

ПРИРОДА



9₁₉₆₈



ПРИРОДА

9

1968

Ежемесячный популярный
естественнонаучный журнал
Академии наук СССР

Основан в 1912 году

Издательство «Наука». Москва

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор академик Н. Г. БАСОВ
Академик Б. Л. АСТАУРОВ (зам. главного редактора)
Доктор биологических наук А. Г. БАННИКОВ
Академик А. И. БЕРГ
Академик А. П. ВИНОГРАДОВ
Член-корреспондент АН СССР Б. Н. ДЕЛОНЕ
Член-корреспондент АН СССР Л. А. ЗЕНКЕВИЧ
Доктор физико-математических наук С. П. КАПИЦА
Академик Б. М. КЕДРОВ
Академик И. К. КИКОИН
Член-корреспондент АН СССР В. Л. КРЕТОВИЧ
Доктор физико-математических наук Б. В. КУКАРКИН
Доктор философских наук Г. А. КУРСАНОВ
Доктор географических наук К. К. МАРКОВ
Доктор философских наук Н. Ф. ОВЧИННИКОВ
Академик В. В. ПАРИН
В. М. ПОЛЫНИН (ответственный секретарь)
Доктор геолого-минералогических наук Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ (зам.
главного редактора)
Доктор геолого-минералогических наук М. А. ФАВОРСКАЯ
Кандидат технических наук А. С. ФЕДОРОВ (зам. главного редактора)
Доктор биологических наук К. К. ФЛЕРОВ
Доктор биологических наук А. Н. ФОРМОЗОВ
Академик Г. М. ФРАНК
Доктор физико-математических наук Д. А. ФРАНК-КАМЕНЕЦКИЙ (зам.
главного редактора)
Член-корреспондент АН СССР В. Е. ХАИН
Академик Н. В. ЦИЦИН
Доктор географических наук Л. А. ЧУБУКОВ
Кандидат физико-математических наук Н. В. ШЕБАЛИН
Доктор биологических наук А. В. ЯБЛОКОВ

В номере

Астрономическая обсерватория в стратосфере Л. М. Котляр, В. А. Крат	2
Электронный проектор. В. Н. Шредник	10
Проблема генетического кода. М. В. Волькенштейн	20
Глубинные разломы Земли. А. И. Суворов	30
История фауны Приморья. Н. К. Верещагин, Н. Д. Оводов	42
Предисловие к первому изданию на английском языке «Диалектики природы» Ф. Энгельса. Дж. Б. С. Холдейн	50
Дж. Холдейн о «Диалектике природы» Энгельса. Б. М. Кедров	54
Научные сообщения	
Самые короткие световые импульсы. П. Г. Крюков	59
Дерево — летописец климата. В. Е. Рудаков	60
Ультразвук обрабатывает камни. А. Х. Лазарян	63
Музей минеральных вод. Н. И. Долуханова, Э. С. Халатян	64
Охрана природы	
Тайна Шамана. А. П. Нечаев	68
Очерки	
На озере Чад. Ф. Куиличи	71
Малахит в Эрмитаже. Д. П. Григорьев	77
История науки	
Лебедевские подвалы. Д. Д. Галанин	82
Когда же был открыт гелий? С. В. Альтшулер	88
Экспедиции, путешествия	
По ледникам Шпицбергена. Ю. А. Лаврушин	91
Дискуссии	
Добыча руд со дна океана. М. А. Рудницкий	101

Заметки, наблюдения	105—107
Новости науки	108—117
По страницам научных журналов	118—119
Книги	120—122
Календарь природы	123—126
В конце номера	127—128

Художественный редактор В. Е. Валериус
Технический редактор Д. И. Сляк
Корректоры Р. Н. Сидорина, И. К. Шатуновская

Адрес редакции: Москва, Ж-127, ул. Осипенко, 52
Тел. 231-76-80

Подписано к печати 28/VIII 1968 г. Т-11988
Формат бумаги 84×108¹/₁₆
Теч. л. 8+2 вклейки (усл. печ. л. 13,44).
Уч.-изд. л. 16,8. Бум. л. 4
Гираж 41 000. Зак. 804

2-я типография изд-ва «Наука»
Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

На первой странице обложки гравюра М. Врубеля
На второй странице обложки: смерч, наблюдавший
31 мая 1965 г. близ селения Пазрань (Чечено-
Ингушская АССР)

Астрономическая обсерватория в стратосфере

И. М. Котляр

Кандидат физико-математических наук

В. А. Крат

Доктор физико-математических наук



Владимир Алексеевич Крат, директор Главной астрономической обсерватории АН СССР, председатель Комиссии по исследованию Солнца при Астрономическом совете АН СССР; наиболее известен своими исследованиями в области физики Солнца.



