздухе уходит 3—4 года и сбор урожая грибов возможен только в осенние месяцы, для вызревания в теплице на соломе достаточно всего 12—14 недель. Контролируемые в теплице климатические условия дают возможность получать урожай независимо от времени года.

Во Франции, Италии и Венгрии такое производство уже налажено. Специалисты считают, что устричные грибы своими вкусовыми качествами и питательной ценностью заслуживают широкого распространения.

«Umschau in Wissenschaft und Technik», 1974, № 23, S. 744—745 (ФРГ).

¹ На территории СССР гриб распространен на Европейской части и на Кавказе. Относится к съедобным грибам 4 категории. Назван вешенкой, по-видимому, потому что появляется ранней весной или из-за способности расти в подвешенном состоянии (Прим. ред.).

Злак, останавливающий дюны

Значительная часть прибрежных земель США вдоль атлантического побережья от штата Северная Каролина до штата Мэн, а также вдоль озер Верхнее, Эри, Гурон, Онтарио и Мичиган занята дюнами, которые препятствуют многим видам хозяйственной деятельности.

Группе научных сотрудников Экспериментальной сельскохозяйственной станции штата Нью-Джерси удалось отобрать из природных популяций злака *Ammophila breviligulata* клон, который успешно закрепляет дюны. У новой разновидности, получившей название кейп, необычно плотный стебель, сильная и разветвленная система корневищ. Размножать растение следует только вегетативно.

«Crop Science», 1974, v. 14, № 5, p. 777 (США).

Борьба с кистехвостом

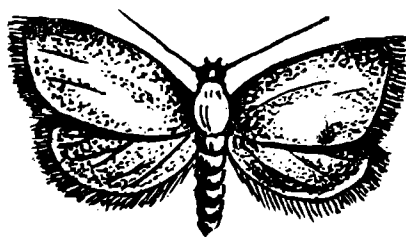
Резкое увеличение в 1973 г. численности бабочки-кистехвоста привело к гибели леса в северо-западных районах США на площади ~300 тыс. га.

Группа сотрудников Национальной службы лесов США в Корваллисе (штат Орегон), возглавляемая Х. Томпсоном, идентифицировала вирус, поражающий в природе гусениц кистехвоста. Эксперимент, проведенный в 1974 г. в одном из национальных лесов штата Орегон, показал его высокую эффективность (99,9%) и безвредность для других организмов.

«Forest Research», 1974, № 8, p. 7 (США).

Растения контролируют спаривание насекомых?

Группа американских исследователей во главе с Дж. Вичманом и Л. Хендри¹, изучая действие половых аттрактантов (феромонов) насекомых, обнаружила, что у дубовой листовертки (*Tortrix viridana*) феромоны группы тетрадецилацетатов попа-



Дубовая листовертка (*Tortrix viridana*).

дают в организм самок этой бабочки из листьев дуба, на которых выкармливаются гусеницы.

Оказывается, гусеницы-самки накапливают в организме вещества, впоследствии играющие роль половых аттрактантов для самцов, а гусеницы-самцы не обладают такой способностью. Самки, выкормленные в лаборатории на люцерне и пшенице, практически не могут привлекать самцов в природе, что ведет к возникновению полной репродуктивной изоляции. Дополнительные эксперименты, проведенные на ряде видов насекомых, подтвердили вывод об использовании насекомыми в качестве половых аттрактантов сложных химических соединений, образующихся в кормовых растениях.

На основании полученных данных, по мнению исследователей, открывается перспектива сравнительно дешевого получения половых аттрактантов непосредственно из растений. Кроме того, необходимо пересмотреть ряд выводов систематиков, которые, основываясь на полной репродуктивной изоляции между наблюдавшимися формами насекомых в эксперименте, считали их самостоятельными видами (не исключено, что во многих случаях такая изоляция была связана с воспитанием личинок на разных растениях и в этом случае она будет лишь временной).

Второй вывод мне кажется особенно интересным в связи с широко обсуждающимися в отечественной литературе результатами опытов Г. Х. Шапошникова¹ (1959—1965) по выработке репродуктивной изоляции у ря-

да внутривидовых форм тлей (*Aphidinea*), воспитывавшихся на разных растениях.

В одном ряду с этими фактами, несомненно, находится и описанное несколько лет назад явление аутомимикрии¹ (ряд видов насекомых накапливает ядовитые алкалоиды, получаемые ими из кормовых растений и делающих их невкусными или даже ядовитыми для птиц и других врагов).

Все это вместе взятое показывает, что связи между растительным и животным миром нашей планеты оказываются более многообразными и тонкими, чем это казалось еще несколько лет назад.

А. В. Яблоков

Доктор биологических наук
Москва

Обезьяны способны к абстрагированию

В Институте зоологии при Мюнстерском университете (ФРГ) исследовали способности животных к абстрагированию. Ю. Летмат использовал зеркало для изучения способности различных видов обезьян к образованию понятия собственной индивидуальности.

Все участвовавшие в опытах низшие обезьяны (*Macaca silenus*, *Papio hamadryas*, *Mandrillus sphinx*, *Cebus apella*, *Ateles spec.*) и гиббоны (*Hyllobates lar*, *H. agilis*) в течение 17 дней реагировали на свое изображение как на другую особь своего вида, что проявлялось в соответствующих мимике и жестах.

Иначе вели себя человекообразные обезьяны (6 орангутанов, 6 горилл и 9 шимпанзе). В первые дни их поведение было сходно с поведением низших обезьян. Так, у шимпанзе, увидевших себя в зеркале, шерсть мгновенно вставала дыбом, они либо бегали перед зеркалом, демонстрируя мимикой и звуками недовольство, либо бросались к зеркалу, вытянув вперед руки. Самцы орангутаны энергично угрожали своему изображению, а самки бросали в зеркало различные предметы и плевались. Гориллы принимали воинственную позу, били себя в грудь, пытались ударить свое изображение и швыряли в него нечистоты.

¹ «Природа», 1975, № 4, с. 108.

¹ «Science News», 1974, v. 106, № 27, p. 343.

¹ Шапошников Г. Х. Популяция, вид, род как живые системы и их структура у тлей. — Тр. Зоол. ин-та АН СССР, 1974, т. 53, с. 106—173.

ты и куски пищи. Через некоторое время шимпанзе и орангутаны стали рассматривать свое изображение в зеркале. Сидя перед ним, они чистили указательным пальцем зубы, а одна из самок орангутанов даже украшала себя с помощью листьев салата. Гориллы меньше остальных интересовались зеркалом, однако и у них наблюдались действия типа «чистки зубов».

В одном из опытов обезьянам незаметно наносили белой краской метку на лоб. При взгляде в зеркало все взрослые особи шимпанзе обнаруживали пятно на лбу и счищали его, зрительно контролируя свои действия. Из 4 взрослых орангутанов только один не дал реакции на метку, а из 4 горилл — две.

Удалось установить, что идентификация своего изображения в зеркале зависит от некоторых условий. Так, молодые животные (1,5—2,5 года) вообще не реагируют на метку. Кроме того, существенную роль (особенно, если животные выросли в неволе) играет степень предшествующего общения с себе подобными.

«Umschau in Wissenschaft und Technik», 1974, B. 15, S. 486—487 (ГДР).

Геологическая карта Европы

Вышла в свет компактная (72×85 см) геологическая карта Европы¹. В ее пределы на северо-западе входит Гренландия и о-в Баффинова Земля, на северо-востоке — Западно-Сибирская низменность, на юго-востоке — Аравийский п-ов и на юго-западе — северо-западный угол Африканского континента. Геологическая шкала дана преимущественно с дробностью до отдела. Специальными цветами и знаками показаны интрузивные магматические образования, их возраст и состав (кислые, основные, ультраосновные и щелочные). Штри-

ховые знаки отражают зоны вулканизма, гранитизации и магматизации, выделены разломы и шарьяжи (пологие надвиги) пластин земной коры.

По-новому отражено на карте строение складчатых геосинклинальных областей, и в первую очередь Среднеземноморского пояса и горных цепей Норвегии. В них на первый план выходят многочисленные шарьяжи и зоны гипербазитов, показывающие, что земная кора в этих областях испытала сильное сжатие.

Геологическая карта Европы удобна и для научных разработок и в качестве учебного пособия для курсов «Историческая геология», «Геология СССР», «Геотектоника» и др.

А. Е. Ш л е з и н г е р

Доктор геолого-минералогических наук
Москва

Происхождение Изборожденных земель

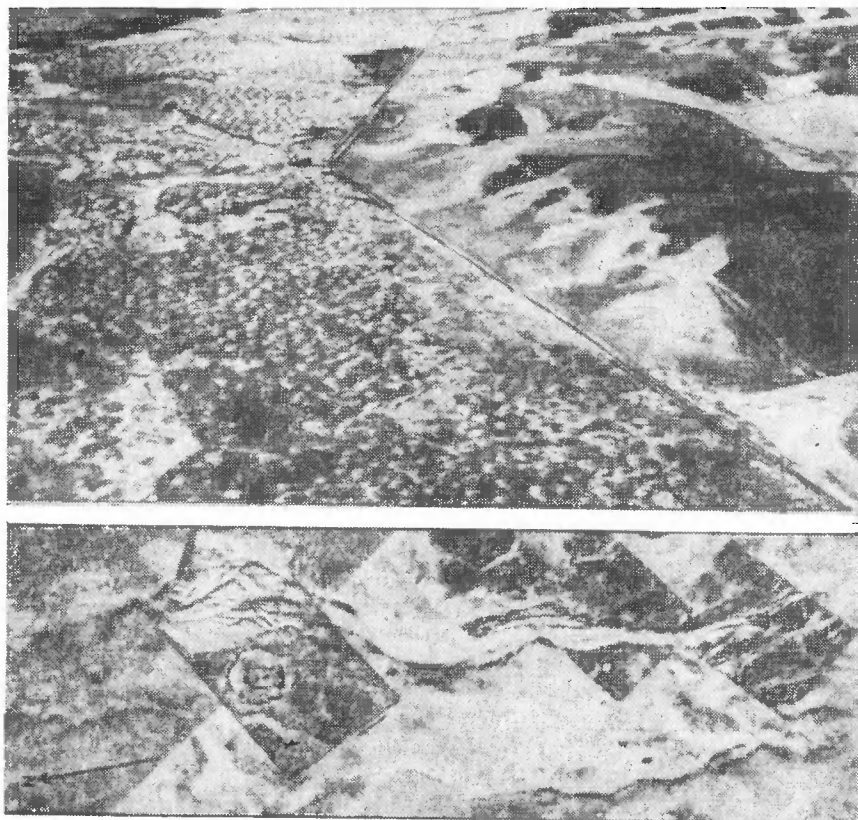
На крайнем северо-западе США (штат Вашингтон) находятся так назы-

ваемые Изборожденные земли — район площадью около 40 тыс. км², представляющий собой огромные обнажения черных базальтовых пород, пересеченных многочисленными расщелинами, разломами, трещинами, впадинами, перепадами высот. На многих обнажениях хорошо различимы волноприбойные знаки, в ряде мест существуют крупные гравийные отмели, хотя этот район лежит далеко в глубине суши.