Леонид Маркович Котляр, научный сотрудник Главной астрономической обсерватории АН СССР. Занимается разработкой методов и аппаратуры для исследования физических процессов на Солнце. В частности, им разработан ряд конструкций солнечных магнитографов для исследования магнитных полей на Солнце.

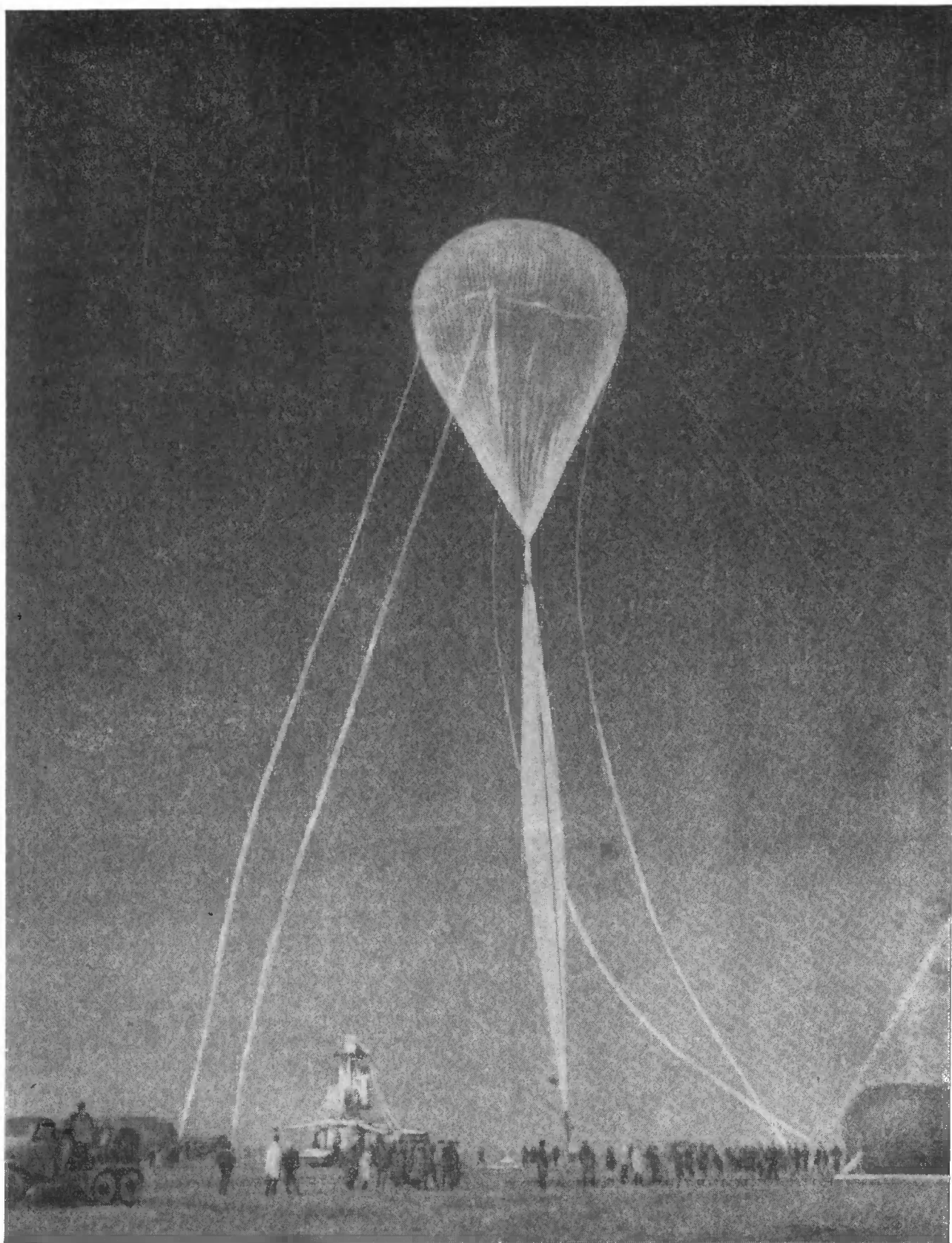
Человечество живет на дне глубокого воздушного океана. Плотная оболочка атмосферы надежно защищает все живое на Земле от губительного воздействия таких факторов космического пространства, как низкие температуры, глубокий вакуум, жесткие ультрафиолетовое и рентгеновское излучения Солнца, метеориты и т. п. Сквозь земную атмосферу проходит лишь излучение в видимой области спектра и инфракрасное излучение¹ в нескольких узких спектральных полосах. Лучи света не только несут энергию, необходимую для протекания всех биологических и большинства геофизических процессов, но и содержат информацию о Солнце, звездах, планетах, о тех физических процессах, которые происходят на них.

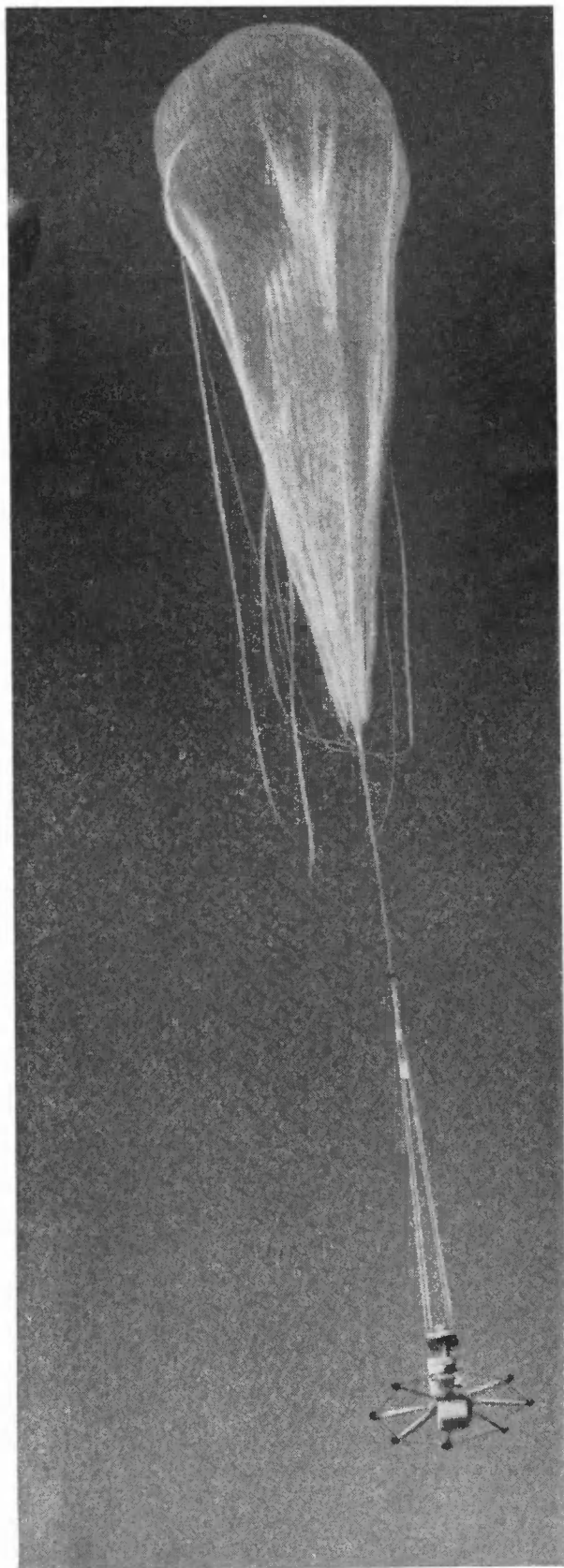
Для астрономов световые лучи — основной источник информации. Но пока лучи проходят через всю толщу земной оболочки, эта информация частично теряется, искажается, одним словом, утрачивает достоверность. Причина заключается в неоднородности атмосферы, вызванной различного рода движениями воздуха. Воздушные течения (ветер), конвекция и турбулентия вызывают непрерывные изменения плотности воздуха на пути световых лучей. Это приводит к нерегулярным изменениям коэффициента преломления света воздушных слоев. В итоге направление лучей света, проходящих сквозь такие неоднородные по оптическим свойствам слои, хаотически изменяется и фронт световых волн деформируется. Поэтому изображения наблюдаемых объектов в астрономических инструментах получаются искаженными, недостаточно резкими, качество их непрерывно меняется. Воспетое поэтами «мерцание звезд» — тоже результат этого явления.