Р. Бейкер (Университет штата Техас, США), Дж. Милтон (Управление геологической съемки США) считают, что Изборожденные земли возникли в результате прорыва гигантского озера.

10—30 млн лет назад этот район представлял собой бассейн, дно которого было выстлано базальтами, изливавшимися в ходе частых тогда извержений. Со временем на дне бассейна скопилось значительное коли-

На фотографии Изборожденных земель (вверху) и долины Мангала на Марсе (внизу) отчетливо видно сходство рельефа этих районов.



¹ Геологическая карта Европы (учебная). Масштаб 1 : 10 000 000. Редактор А. А. Богданов. Всесоюзное аэрогеологическое научно-производственное объединение «Аэрогеология» Министерства геологии СССР. Москва, 1973.

чество лессовых почв, принесенных ветром.

Около 100 тыс. лет назад во время одной из эпох оледенения ледник затрудил реки и образовались ледниковые озера. Крупнейшая из ледяных «плотин» преградила р. Кларк-Форк у впадения в ныне существующее озеро Пенд-Орейл. На этом месте возникло огромное озеро площадью 9 км² и глубиной 700 м.

Когда уровень воды превысил гребень «плотины», начался ее быстрый размыв. При этом расход воды, очевидно, составлял ~40 км³/ч, что в 10 раз превышает общий сток всех современных рек мира.

Несколько мощных потоков обрушились на базальтовые обнажения и сформировали нынешние черты Изборожденных земель.

Р. Бейкер и Дж. Милтон, сопоставив фотографии Изборожденных земель со снимками Марса, где поверхности испещрены многочисленными кратерами, считают, что аналогичные события могли происходить и на Марсе.

«Science News», 1974, v. 106, № 16, p. 250—251 (США).

Ископаемый метеоритный кратер

В последнее время рядом исследователей высказано предположение, что Болтышская котловина, расположенная в Кировоградской области, — это метеоритный взрывной кратер. Эту точку зрения подтверждает проведенное недавно Ю. Ю. Юрком, Г. К. Еременко, Ю. А. Полкановым (Институт минеральных ресурсов Министерства геологии УССР) минералого-петрографическое изучение пород нижней части разреза котловины. Установлено, в частности, что породы, принимавшиеся ранее за пирокласты и эффузивы, на самом деле взрывные брекчии и импактиты, местами претерпевшие плавление. Сходство же их с вулканическими породами чисто внешнее. Найдены также многочисленные объективные свидетельства ударного метаморфизма как в породах кристаллического основания, непосредственно под взрывной брекчией, так и в самой брекчии.

Судя по характеру ударных нарушений в кварце, причиной метаморфизма было ударное импульсное давление, местами превышающее 350 кбар. По мере увеличения глубин ударный метаморфизм в породах затухает.

«Советская геология», 1975, № 2, с. 138—144.

39-й рейс «Гломара Челленджера»

В октябре — ноябре 1974 г. состоялся 39-й рейс бурового научно-исследовательского судна «Гломар Челленджер» по программе Глубоководное бурение в океане¹. Рейс начался в Амстердаме и закончился в Кейптауне. В середине экспедиции судно заходило в порт Ресифи (Бразилия), где

¹ «Geotimes», 1975, v. 20, № 3, p. 26—28.

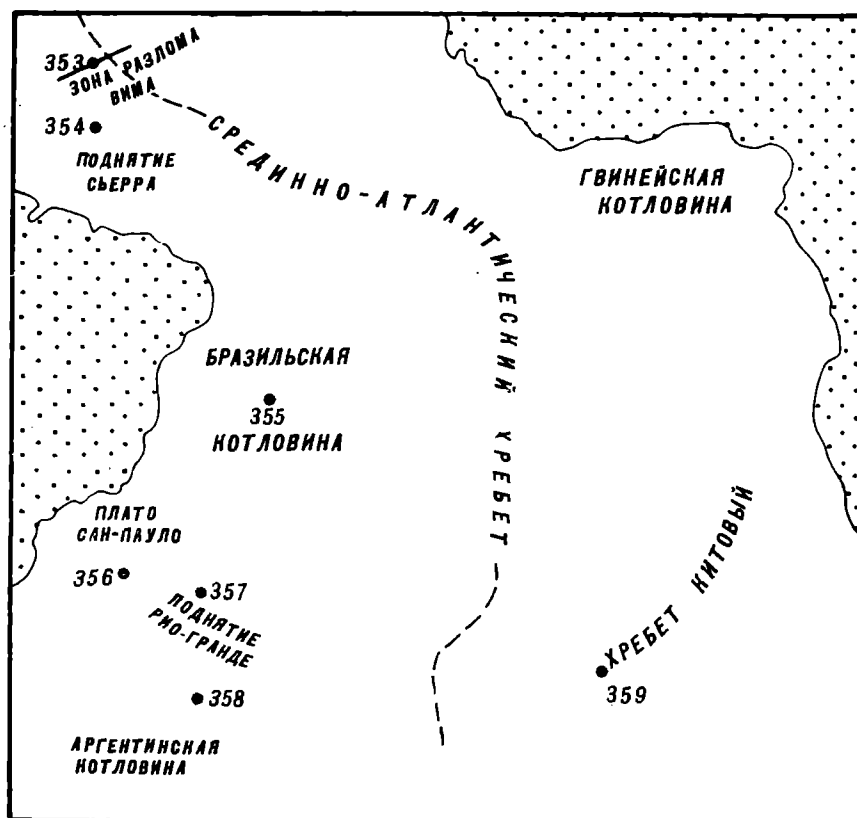
Буровые скважины 39-го рейса «Гломара Челленджера».

была произведена смена экипажа, буровиков и части научного состава¹.

Бурение проводилось в семи точках Атлантического океана (см. рис.): на крупных тектонических структурах дна в зоне разлома Вима, в Бразильской и Аргентинской котловинах, на поднятиях Сьерра и Рио-Гранде, на плато Сан-Пауло и на хребте Китовый. Получены новые важные данные об осадках, биостратиграфии и фундаменте, которые уточняют геологическую историю Южной Атлантики.

Самые древние осадки (возраст около 100 млн лет) — верхнеальбские известняки — были обнаружены на юге плато Сан-Пауло. Анализ осадков этого плато и поднятия Рио-Гранде показал, что ранее они возвышались над уровнем океана и погрузились на глубину более 1000 м лишь в поздне-меловое время. Сейчас поднятие Рио-Гранде находится на глубине около 2000 м. В последующие геологические периоды в этих районах Атлантики со-

¹ От Академии наук СССР в первой половине рейса принимал участие автор этой заметки. (Прим. ред.)



хранялись глубоководные условия и накапливались в основном пелагические илы и мел.

Выявлено несколько перерывов осадконакопления: в поздне меловое время, на границах между меловым и третичным временем, между палеоценом и эоценом, эоценом и олигоценом, в олигоцене и в среднем миоцене. Перерывы в осадконакоплении отмечаются как на поднятиях дна, так и в котловинах. Они свидетельствуют о крупных изменениях схемы циркуляции вод в Южной Атлантике, которые, в свою очередь, были вызваны изменениями географической обстановки в океане и прилегающих континентах.

В двух точках — на поднятии Сьерра (на глубине 900 м ниже поверхности дна) и в Бразильской котловине (на глубине 460 м) — скважины вошли в базальтовый фундамент. Возраст самых древних осадков, покрывающих базальты в Бразильской котловине, 80 млн лет.

В нижней части скважины 369 на хребте Китовом под пелагическими осадками позднего эоцена встречаются вулканические туфы, которые, вероятно, отлагались в субаэральных условиях. По данным бурения, исследованный район хребта ранее был сильно дифференцированной субаэральной вулканической провинцией.

Ю. П. Непрочнов
Доктор физико-математических наук
Москва

Лидар против смога

Группа сотрудников Управления охраны природной среды США разработала вид лидара (разновидность локационного устройства, основной деталью которого является лазер), способного определять границы инверсий в атмосфере на ранних стадиях их образования.

Принцип работы прибора состоит в том, что лазерный луч отражается от аэрозольных частиц, взвешенных в воздухе, и отраженный сигнал регистрируется при помощи специального устройства. Так как аэрозоли обычно имеют тенденцию к концентрации под инверсионными слоями, это позволяет легко устанавливать

местонахождение границ любой температурной инверсии в атмосфере.

Новый прибор дает возможность заблаговременно прогнозировать смог и границы его распространения.

«Science News», 1974, v. 106, № 25/26, p. 399 (США).