Атмосфера Земли ограничивает возможность астрономических инструментов различать мелкие детали наблюдаемого объекта. Теоретическая разрешающая способность телескопа растет с увеличением диаметра его объектива. Например, у строящегося в СССР самого большого в мире телескопа с диаметром зеркала 6 м теоретическая разрешающая сила равна примерно $0''{,}02$. Это значит, что такой телескоп позволил бы различать на Луне предметы размером около 35 м. Позволил бы — если бы не было влияния атмосферы. Это влияние уменьшает реальную разрешающую способность телескопов до величины порядка $1'' - 0''{,}5$, причем особенно сильно оно сказывается на больших телескопах. Но для решения целого ряда астрономических задач необходимо различать наиболее мелкие детали наблюдаемых объектов. Это относится, например, к изучению поверхности Луны и других планет.

¹ Существует также «окно прозрачности» атмосферы, расположенное в радиодиапазоне, для излучений с длинами волн от нескольких миллиметров до 30 м.

Заполнение стратостата гелием. На фотографии с л е в а — комплекс обсерватории, который будет подвешен к баллону после его заполнения ➔





Грандиозные взрывы на поверхности Солнца — солнечные вспышки, — по мнению известного специалиста по физике Солнца чл.-корр. АН СССР А. Б. Северного, начинаются на площади всего в несколько десятков квадратных километров. Такую небольшую деталь из-за влияния атмосферы невозможно различить даже в самый совершенный телескоп. А между тем чрезвычайно важно как можно раньше обнаружить начало солнечной вспышки, так как она сопровождается рядом явлений, которые оказывают существенное воздействие на многие процессы, происходящие в околосолнечном пространстве и на Земле. Вспышки возмущают ионосферу Земли, вызывая магнитные бури, нарушение радиосвязи. Во время вспышек Солнце выбрасывает потоки частиц высоких энергий, а они создают большую радиационную опасность для космонавтов, находящихся в космическом пространстве. Чтобы выяснить причины возникновения этих явлений и научиться предсказывать их, необходимо наблюдать Солнце с помощью приборов, которые обеспечивали бы разрешение самых мелких деталей на его поверхности.

Пытаясь ослабить атмосферные помехи, астрономы забираются все выше в горы, устанавливая свои телескопы на высотах в 2—3,5 тыс. метров над уровнем моря, но это недостаточно эффективно. Преодолеть влияние неоднородностей земной атмосферы возможно лишь путем вынесения наблюдательных приборов за ее пределы. В сравнительно недалеком будущем астрофизические обсерватории будут созданы, вероятно, на лишенной атмосферы Луне. В настоящее же время наблюдательный прибор можно вынести за пределы если и не всей атмосферы, то хотя бы ее плотных слоев, установив его на искусственном спутнике Земли или на борту высотного аэростата, поднятого в стратосферу, — стратостата. Запуск крупных астрономических инструментов на искусственных спутниках Земли пока представляет весьма сложную задачу. Трудно осуществлять эксплуатацию такого инструмента, доставлять на Землю результаты наблюдений, да и расходы здесь требуются немалые. Поэтому наиболее доступным методом вынесения астрономических инструментов за пределы плотных слоев атмосферы остается использование высотных аэростатов (баллонов), поднимающихся в стратосферу.

Воздухоплавание, как известно, получило достаточно большое развитие к концу XIX в. Довольно регулярно производились подъемы аэростатов со спортивными и научными (в основном для выполнения метеорологических и геофизических наблюдений) целями.