Антропологические исследования населения Каракумов

В лаборатории физиологической антропологии Научно-исследовательского института антропологии МГУ анализируются материалы, собранные экспедицией под руководством О. М. Павловского в 1973 и 1974 гг. в Туркмении. Целью экспедиции было выявление приспособительных особенностей населения, постоянно живущего в пустынных районах, к условиям аридной зоны.

Исследования велись по комплексной программе, включающей изучение морфологических и физиологических особенностей организма человека, в том числе измерение пропорций тела, кровяного давления, содержания в крови гемоглобина, холестерина, изучение уровня окислительных процессов и т. д. В селах Бахарденского района Ашхабадской области и Казанджикского района Красноводской области (Каракумы) было обследовано около 500 мужчин и женщин в возрасте от 20 до 50 лет, представляющих две крупные племенные группы туркмен — тэке и иомут.

Предварительная обработка собранных морфо-физиологических и соматологических данных показала, что у населения этих районов нет четко выраженного так называемого аридного типа¹, характерного, как известно, для аборигенов Сахары, Центральной Австралии и других районов пустынь. Несмотря на некоторое совпадение морфологических особенностей у обследованной группы с аридным типом, выявлены оптимальные величины гематологических характеристик, кровяного давления и интенсивности

¹ Для населения этого типа характерны удлиненность пропорций тела, пониженное жиротолечение, пониженное давление и минимальный уровень окислительных процессов в организме.

окислительных процессов, присущие населению более северных районов. Отмечена также пониженная минерализация скелета при низкой степени выраженности признаков старения.

В целом установлено, что эта группа населения Туркмении, проживающая в экстремальных условиях обитания в пустыне Каракумы, имеет характерные черты южного и континентального комплекса со средним уровнем большинства показателей внутренней среды организма.

В. П. Волков-Дубровин
Кандидат биологических наук

Москва

Подазовское городище

И. С. Каменецкий (Институт археологии АН СССР) опубликовал первые итоги проводившихся им многолетних раскопок Подазовского городища, расположенного на окраине Азова. Оно принадлежало коренному населению Приазовья — меотам, известным по античным источникам. Поселение существовало с последней четверти I в. до н. э. до конца II в. н. э. В культурном слое мощностью около 5 м обнаружены остатки 36 жилищ, оборонительного вала и 79 ям различного назначения. Стены жилищ сооружались из камыша и с обеих сторон обмазывались глиной.

Материалы Подазовского городища позволяют с достаточной полнотой представить хозяйственную деятельность местного населения рубежа н. э. Многочисленные находки обуглившихся зерен ржи, полбы, ячменя, проса, льна, чечевицы мелкосеменной, а также железный серп и довольно большое количество фрагментов квадратных зернотерок и круглых жерновов разной конструкции свидетельствуют о занятиях жителей земледелием.

По остаткам костей определены 152 особи мелкого рогатого скота, 55 особей крупного рогатого скота, 28 свиней, 14 лошадей и 11 собак. Кости диких животных составляют около 1% и принадлежат благородному оленю, кабану, зайцу, лисице, волку, барсуку, лосю и бобру. Подобный состав животного мира говорит о значительных

лесных массивах. По углям из очагов определены ива, ясень, тополь, дуб, липа, вяз, т. е. породы, и сейчас характерные для пойменных лесов Дона.

Сохранились свидетельства развитого рыболовства. Многочисленные кости рыб принадлежат сому, стерляди, севрюге, белуге, осетру, сазану, судаку, тарани, щуке, лещу. Обнаружено большое число сетевых каменных грузил с отверстиями и грузил из ручек амфор для неводов. Рыбу, вероятно, солили — одна из ям средней величины с обмазанными глиной стенками оказалась целиком заполненной костями и чешуей.

Исследование долговременных поселений, подобных Подзавоскому городищу, интересно не только в историко-культурном плане. Оно имеет большое значение для выяснения особенностей окружающей человека среды в различные периоды истории. «Советская археология», 1974, № 4, с. 212—221.

«Мост» между гуманитариями и техниками

Процесс взаимного сближения представителей точных и гуманитарных наук наблюдается во многих странах. Меры, способствующие этому процессу, разработаны в Политехническом институте штата Нью-Йорк (США).

Группа специалистов этого института указала, что студенты инженерных и технических специальностей в последние годы все чаще испытывали трудности при изложении своих мыслей коллегам и представителям иных дисциплин. В связи с этим в институте вступила в действие новая учебная программа, поощряющая студентов точных факультетов к чтению, письму и устному общению. Первый этап программы — основной курс, озаглавленный «Язык и коммуникативность», — связывает литературу, искусство, музыку с «языком» математики и промышленного конструирования.

В разработке нового курса приняли участие психологи, математики, историки науки, юристы, специалисты по системному анализу.

«The Sciences», 1975, v. 15, № 1, p. 5 (США).

Ласкеровские премии за 1974 г.

Премии имени Альберта Ласкера, существующие в течение 30 лет, присуждаются в США за выдающиеся исследования в области медицины и биологии. В 1974 г. они были вручены С. Спигелману, Г. Темину, Л. Гроссу, Г. Скипперу и Дж. Чарнли.

Профессор Колумбийского колледжа врачей и хирургов Сол Спигелман получил эту награду за его вклад в молекулярную биологию. Ему впервые в лабораторных условиях удалось синтезировать молекулу РНК инфекционного вируса, чем была доказана возможность «производства» копий молекул, содержащих генетическую информацию. Он также участвовал в разработке техники молекулярной гибридизации, которая применима для обнаружения вирусных генов внутри клетки.

Профессор Висконсинского университета Говард Темин удостоен Ласкеровской премии 1974 г. за эксперименты по расшифровке механизма действия фермента — обратной транскриптазы, — который участвует в синтезе молекулы ДНК по информации, заложенной в РНК¹. Эта работа поможет объяснить, как вирусы рака вводят и хранят свою генетическую информацию в клетке хозяина.

Сотрудник госпиталя Управления по делам ветеранов США в Бронксе (штат Нью-Йорк) Людвик Гросс отмечен этой наградой за обнаружение вируса, вызывающего лейкемию у мышей. Им впервые была показана возможность передачи этого вируса от одного поколения мышей другому и его активация под влиянием радиации и других стимулов.

Говард Скиппер (Южный исследовательский институт в Бирмингеме, штат Алабама) удостоен премии за исследование влияния антираковых ингибиторов на обменные функции у здоровых и у пораженных опухолью животных. Им также были успешно разработаны количественные биологические модели опухолей, объясняющие механизмы торможения и регрессии в развитии опухолей.

¹ «Природа», 1972, № 9, с. 68.

Ласкеровской премии за исследования в области клинической медицины в 1974 г. удостоен профессор Манчестерского университета Джон Чарнли (Великобритания) за заслуги в создании протеза, полностью заменяющего бедро человека. Во всем мире ежегодно этот протез получает более 50 тыс. больных.

«Science News», 1974, v. 106, № 21, p. 327 (США).

Коротко

● В штате Флорида (США) на площади 3370 га в результате эпидемии, вызванной патогенными микроорганизмами, погибло 88% кокосовых пальм (Cocos nucifera), тогда как малайская карликовая пальма того же вида совсем не пострадала. В настоящее время взамен погибших деревьев посажено более 40 тыс. экземпляров карликовой пальмы.

«Smithsonian Institution Event Notification Cards», 1975, № 2045, 2046 (США).

● 13 марта 1975 г. на дне моря Фиджи вблизи о-ва Хантер (Новая Каледония) произошло землетрясение магнитудой, по разным оценкам, 6,8—7,2 по шкале Рихтера.

● 23 марта 1975 г. было зафиксировано землетрясение в южной части архипелага Рюкю, на дне Тихого океана. Его эпицентр находился в 160 км к востоку от портового города Тайдун на о-ве Тайвань. Магнитуда землетрясения составляла 6,6—7,1 по шкале Рихтера.

«Smithsonian Institution Event Notification Cards», 1975, № 2122, 2125 (США).

● Принято решение о создании на южных окраинах Варшавы нового Ботанического сада Польской академии наук. Он раскинется на площади в 250 га и вместе с находящимся по соседству Кабацким лесом составит огромный зеленый массив. Старый Ботанический сад будет сохранен как научно-исследовательский центр Варшавского университета.

«Польское обозрение», 1975, № 8, с. 18.

Славный путь нашей Академии

А. С. Федоров

Кандидат технических наук

Москва

Г. Д. Комков, Б. В. Левшин, Л. К. Семенов. АКАДЕМИЯ НАУК СССР. КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК. М., «Наука», 1974, 522 с.

Старейшему научному учреждению нашей страны — Академии наук СССР — исполнилось 250 лет. Весь советский народ с гордостью отметил этот замечательный юбилей. Наша славная Академия по праву считается колыбелью отечественной науки. С ее деятельностью связаны многие выдающиеся научные открытия, крупнейшие достижения во всех областях знания. «Мы гордимся нашей Академией наук», — говорил Генеральный секретарь ЦК КПСС Л. И. Брежнев. — Она окружена вниманием и заботой партии и народа, беззаветно и преданно служит нашей стране, мировой цивилизации»¹.

Плодотворной деятельности ведущего научного учреждения Советского Союза, славному пути, пройденному Академией наук за четверть тысячелетия, посвящена рецензируемая книга. Ее авторы на основе богатейшего документального материала, многочисленных научных публикаций прошлых лет и воспоминаний выдающихся ученых прослеживают становление русской науки, роль и значение Академии наук в жизни нашей страны, в развитии ее народного хозяйства, просвещения и культуры.

Академия наук возникла в результате крупных социальных преобразований петровской эпохи. На рубеже XVII—XVIII вв. практические потребности развивающейся русской экономики сделали необходимым накопление научных знаний, распространение образования и культуры. В это время в России уже работали первые типо-

графии, создавались учебники и практические руководства по ремеслам, медицине и военному делу, организовывались гражданские и военные учебные заведения — не только начальные и средние, но и высшие. В дальние районы страны направлялись географические и геологические экспедиции, имевшие большое значение для выявления природных богатств и начала их промышленной эксплуатации. Для координации и дальнейшего развития всей этой разносторонней научно-просветительной деятельности настоятельно требовалось создание отечественного научного центра. Таким центром явилась Петербургская академия наук, основанная Петром I в феврале 1724 г.

Во вступительных главах книги подробно рассказано о научной деятельности первых петербургских академиков — Д. Бернулли, Л. Эйлера, Г. В. Крафта, О. Н. Делиля и других ученых, внесших весомый вклад в развитие математики, механики, физики, астрономии. Уже в этот период велись эффективные исследования в области ботаники, анатомии и физиологии. В. Е. Адодуров и В. К. Тредиаковский начали разработку основ русского литературного языка. Под непосредственным руководством Академией организуются крупные научные экспедиции для всестороннего изучения России. Среди них особое место занимает Вторая Камчатская экспедиция, продолжавшаяся 11 лет. Ее результаты имели огромное научное и практическое значение. Они были изложены в капитальных трудах И. Г. Гмелина, С. П. Крашенинникова, Г. Ф. Миллера и других ученых.

Во второй половине XVIII в. роль

Академии наук в жизни страны значительно расширилась. Достижения математики, физики, химии и других наук находили все большее применение на практике. Возросла роль геолого-географических исследований. Успешно развивались история, этнография и другие гуманитарные науки. Увеличились масштабы переводческой работы.

В этот период развернулась научная деятельность великого русского ученого и просветителя М. В. Ломоносова.

В Ломоносове счастливо сочетались качества гениального теоретика, выдающегося экспериментатора и замечательного организатора науки. Он был первым русским ученым, в котором с огромной силой и выразительностью раскрылись характерные особенности научного гения — широта взглядов, большой круг и исключительная значимость решаемых научных задач, необыкновенная реальность поставленных целей, покоряющая простота в подходе к самым сложным научным проблемам и их практическому осуществлению.

Ломоносов многое сделал для подготовки отечественных научных кадров, для развития просвещения и образования в России. В книге «Академия наук СССР» ярко показано, что научные идеи и труды замечательного русского ученого не только прокладывали пути современной ему науки, но в течение более двух столетий способствовали прогрессу научных знаний, развивались многими поколениями ученых всех стран, вошли в сокровищницу мировой науки.

Традиции великого ученого успешно продолжались его современника-

¹ Материалы XXIII съезда КПСС. М., 1966, с. 63.

ми и последователями. В книге подробно рассказано о выдающихся исследованиях С. Я. Румовского, П. Б. Иноходцева, В. М. Севергина, Я. Д. Захарова, Г. И. Гесса, В. В. Петрова, И. И. Лепехина и других деятелей отечественной науки конца XVIII — начала XIX вв., хорошо потрудившихся в области развития астрономии, физики, химии и других наук, в изучении природных богатств нашей родины, культуры и быта народов, населявших Россию.

Середина и особенно вторая половина XIX в. ознаменовалась новым подъемом в научной деятельности нашей Академии. Так, авторы книги «Академия наук СССР» рассказывают о работах зарождавшейся русской математической школы, начало которой было положено М. В. Остроградским и В. Я. Буняковским. Их работы были затем продолжены П. Л. Чебышёвым, О. П. Сомовым, А. М. Ляпуновым, А. А. Марковым, замечательным математиком С. В. Ковалевской и десятками других талантливых ученых. В эти годы развертывается научная деятельность большой группы выдающихся физиков — Э. Х. Ленца, Б. С. Якоби, Г. И. Вильда, А. В. Габдолина и других ученых, внесших существенный вклад в электротехнику, кристаллографию, метрологию и другие отрасли знания. Вторая половина XIX в. явилась периодом стремительного развития химии. Выдающиеся работы Н. Н. Зинина, определившего пути развития органического синтеза, А. М. Бутлерова, разработавшего теорию химического строения органических веществ, известного физико-химика Н. Н. Бекетова и, наконец, творца периодической системы элементов Д. И. Менделеева составили мировую славу отечественной химической науки. Кстати, великий русский химик Менделеев так и не был избран академиком. Реакционное руководство Академии, выполняя указания царского правительства, старалось не допустить к избранию в состав Академии прогрессивно настроенных ученых. Наряду с Менделеевым вне Академии остались такие крупнейшие представители русской науки, как А. Г. Столетов, И. М. Сеченов, К. А. Тимирязев и др. По царскому повелению был лишен звания почетного академика замечательный русский пи-

сатель М. Горький, избранный в Академию в 1902 г.

Однако и в самые тяжелые годы реакции, в труднейших условиях Академия наук верно служила делу научного прогресса, неустанно стремясь возвеличить родину крупными научными открытиями. Патриотизм русских ученых с особой силой проявился в годы первой мировой войны. Война обнаружила технико-экономическую отсталость царской России. Потребовалась срочная мобилизация природных ресурсов на нужды обороны. В начале 1915 г. Общее собрание Академии наук приняло решение о создании Постоянной комиссии по изучению естественных производительных сил России (КЕПС). В ее состав вошли крупнейшие ученые А. П. Карпинский, В. И. Вернадский, Н. С. Курнаков, В. А. Обручев, А. Н. Крылов, Е. С. Федоров и многие другие. Комиссия провела большую работу по исследованию природных ресурсов страны и другим вопросам, имевшим крупное значение для развития экономики. Но постоянный недостаток материальных средств, игнорирование интересов развития науки со стороны царского правительства не позволяли развернуть научно-исследовательскую деятельность в стране в широких масштабах.

Положение отечественной науки, темпы и характер ее развития коренным образом изменились после победы Великого Октября. С первых лет Советской власти наука в нашей стране стала общегосударственным делом, предметом постоянной заботы Коммунистической партии, правительства и всего народа. В истории Академии наук начался новый период активного приобщения деятельности ученых к решению актуальных задач, стоящих перед молодой республикой трудящихся. Этому почти шестидесятилетнему периоду в деятельности штаба нашей науки посвящена половина рецензируемой книги. Наиболее яркие ее страницы рассказывают об огромной работе, осуществленной В. И. Лениным, определившим генеральную линию развития советской науки, поставившим перед Академией наук задачи непосредственного участия в строительстве новой жизни, в грандиозных планах преобразования страны.

В. И. Ленин отлично представлял се-

бе возможности и слабые стороны Академии наук. «Он понимал живучесть академических традиций и считал возможным обойтись без коренной ломки привычных для академической среды сложившихся организационных форм работы и традиций. В. И. Ленин учил осторожному и чуткому подходу к Академии наук, неуклонно призывал „научиться ценить науку, отвергать «коммунистическое» чванство дилетантов и бюрократов...”» (с. 261). В книге приводятся слова первого президента Академии, избранного на ее общем собрании, а не назначенного правительством. «Едва ли,— говорил А. П. Карпинский,—...в Европе и Америке было много государственных деятелей, которые с такой чуткостью и вниманием прислушивались бы к интересам науки и придавали бы ей такое значение, которое придавал ей Владимир Ильич... С большим вниманием, с исключительной заботливостью относился он к науке и ученым. Всем известны факты его непосредственного вмешательства в вопросы, касающиеся научного строительства; вероятно, многие знают уже и о том, как много содействовал он нашей Академии наук в ее стремлении поставить и развить исследовательскую работу... Великий смысл этой помощи — в глубокой вере в силу научного знания и в то значение, какое оно должно иметь для государственного строительства. Вся деятельность Владимира Ильича была проникнута этой верой, которую он завещал и нашему новому государству» (с. 266).

В замечательном ленинском документе — «Наброске плана научно-технических работ» намечена грандиозная программа перестройки всей экономики страны на основе рационального размещения промышленности и широкого использования достижений науки. При этом Академии наук отводилась важнейшая роль в решении наиболее сложной проблемы развития страны — «возможности самостоятельно снабдить себя всеми главнейшими видами сырья и промышленности»¹. Усилия ученых направлялись на создание материальной базы развития производства, изучение и освоение природных ресурсов, широкое приме-

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., Т. 36, с. 228.

нение электроэнергии в промышленности и сельском хозяйстве, использование низкосортных видов топлива и дешевой силы воды и ветра для получения электрической энергии.

Ленинский план привлечения науки к общенародному делу социалистического строительства нашел живейший отклик в среде ученых. Уже в первые годы Советской власти начались работы по исследованию Курской магнитной аномалии, использованию богатейших ресурсов химического сырья Кара-Богаз-Гола, изучению возможностей получения радия из отечественной руды, исследованию калийных месторождений Соликамска и апатитов Кольского полуострова. Этими работами руководили виднейшие представители отечественной науки И. М. Губкин, П. П. Лазарев, Н. С. Курнаков, В. Г. Хлопин, А. Е. Ферсман и многие другие. К первым послереволюционным годам относится также создание обширной сети крупных научно-исследовательских институтов, ставших основной базой развития советской науки и техники.

Трудно переоценить роль советских ученых в работах Государственной комиссии по электрификации России, создавшей в 1920 г. знаменитый план ГОЭЛРО, названный В. И. Лениным второй программой партии. Это был первый единый перспективный план развития народного хозяйства страны на базе электрификации. К его разработке было привлечено свыше двухсот деятелей науки и техники. Их самоотверженный труд ярко отражен в рецензируемой книге.