Астрономы обратили внимание на аэростат как на возможное средство для подъема инструментов в более разреженные слои атмосферы. Первые астрономические наблюдения были произведены с помощью аэрос-

тата в 1874 г. во Франции. В России также использовали аэростаты для научных исследований. Великий русский ученый Д. И. Менделеев поднялся на аэростате 7 августа 1887 г. для наблюдения полного солнечного затмения. Однако слабая техническая база воздухоплавания того времени не обеспечила проведения сколь угодно регулярных и серьезных астрономических наблюдений, и только уровень развития науки и техники середины XX в. позволил по-новому подойти к этой задаче.

Современная техника воздухоплавания и технология производства тонких и высокопрочных полимерных пленок сделали возможным создание стратостатов, способных поднять груз весом в несколько тонн на высоты более 20 км и удерживать его там в течение нескольких часов. Это послужило базой для развития новой отрасли наблюдательной астрономии — баллонной астрономии. Начало ей положили первые успешные полеты, произведенные М. Шварцшильдом и его сотрудниками (США, 1957—1959 гг.)¹ на стратостате с солнечным телескопом.

Какие же задачи позволяет ставить и решать баллонная астрономия?

Во-первых, при подъеме астрономических инструментов выше плотных слоев атмосферы полностью используется их разрешающая сила; следовательно, можно изучать тонкую структуру астрономических объектов (например, грануляцию в фотосфере Солнца, детали на поверхности планет и т. п.)

Во-вторых, выход за наиболее сильно поглощающие слои атмосферы дает возможность исследовать астрономические объекты в далекой инфракрасной области спектра. Это, в частности, позволяет поставить задачу изучения состава атмосферы Марса, Венеры и других планет, свойств поверхности Луны и т. п.

В-третьих, уменьшение плотности и запыленности атмосферы с высотой снижает интенсивность рассеянного света. Небо кажется почти таким же черным, как в космосе. Поэтому облегчается наблюдение солнечной короны вне полных солнечных затмений.

Наряду с этим, баллонная астрономия решает и многие другие задачи. Однако на пути их реализации встречаются серьезные научные, методические и технические трудности. Прежде всего, комплекс наблюдательной аппаратуры, поднимаемой на баллоне в стратосферу, должен действовать автоматически. Участие человека в таких полетах нецелесообразно по многим соображениям: полеты могут быть опасны для жизни наблюдателя-пилота; поднимающемуся в стратосферу необходима сложная и достаточно тяжелая система жизнеобеспечения — скафандр, герметическая кабина, запас кислорода и т. п. Кроме того, человек своими

движениями создает механические возмущения всей системы аэростата, что затруднит наведение аппаратуры на объект наблюдения. Аппаратура баллонной астрономии, таким образом, должна автоматически «отыскивать» объект, наводить на него телескоп и вести наблюдения по заданной программе.

Точное наведение телескопа на объект и удержание его в определенном положении в течение продолжительного времени и с высокой точностью затрудняются тем, что на свободно плавающий в стратосфере аэростат действуют воздушные течения, которые его вращают и раскачивают. Разреженность атмосферы на больших высотах приводит к возрастанию нагрева телескопа солнечными лучами и в то же время уменьшает его охлаждение из-за снижения конвекции. В верхних слоях атмосферы господствуют весьма низкие температуры, что, в свою очередь, затрудняет работу всех устройств телескопа. В небольшой статье невозможно перечислить все сложные научные и технические проблемы, которые возникли при разработке телескопа и других устройств для астрономических наблюдений с борта высотного аэростата.

В результате успешной работы большого коллектива ученых, конструкторов, инженеров и рабочих в Советском Союзе была создана автоматическая станция, предназначенная для наблюдений Солнца из стратосферы. 1 ноября 1966 г. произведен первый запуск этой станции с целью обработки и проверки функционирования всех ее оптических, механических и электронных систем. Второй экспериментальный полет астрономической станции состоялся 22 сентября 1967 г.