С большим интересом читаются главы, посвященные работе Академии наук в годы реконструкции народного хозяйства СССР и строительства материально-технической базы социализма. Коммунистическая партия призвала ученых активно включиться в созидательный труд советского народа. На Академию наук была возложена почетная и ответственная обязанность объединения всех научных сил страны. 27 июля 1925 г. специальным постановлением правительства Российской Академии наук была признана высшим научным учреждением советского государства и стала именоваться Академией наук Союза ССР. В конце 20-х — начале 30-х годов Академия

пополнилась десятками выдающихся деятелей различных областей науки и техники. В ее состав были избраны выдающиеся математики И. М. Виноградов, С. Н. Бернштейн, Н. М. Крылов, Н. Н. Лузин, физики Д. С. Рождественский, Л. И. Мандельштам, С. И. Вавилов, крупнейшие химики А. Н. Бах, Н. Д. Зелинский, А. Е. Фаворский, Н. Н. Семенов, А. Н. Фрумкин, В. Л. Писаржевский, представители геологической науки В. А. Обручев, А. Д. Архангельский, прославленные деятели техники Г. М. Кржижановский, С. А. Чаплыгин, И. М. Губкин, И. П. Бардин, А. А. Байков, И. Г. Александров, М. А. Павлов, виднейшие представители общественных наук А. В. Луначарский, М. Н. Покровский, С. Г. Струмилин, В. П. Волгин и многие другие ученые. Прилив новых сил оживил работу Академии, в значительной мере способствовал перестройке ее деятельности, введению строгого планирования научных исследований, их максимальному приближению к практическим потребностям народного хозяйства.

Страна вступила в период индустриализации. Создавались сотни новых заводов, возникали новые виды промышленности, особенно широко были поставлены задачи поиска новых источников сырья и нового географического районирования народного хозяйства. Сотни геологических экспедиций были организованы Академией наук для выявления природных богатств Урала и Сибири, Поволжья и Дальнего Востока, Закавказья, Средней Азии и Казахстана. Во всех союзных и автономных республиках создаются научные базы, вскоре они превращаются в филиалы Академии наук СССР, а в дальнейшем на их основе организуются академии наук союзных республик, крупные научные центры в краях и областях Российской Федерации.

Уже в предвоенные годы советская наука выходит на широкие просторы. Достижения в области математики, механики, физики, биологии, химии, техники, широкого круга гуманитарных наук получают признание во всем мире. Академия наук становится в полной мере ведущим центром теоретических исследований, при этом значительное количество ее научных работ получает широкий выход в

практику народного хозяйства. Характеризуя возросшую роль Академии в жизни страны, В. Л. Комаров еще в 1937 г. с гордостью отмечал: «Академия наук, бывшая в царской России изолированным уголком, до которого никому в стране не было дела, является сейчас основным научным учреждением в стране и за истекшие двадцать лет стала совершенно неузнаваемой. Правительство Союза нашло для нее и средства, и знания, и людей; дало ей ответственные поручения и такой вес в системе учреждений Союза, какого не имеют никакие другие академии ни в одной стране мира» (с. 323).

Велик был вклад советских ученых в обеспечение победы советского народа в Великой Отечественной войне. Этому посвящена большая глава в книге «История Академии наук СССР». В годы войны деятельность Академии была сосредоточена в основном на трех главных направлениях: 1) разработка проблем, имеющих оборонное значение, поиски и конструирование средств обороны; 2) научная помощь промышленности в улучшении и освоении производства; 3) мобилизация сырьевых ресурсов страны, замена дефицитных материалов местным сырьем.

Сложные и ответственные задачи, вставшие перед наукой уже в первый период войны, как правило, имели комплексный характер. Наиболее важные научные исследования должны были осуществляться объединенными усилиями больших научных коллективов, насчитывающих сотни и тысячи ученых и специалистов разных отраслей народного хозяйства. В этих условиях наиболее совершенной формой организации науки явились так называемые комплексные комиссии, которые не только разрабатывали ту или иную крупную научную проблему, но быстро внедряли результаты научных исследований в практику производства.

Уже в августе 1941 г. была создана Комиссия по мобилизации ресурсов Урала на военные нужды. Вскоре ее деятельность распространилась также на Западную Сибирь и Казахстан. Аналогичная комиссия Академии наук была организована для быстрейшей мобилизации ресурсов Среднего По-

волжья и Прикамья. Были созданы и другие комиссии, разрабатывавшие проблемы физики, биологии, медицины. Их усилия были направлены на создание боевой техники, изыскания новых источников сырья для промышленности, новых пищевых ресурсов для населения, разработку новых лекарств и новых методов лечения больных и раненых. О деятельности этих комиссий, о повседневной помощи фронту и тылу, которую оказывали советские ученые в годы войны, подробно рассказано в рецензируемом издании.

Последние главы книги посвящены деятельности Академии наук СССР в послевоенный период. Авторы книги на десятках конкретных примеров показывают выдающуюся роль науки в жизни страны. Наука превращалась в решающее средство борьбы за технический прогресс народного хозяйства, становилась непосредственной производительной силой. «Нет ни одной области промышленности, ни одного предприятия, — писал вскоре после окончания войны С. И. Вавилов, — которые не предъявляли бы своих запросов к науке, не обращались бы к ней за помощью. И это относится не только к промышленности. То же самое следует сказать о транспорте, сельском хозяйстве, медицине» (с. 389).

Коммунистическая партия и Советское правительство ориентировали ученых на то, чтобы в ближайшее время догнать и превзойти достижения зарубежной науки, чтобы максимально укрепить связи науки с производством. Академия наук СССР становилась центральным учреждением, координирующим научные исследования в масштабах всей страны.

С интересом читаются страницы рецензируемой книги, на которых кратко изложено развитие важнейших отраслей советской науки в последние десятилетия, вплоть до наших дней. Поистине чудесны дела советских ученых! Первыми в мире они поставили на службу человека энергию мирного атома. Первая атомная электростанция АН СССР дала электрический ток уже в 1954 г. В конце 1957 г. был спущен на воду первый в мире атомный ледокол «Ленин». О работе замечательных физиков — И. В.

Курчатова, А. П. Александрова, И. Е. Тамма, Л. А. Арцимовича рассказано в рецензируемой книге. Ее читатель узнает также об открытиях А. Ф. Иоффе и его научной школы в области физики полупроводников, о работах Н. Г. Басова и А. М. Прохорова по квантовой электронике и о других замечательных исследованиях.

Последующие страницы книги посвящены работам по созданию сверхскоростных реактивных самолетов (А. Н. Туполев и др.), созданию и запуску первых в мире космических кораблей и искусственных спутников Земли, осуществленных под руководством выдающегося советского ученого С. П. Королева. Далее приводятся факты, дающие представление о научном творчестве советских химиков, биологов, геологов, деятелей широкого круга общественных наук. В книге рассказано о создании новых научных центров — Сибирского, Уральского, Дальневосточного и других, о некоторых итогах и перспективах их работы.

Книга «Академия наук СССР» прекрасно выполнена в полиграфическом отношении. Она напечатана на хорошей бумаге, обильно иллюстрирована фотокопиями важнейших документов, портретами ученых, снимками академических институтов и лабораторий. Остается пожалеть, что ее тираж крайне мал для нашей большой страны, горячо любящей хорошую и нужную книгу. Он составляет всего 5 500 экз.

Авторы рецензируемой книги сделали большую и плодотворную работу. Однако им не удалось избежать отдельных недостатков и неточностей. Развитие науки в нашей стране в книге недостаточно связано с прогрессом мировой науки, слабо показано их взаимовлияние. В книге много внимания уделяется процессам структурных перестроек Академии, совершенствованию ее уставов и другим научно-организационным вопросам. Это интересно и важно. Жаль, что процесс научно-исследовательской деятельности, работа отдельных институтов и ученых показаны значительно слабее. Спорным является положение авторов, что «процесс постепенного превращения Академии наук из замкнутого ученого ведомства в национальный научный центр» начался в 1890—1900-е годы

(с. 212). По-видимому, это превращение проходило значительно позже и в полной мере осуществилось только в годы Советской власти. К перечню отдельных описок следует отнести, например, утверждение, что открытия Галилея в области небесной механики были сделаны еще в XVI в. (с. 15), на самом деле они относятся к первой четверти XVII в. На с. 251 говорится о зарождении в Академии наук сети научных учреждений (Институты физико-химического анализа и изучения платины) в 1917 г., до революции. Однако на с. 257 авторы сами исправляют свою ошибку, указав, что названные институты были созданы лишь год спустя. В 1918 г. Д. С. Рождественский и Н. И. Вавилов еще не были академиками и не вели работу в учреждениях Академии, как об этом сказано на с. 274. Они были избраны академиками в конце 20-х годов. На с. 288, по-видимому, пропущены только два слова, и в результате этого известные биологи В. С. Гулевич, М. А. Мензбир и Г. А. Надсон оказались избранными в Академию по... геологическим наукам. Список таких досадных опечаток можно продолжить. Однако они не снижают положительной оценки книги. Остается пожелать, чтобы в ближайшее время вышло в свет ее новое издание, имеющее значительно больший тираж.

Одиннадцать лет среди шимпанзе

Н. Л. Крушинская
Кандидат биологических наук
В. М. Смирин
Кандидат биологических наук
Москва

Джейн ван Лавик-Гудолл. В ТЕНИ ЧЕЛОВЕКА. Пер. с англ. Е. Годиной. Предисл. М. Ф. Нестурха. М., «Мир», 1974, 208 с.

Исследователей давно интересует поведение человекообразных обезьян и особенно шимпанзе, поскольку этот вид наиболее близок человеку. Интерес этот всегда в той или иной степени подогревается проблемами антропогенеза, т. е. стремлением выявить биологические предпосылки, которые послужили фундаментом для возникновения в эволюции специфических человеческих черт: разума, речи, трудовой деятельности.