Как устроена станция

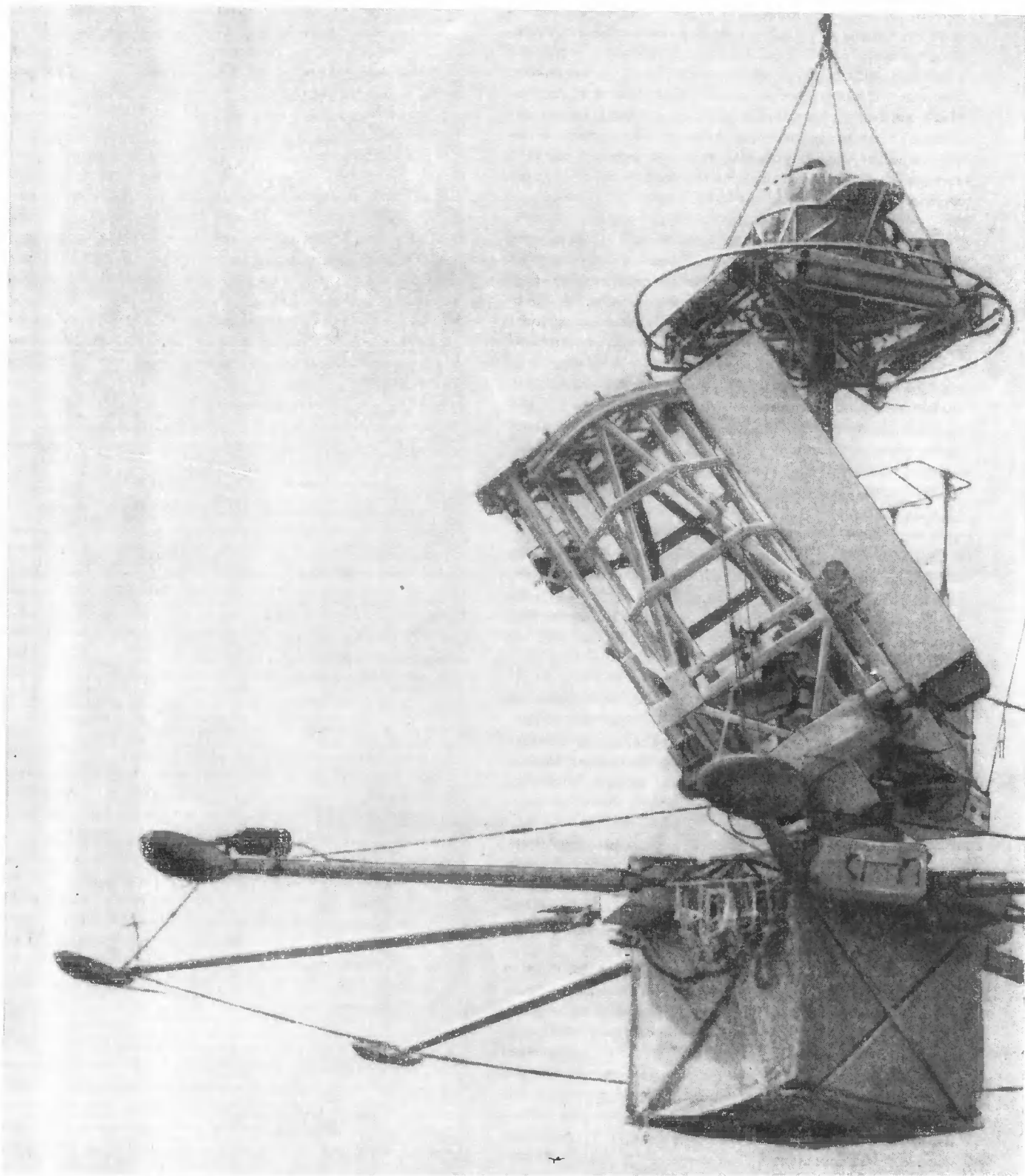
Стратосферная астрономическая станция представляет собой уникальный по размерам и сложности комплекс оптической, механической, электромеханической и электронной аппаратуры — целую летающую автоматическую солнечную обсерваторию.

Главный инструмент станции — телескоп-рефлектор системы Кассегрена с диаметром главного зеркала в 1 м (в первых экспериментальных полетах метровое зеркало было заменено зеркалом диаметром в 0,5 м). Фокусное расстояние телескопа составляет 24 м. Он снабжен линзовой увеличительной системой, доводящей эквивалентное фокусное расстояние телескопа до 120 м.