Хорошо известны исследования Н. Н. Ладыгиной-Котс¹ по формированию поведения молодого шимпанзе, воспитанного в человеческой семье, а также классические опыты В. Келлера², показавшие, что шимпанзе обладают развитыми интеллектуальными способностями и могут использовать различные предметы в качестве орудий. В наши дни наиболее острый интерес исследователей вызывает проблема коммуникации у человекообразных обезьян. Многие пытались расшифровать звуковые сигналы, издаваемые обезьянами, и обучить их общению с человеком. Но, в отличие от дельфинов, обезьяны с трудом научились выговаривать не более 2—3 слов³. Гораздо успешнее

прошел другой эксперимент — обучение молодой самки шимпанзе азбуке жестов, которой пользуются глухонемые⁴. К пяти годам самочка уже могла распознавать 350 жестов и 150 из них она могла правильно употреблять, «называя» предметы, а в новой ситуации спонтанно комбинировала жесты, выражая свои желания.

Всестороннее изучение поведения шимпанзе и других антропоидов в лабораторных условиях, воспитание исследователями детенышей в своих семьях дали богатый и интересный материал, показавший, что сходство между человеком и человекообразными обезьянами распространяется и на область психики.

Вместе с тем до последнего времени мы поразительно мало знали о жизни человекообразных обезьян в естественных условиях. Их вытеснение и истребление происходит гораздо быстрее, чем накопление знаний об их жизни в природе. Лишь в самые последние годы стали появляться работы, посвященные описанию жизни человекообразных обезьян. К числу таких исследований относятся знакомые советскому читателю книги Дж. Шаллера о горных гориллах⁵ и Б. Харрисон об орангутане⁶. Особое место заняла беспримерная по глубине среди такого рода исследований

книга Джейн ван Лавик-Гудолл «В тени человека».

В течение одиннадцати лет Дж. Лавик-Гудолл изучала жизнь шимпанзе в национальном парке Гомбе на берегу оз. Танганьика — одном из немногих мест на земле, где еще сохранились эти уникальные в наши дни животные. Благодаря наблюдениям отважной исследовательницы заполнены пробелы в наших знаниях относительно образа жизни шимпанзе в природе.

Интуиция не обманула известного антрополога Луиса Лики, когда он предложил молодой девушке, не имеющей специального образования, отправиться в джунгли тропической Африки, чтобы исследовать поведение диких шимпанзе. Дж. Лавик-Гудолл совершила настоящий научный подвиг, взяв на себя этот труд, казалось бы, непосильный для женщины. Страсть исследователя соединилась у Дж. Лавик-Гудолл с огромной любовью к природе и умением понимать животных — редким качеством, которого не может дать ни одно университетское образование.

В своей увлекательной книге Дж. Лавик-Гудолл рассказывает историю своих наблюдений и освещает почти все стороны жизни шимпанзе.

Изучение диких шимпанзе — далеко не безопасное занятие. Ведь взрослый самец чуть ли не втрое сильнее любого мужчины! Пока читаешь книгу, все время испытываешь чувство восхищения перед выдержкой и упорством, с которыми Дж. Лавик-Гудолл сначала завоевывала доверие обезьян, а затем вела систематические наблюдения в лесу и на станции под-

¹ Ладыгина-Котс Н. Н. Дитя шимпанзе и дитя человека в их инстинктах, эмоциях, играх, привычках и выразительных движениях. Изд. Дарвиновского музея. М., 1935.

² Келлер В. Исследование интеллекта человекоподобных обезьян. М., Изд-во Комкадемии, 1930.

³ Hayes K., Hayes C. The intellectual development of a home-raised chimpanzee. «Proc. Amer. Phil. Soc.», v. 95, 1951, № 2, p. 105—109.

⁴ Gardner R. A., Gardner B. T. Teaching sign language to chimpanzee. «Science», v. 165, 1969, N 3894, p. 664—672.

⁵ Шаллер Дж. Б. Год под знаком гориллы. М., «Мысль», 1968.

⁶ Харрисон Б. Орангутан. М., «Знание», 1969.



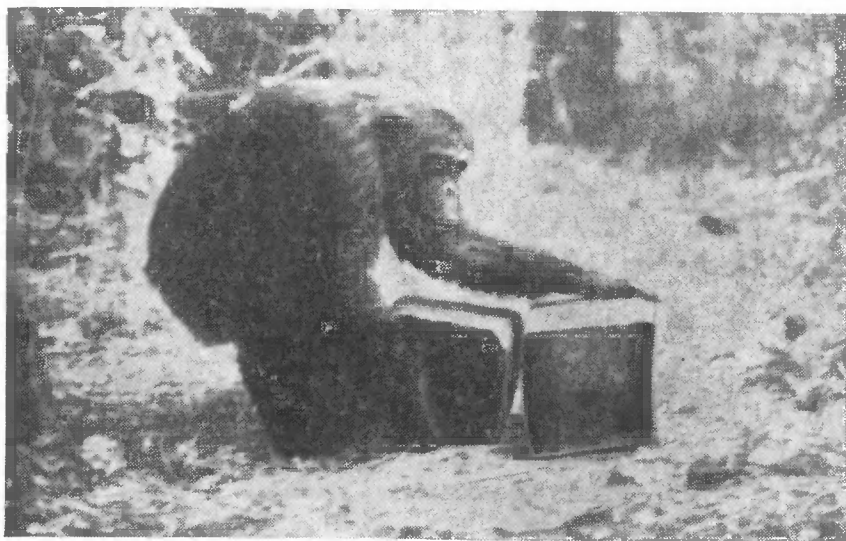
«В конце концов шимпанзе позволили мне бродить за ними по лесу». (Это и последующие фото — из книги Дж. Лавик-Гудолл «В тени человека»).

кормки, которую она организовала около своего лагеря. На каждом этапе работы у исследовательницы возникали новые трудности. Когда у обезьян период панического страха и бегства сменился агрессией по отношению к отважной исследовательнице, раздраженные самцы запугивали ее и не раз пытались на нее напасть. Но Дж. Лавик-Гудолл радовалась: «Наконец мне удалось установить контакт с дикими шимпанзе,— пишет

она, вспоминая эпизод, когда один из самцов, угрожая ей, впервые подошел совсем близко (с. 52). В конце концов лед недоверия был сломан, шимпанзе стали приходить в лагерь и позволяли беспрепятственно ходить за ними по лесу. Теперь Дж. Лавик-Гудолл была вознаграждена за все тревоги и разочарования. Началось систематическое, многолетнее исследование поведения шимпанзе.

Изучив сигнальное значение комму-

никационных поз, жестов и звуков, Дж. Лавик-Гудолл смогла понять сложный характер общественной организации в группах шимпанзе. Особенно любопытны иерархические отношения между самцами, прекрасно показанные при описании охоты шимпанзе на обезьян других видов, поросят кистеухих свиней, мелких антилоп. Существует весьма совершенная система согласованных действий многих особей для овладения добычей, но



«Майк с помощью грохочущих канистр из-под керосина завоевывает высшую ступень иерархической лестницы».



«Фло выуживает термитов».

при дележе добычи ведущая роль принадлежит непосредственному добытчику, независимо от его иерархического положения. Даже высший по рангу самец никогда не отнимает у него добычу, а может только ее выпрашивать.

Лидеру нелегко удерживать свое положение превосходства, то и дело

ему приходится напоминать сородичам о своей силе и мощи, используя разные способы устрашения — громкие крики, раскачивания веток и т. п. Один из самцов, занимавший низкий ранг, завоевал лидерство благодаря весьма оригинальной «психической атаке». Он научился производить страшный шум пустыми канистрами. Нескольких таких атак оказалось достаточно, чтобы прежний лидер навсегда уступил свое место предприимчивому сопернику.

Уникальны наблюдения Дж. Лавик-Гудолл, касающиеся семей шимпанзе и формирования поведения молодых животных. Автору книги удалось проследить, как развивались детеныши, рожденные самками со слабо и, наоборот, сильно выраженным материнским инстинктом, как вели себя детеныши разных возрастов, лишившиеся матерей. Лишившись матери даже в трехлетнем возрасте, когда материнское молоко уже перестает играть существенную роль в питании молодых шимпанзе, они становились вялыми, апатичными, отказывались от игр, плохо ели. Эта психическая травма оставляет след надолго, может быть, на всю жизнь. Забота о сиротах со стороны старших братьев и сестер не всегда могла возместить потерю матери. Дж. Лавик-Гудолл подчеркивает, что связи матери и ее

детеныша у шимпанзе очень прочны и часто продолжают после того, как детеныш достигает половой зрелости. В трудных жизненных ситуациях он ищет защиты и поддержки у своей матери, но и сам в свою очередь готов ее защитить.

Вообще у шимпанзе, как полагает Дж. Лавик-Гудолл, родственные связи играют существенную роль. Братья дружески относятся друг к другу не только в детстве, но и в зрелом возрасте. Старшие братья и сестры, как уже упоминалось, часто берут на себя воспитание осиротевших детенышей. Но ни разу Дж. Лавик-Гудолл не видела, чтобы взрослая самка проявила заботу о чужом детеныше, потерявшем свою мать. Различные формы взаимопомощи среди животных, находящихся в родстве, могли развиваться в результате группового отбора, так как способствовали выживанию большего числа детенышей в тех семьях, для которых было характерно альтруистическое поведение.

Среди экспериментаторов распространено мнение, что животные в лаборатории проявляют больше способностей, чем в природе. Вероятно, правильнее было бы сказать, что в природе гораздо труднее увидеть и понять многие психические особенности животных, да к тому же на это надо затратить несравненно больше време-



«Фиган пытается затеять игру со старым павианом Джабом».

ни. Конечно, для понимания закономерностей поведения нужны и лабораторные методы исследования, и наблюдения за животными в природе, и эксперименты над животными, проводимые в природных условиях.

Присутствие наблюдателей и организация станции подкормки — «бананового клуба» для шимпанзе не могли не повлиять на их образ жизни. Все это вносило известные искажения в картину естественного поведения животных: усиливало конкуренцию в группе, изменяло обычную реакцию на человека. Но вместе с тем это позволило автору книги зафиксировать яркие проявления индивидуальных особенностей шимпанзе в ситуациях, созданных человеком. Например, было установлено, что из всей многочисленной группы обезьян только три подростка оказались настолько изобретательны, что открывали замки разной сложности. Этот и другие факты доказывали, что по своим умственным способностям шимпанзе сильно различаются между собой. Подобные эксперименты невозможны в лабораторных условиях.

Этологические наблюдения Дж. Лавик-Гудолл открыли много нового и интересного и для антропологов. Ее

исследования показали, что в естественных условиях шимпанзе чаще, чем это было принято думать, используют окружающие предметы для своих нужд. Они орудуют палками и камнями при защите и нападении, используют сухие травинки для выуживания термитов, употребляют листья и траву для очистки шерсти от грязи, пьют, используя разжеванные листья как губку, и т. д. Шимпанзе не только используют предметы, но и могут видоизменять их, если возникает такая необходимость.

Значение книги Дж. Лавик-Гудолл «В тени человека» усиливается еще и тем, что в ней обсуждаются насущные вопросы, связанные с охраной шимпанзе. Автор озабочена тяжелым положением, в котором находятся популяции диких шимпанзе в Африке. Из года в год сокращаются границы естественного ареала животных в результате вытеснения и истребления их человеком. Большой ущерб численности диких шимпанзе наносит бесконтрольный и неправильно организованный отлов обезьян для зоопарков и научных лабораторий. Понимая огромное значение, которое имеют медико-биологические исследования на человекообразных обезьянах,

Дж. Лавик-Гудолл призывает улучшить условия содержания обезьян в неволе с учетом особенностей их образа жизни в природе. Это необходимо для того, чтобы продлить сроки жизни обезьян в зоопарках и лабораториях, а также чтобы добиться регулярного их размножения. Ведь постоянный отлов шимпанзе в Африке слишком дорого обходится природным популяциям, сохранение которых для науки не менее важно, чем расширение лабораторных экспериментов.

В заключение нельзя не сказать, что книга привлекает читателя не только научным содержанием и занимательным сюжетом. В ней действуют обаятельные люди. Это прежде всего относится к самой Джейн Гудолл, к ее матери Вэнн Гудолл, разделившей с ней трудности жизни и работы в Африке, и к мужу Джейн — Гуго ван Лавику, автору великолепных фотографий и фильмов о шимпанзе.

Книга Джейн ван Лавик-Гудолл — выдающееся исследование, представляющее огромный интерес для психологов, физиологов, медиков и, наконец, для огромного числа читателей, которые любят природу.

НОВЫЕ КНИГИ

■ **Э. В. Соболевич.** ИЗОТОПНАЯ КОСМОХИМИЯ. М., Атомиздат, 1974, 208 с., ц. 43 к.

Изотопной космохимии не более 10 лет. Тем не менее она в тесном содружестве с ядерной астрофизикой стала основным инструментом современной космологии в разрешении вечных проблем: насколько велика Вселенная, каков ее возраст и история, как распределена материя в пространстве, приложимы ли земные физические и химические законы к далеким галактикам или хотя бы к ближайшим звездам и т. д.

Среди основных проблем изотопной космохимии можно назвать такие, как установление элементарного и изотопного составов первоначального вещества, сходства или различий между земным, метеоритным, лунным, солнечным и галактическим веществами и многие другие.

Следует особо подчеркнуть, что одним из немногих объективных критериев оценки различных гипотез о зарождении и эволюции космического вещества являются экспериментальные данные о распространении элементов и их изотопов в земном, лунном и метеоритном веществах, в атмосферах Солнца, планет, комет и звезд. Уже сейчас даже немногочисленные результаты изотопных исследований ставят под сомнение постулат об однородности первоначального газопылевого облака.

Изотопная космохимия дает информацию, необходимую для развития теории ядерного синтеза. Данные космохимии необходимы также для решения основных проблем геохимии. В то же время изотопная космохимия немыслима без широкого использования методов космохронологии.

Книга Э. В. Соболевича представляет собой первое детальное обобщение достижений изотопной космохимии и родственных ей отраслей знания — ядерной геохимии и космохронологии при решении космологических проблем.

■ **Р. Гиллеспи.** ГЕОМЕТРИЯ МОЛЕКУЛ. Пер. с англ. Е. З. Засорина и В. С. Матрюкова. Под ред. Ю. А. Пентина. М., «Мир», 1975, 287 с., ц. 87 к.

Настоящая книга посвящена стереохимической теории Гиллеспи — Найхолма, которая во многих случаях позволяет объяснять и предсказывать геометрию молекул. По существу это не теория, а система эмпирических правил, главная идея которой сводится к тому, что пространственная направленность ковалентных связей, образованных атомом, в основном зависит от расположения электронных пар на валентной оболочке атома (это расположение в свою очередь определяется принципом Паули). Надо сказать, что теория Гиллеспи — Найхолма во многом дискуссионная и притом не единственная модель для объяснения формы молекул. Но несмотря на это обстоятельство и на то, что теория Гиллеспи — Найхолма рассматривалась только в периодических изданиях, она получила широкое распространение.

Книга впервые излагает теорию полностью и, кроме того, содержит обширные экспериментальные данные, полученные различными исследователями до 1970 г.

В предисловии к русскому переводу Ю. А. Пентин отмечает, что книга свидетельствует о яркой индивидуальности и педагогическом мастерстве ее автора, но вместе с тем заметно отражает «его чрезмерную увлеченность частным и односторонним подходом к рассмотрению геометрической конфигурации молекул».

Книга представляет интерес для широкого круга читателей: от химиков — научных работников и преподавателей — до учащихся средней школы.

■ **В. В. Громов, В. И. Спицын.** ИСКУССТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В МОРСКОЙ СРЕДЕ. М., Атомиздат, 1975, 224 с., ц. 1 р. 40 к.

За последнее время неотъемлемой частью науки об океане стало изучение проблем, связанных с присутстви-

ем в морской среде искусственных радиоактивных веществ. Этот новый экологический фактор, способный вызвать необратимые изменения в гидросфере, биосфере и отрицательно сказаться на промысловых и сырьевых ресурсах океана, возник сравнительно недавно, в результате технической деятельности человека.

Сейчас наблюдается повышенный интерес специалистов к выяснению химических форм радионуклидов в океане. Некоторые детальные сведения по этому вопросу имеются в отдельных публикациях, однако обобщения до сих пор отсутствовали. Это и побудило авторов попытаться суммировать материал по влиянию различных химических, физико-химических процессов и биохимических факторов на состояние искусственных радионуклидов в океане. В частности, проанализировано влияние различных факторов на состояние продуктов деления ядерного горючего в морской среде, рассмотрен захват продуктов деления взвесью и донными осадками. Особое внимание уделено процессам, связанным с жизнедеятельностью фитопланктона — одного из основных гидробионтов Мирового океана.

На основании данных, приведенных в книге, могут быть сделаны некоторые прогнозы о миграции и накоплении продуктов деления в океане.

■ **W. Kunicki-Goldfinger.** DZIEDZICTWO I PRZYSZŁOŚĆ. Państwowe Naukowe; Warszawa, 1974.

Человечество, будучи продуктом эволюции природы, настолько развилось, что теперь конечные результаты этой эволюции на Земле во многом зависят от его деятельности. Поэтому сейчас жестко стоит вопрос о правильном понимании и разумном использовании человеком законов эволюции. В книге В. Куницкого-Гольдфингера «Наследство и будущее». Размышления о молекулярной биологии, эволюции и человеке» изложе-

ны современные представления об эволюции природы. При этом автор уделяет особое внимание развитию и усложнению процессов накопления и передачи информации.

Зачем мы существуем? «Наука не откроет вам, в чем смысл и цель человеческой жизни. Она, однако, поведаст вам, что поиск этого смысла и этой цели — такая же неотъемлемая черта человека, как поиск пищи и партнера. Вот мы и ищем! И цель, и смысл найдем мы только в себе и только для себя или не найдем их вообще... что не освобождает нас от обязанности и не отнимает у нас привилегии поиска». Подобные размышления делают книгу В. Куницкого-Гольдфингера интересной для каждого культурного человека вне зависимости от его специальности.

■ **В. Я. Александров. КЛЕТКА, МАКРОМОЛЕКУЛЫ И ТЕМПЕРАТУРА.** Л., «Наука», 1975, 390 с., ц. 1 р. 67 к.

В каждый момент своей жизни организм вынужден считаться с изменениями температуры среды. Как животные и микроорганизмы реагируют на температурные условия? Каким, например, образом растения, не обладая способностью к перемещению, ухищряются избегать перегрева в условиях жаркого климата и аккумулировать тепло, когда его мало?

В книге на огромном фактическом материале, собранном автором в течение 25-летних цитологических исследований, прослежены приспособления к различной температуре на всех уровнях организации живого, начиная с молекул и клеток и кончая биоценозами. Проанализированы механизмы модификационных и генотипических адаптаций белковых макромолекул и участие в этом процессе нуклеиновых и жирных кислот.

Книга рассчитана на биологов различных специальностей.

■ **Жорж Блон. ВЕЛИКИЕ КОЧЕВЬЯ.** Пер. с франц. Л. А. Деревянкиной. М., «Мысль», 1975, 158 с., ц. 50 к.

Наука накопила множество данных о миграциях животных, однако до сих пор тайна сезонных и периодических миграций остается по существу не разгаданной. В самом деле: какая

сила заставляет время от времени целые полчища леммингов преодолевать огромные для этих крохотных зверьков расстояния, чтобы... утонуть в полярном море? Почему угорь, рожденный в морской колыбели, покидает ее и устремляется в реки, чтобы через несколько лет вновь вернуться на родину и дать жизнь новому поколению угрей? Автор книги, профессиональный литератор, посвятил свои новеллы миграциям серого гуся, сельди, европейского угря, лосося, саранчи и других животных. Вся книга выдержана в научно-художественном жанре. В процессе работы над ней Ж. Блон изучал научную литературу и консультировался с учеными. Книга написана увлекательно и завоевывает популярность у широких читательских кругов.

■ **Г. Н. Кассиль. НАУКА О БОЛИ.** М., «Наука», сер. «Проблемы науки и технического прогресса», 1975, 397 с., ц. 1 р. 45 к.

Накопленные современной наукой знания о боли, ее возникновении и происхождении меняют привычную схему Аристотеля об основных чувствах. Качественно отличаясь от зрения, слуха, вкуса, обоняния, осязания, шестое чувство — боль — как бы дополняет каждое из них. Это бдительный часовой, без которого немислима жизнь организма. Однако, выполнив свои защитные функции, боль из друга может превратиться во врага. Разными путями идут исследователи к решению вопроса о механизме формирования болевого синдрома, ищут различные способы борьбы с болью.

В книге обстоятельно рассмотрена проблема боли и обезболивания во всех ее аспектах — физиологическом, анатомическом, биохимическом, медицинском, психологическом. Книга предназначена для неспециалиста, но собранный в ней обширный материал делает ее интересной и для биологов и врачей.

■ **НАШ КРЕНКЕЛЬ.** Составили: Н. Я. Болотников, Б. А. Кремер. Л., Гидрометеоиздат, 1975, 176 с., ц. 41 к.

Имя Эрнеста Теодоровича Кренкеля (1903—1971) — легендарного радиста и полярника — прочно связано с освоением Арктики. Он был участником

международной экспедиции на дирижабле «Граф Цеппелин» и знаменитого сквозного перехода по Северному морскому пути на ледоколе «Сибиряков». А спустя несколько лет Кренкель стал одним из самых популярных челяускинцев, а потом и папанинцев, ибо именно ему приходилось держать связь с Большой Землей. Кренкель участвовал также в 14-й Советской антарктической экспедиции, совершил плавание на борту нового научно-исследовательского судна «Профессор Зубов».

На страницах настоящей книги Е. К. Федоров, И. Д. Папанин, Б. А. Кремер и многие другие соратники и друзья Э. Т. Кренкеля делятся своими воспоминаниями о человеке, жизнь которого была насыщена знаменательными событиями.

■ **РАЗВИТИЕ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ НАУК XVII—XX ВВ.** Под ред. И. М. Забелина, А. И. Соловьева, И. А. Федосеева. М., «Наука», 1975, 436 с., ц. 4 р. 38 к.

В сборнике охвачен большой круг вопросов, затрагивающих историю научных идей и научных концепций в физической географии, эволюцию общей и региональной географии. Книга открывается кратким очерком истории развития физико-географических представлений до середины XVIII в., после чего даются описания истории развития частных областей физической географии: геоморфологии, океанологии, гидрологии суши, климатологии, географии почв. Показано, что для второй половины XIX столетия одна из характерных черт развития физико-географических наук — проникновение их в космос и возникновение новой отрасли, астрогеографии.

Сборник интересен и для широких читательских кругов, и для специалистов, поскольку в нем впервые в отечественной литературе освещается история физической географии как науки.

Берегись автомобиля!

Профессор М. И. Каганов
Москва

Из всех числовых игр с одним участником мне особенно памятна игра в автомобильные номера. Наверное потому, что в нее научил меня играть Лев Давидович Ландау. Игра заключается в том, чтобы из чисел, входящих в любой четырехзначный автомобильный номер, образовать равенство. Правила игры таковы: можно использовать лишь те арифметические, алгебраические и тригонометрические действия, которые известны из школьной программы; переставлять цифры не разрешается; играть следует в уме. Другими словами, надо получить возможность, вставив между цифрами известные школьникам знаки $\sqrt{}$, $\log$, $\cos$ и т. п., вместо черточки написать знак равенства. Есть номера очень простые. Например, 75—31

($7-5=3-1$). Или 38—53 ($\sqrt{8}=5-3$). А вот номер, который и вовсе «не требует чернил»: 27—33 ($27=3^3$). Но есть номера потруднее. Вот пример трудного номера: 75—33. По-видимому, оба способа «его решения» нетренированному игроку покажутся сложными: $7-5=\log_{\sqrt{3}} 3$ или $7-5=3!/3$.

Среди азартных игроков в автомобильные номера часто возникали споры, какие действия можно использовать, а какие нельзя: спорщики плохо знали точные рамки школьной программы. В частности, спорили и о возможности использовать знак факториала («!», с помощью которого часто удавалось построить равенство из неподдающегося, трудного номера. Для совсем забывших школьную премудрость: $x=\log_a b$ есть число, которое удовлетворяет следующему уравне-

нию $a^x=b$. Или словами: если число «а» возвести в степень «х», получится число «b». А $N! = N \cdot (N-1) \cdot (N-2) \cdot \dots \cdot 1$, т. е. $3! = 3 \cdot 2 \cdot 1$.

Лев Давидович в то время, когда рассказал мне об этой игре, играл прекрасно, почти мгновенно решая задачи, возникающие при встрече с каждым автомобилем¹. Но бывали неподдающиеся случаи. Такой, например: 75—65. Конечно, можно было бы использовать функцию $E(x)$, равную целой части x ; например, $E(7.5)=E(6.5)$, но в те годы эту функцию в школе не изучали. Да кроме того, если разрешить пользоваться функцией $E(x)$, то игра скучнела. Возник вопрос о «теореме существования»: всегда ли можно «сделать» равенство из автомобильного номера. Ландау сомневался, аргументируя тем, что у него это не всегда получается.

Заразившись игрой в автомобильные номера, я перевез ее в Харьков и распространил «заразу» среди молодых математиков. Один из них подошел к задаче серьезно и доказал теорему существования, показав, что, используя заведомо известные из школьной программы функции, любое целое число можно «приравнять» любому другому, так как существует формула сведения от $N+1$ к N , т. е. $\sqrt{N+1}=\sec \operatorname{arctg} \sqrt{N}$.

Доказательство «формулы сведения» требует знания одной формулы тригонометрии и умения обращаться с обратными тригонометрическими функциями — «arc...». Напомним:

$\operatorname{arctg} \alpha$ — это угол, тангенс которого равен α .

Действительно, для любого угла α $\operatorname{tg}^2 \alpha + 1 = \sec^2 \alpha$. Пусть $\operatorname{tg}^2 \alpha = N$. Тогда $\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{N}$ и, следовательно, $\alpha = \operatorname{arctg} \sqrt{N}$. С другой стороны, $\sec \alpha = \sqrt{N+1}$. Подставляя вместо угла α его значение через $\operatorname{arctg} \sqrt{N}$, получаем формулу сведения.

Заметим, что существование формулы сведения (и вообще, как мне кажется, возможность игры) связана с некоторой нелогичностью принятого в математике обозначения извлечения квадратного корня (т. е. возведения в степень $1/2$): $a^{1/2} = \sqrt[n]{a}$ записывается

без цифры 2. Логично было писать $\sqrt[2]{a}$, но это не принято, хотя принято писать $a^{1/2} = \sqrt[3]{a}$ и вообще $a^{1/n} = \sqrt[n]{a}$ для всех $n \neq 2$. Интересно, можно ли получить формулу сведения, не используя знак квадратного корня?

Трудный номер 75—65 с помощью формулы сведения «решается» так: $\sqrt{7-5} = \sec \operatorname{arctg} \sqrt{6-5}$. (Конечно, в этом случае корень из $(6-5)$ можно не извлекать, так как $\sqrt{1}=1$.)

К сожалению, после доказательства теоремы существования игра потеряла остроту, поскольку стало возможно, применяя несколько раз формулу сведения, приравнять любые числа.

Я привез доказательство Ландау. Оно ему очень понравилось, и мы, полусерьезно, полусерьезно, обсуждали, не опубликовать ли его в каком-нибудь научном журнале. Лев Давидович сказал: «Пожалуй, не стоит, математики обидятся. Они и так на меня сердятся!».

¹ Не рекомендуется играть в автомобильные номера, переходя улицу и за рулем автомашины.

В следующем номере



«Теперь надо понять, что разделение «души» и «тела» имеет лишь исторические основания, что дело «души» — выработка миросозерцания — не может обойтись без знания «тела» и что физиологию надлежит положить в руководящие основания при изучении законов жизни (в обширном смысле)».

Академик А. А. Ухтомский.

АЛЕКСЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ УХТОМСКИЙ. К столетию со дня рождения.

В. Л. МЕРКУЛОВ. Трудное счастье искателя истины.

А. А. УХТОМСКИЙ. Из неопубликованного.

Встречающиеся в литературе сведения о жизни Г. В. Рихмана крайне скудны, противоречивы, порой просто неверны. Новые данные заполняют часть пробелов в биографии Рихмана и проливают свет на ранее не раскрытые стороны его творческой индивидуальности.

Г. К. ЦВЕРАВА. Новое о Г. В. Рихмане.

Удалось создать эффективный жидкий люминофор, оказавшийся прекрасной лазерной жидкостью. Это — раствор соединений неодима в смеси оксихлорида фосфора и тетрахлорида олова.

М. Е. ЖАБОТИНСКИЙ. Лазерные жидкости.

Помимо движения подземных вод по водоносным горизонтам, обнаружено, что они движутся из одного водоносного горизонта в другой по естественным «трубам», которые нередко выходят на поверхность.

Н. Ф. ГЛАЗОВСКИЙ. Природный «водопровод».

«Жестокое обращение с животными прямо и непосредственно влияет на формирование личности детей... Проблема жестокости чрезвычайно актуальна». **ЧИТАТЕЛИ «ПРИРОДЫ» О ФЕНОМЕНОЛОГИИ ЖЕСТОКОСТИ.** (Письма в редакцию.)

Цена 50 коп.

Индекс 70707