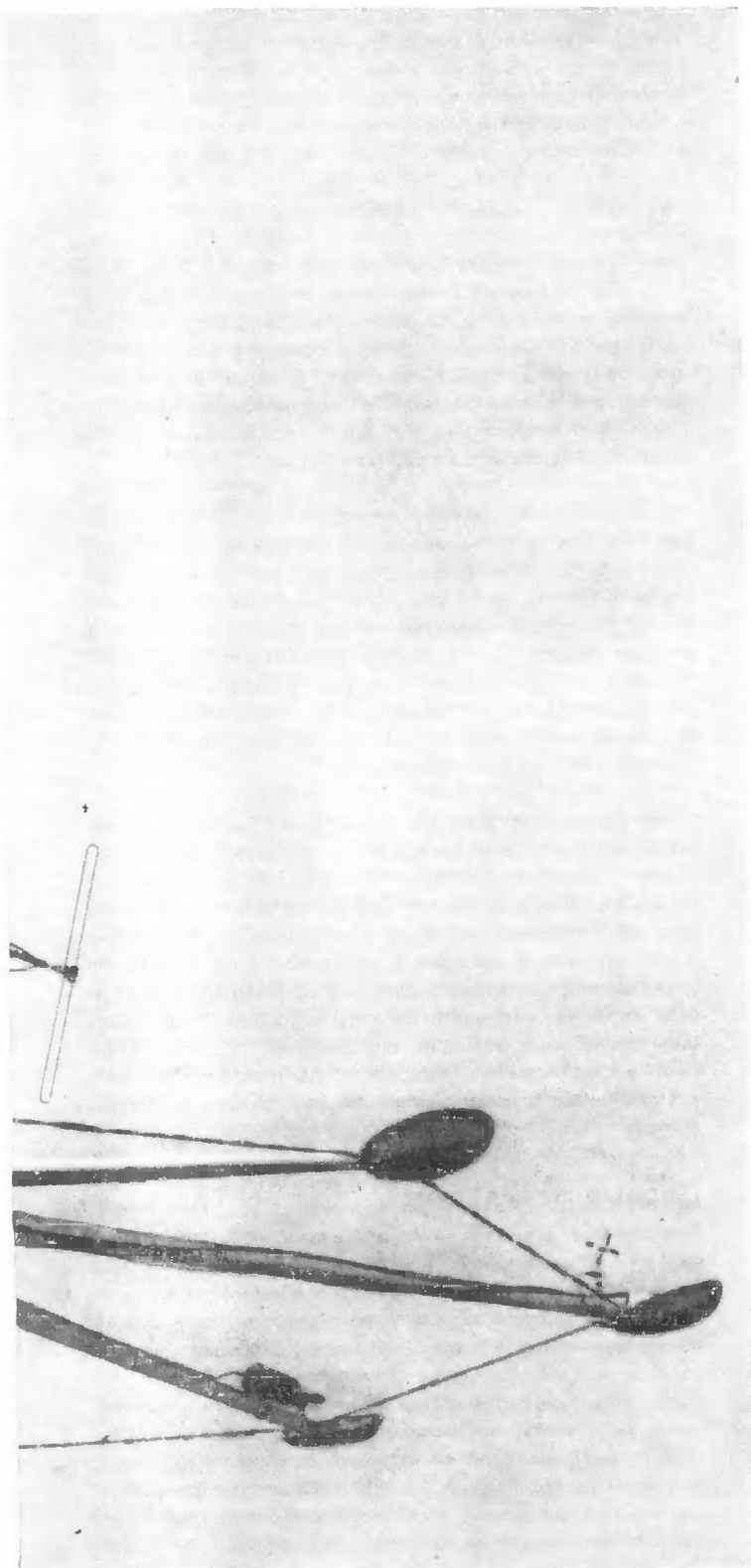
Свет от изображения Солнца, построенного оптической системой телескопа, разделяется на две части: большая часть направляется на входную щель дифракционного спектрографа высокой разрешающей силы, а меньшая часть — в увеличительную камеру, производящую фотографирование поверхности Солнца в интегральном свете.

Спектрограф снабжен дифракционной решеткой, обеспечивающей фотографирование на одном кадре одно-

¹ «Природа», 1962, № 1, стр. 43—48.



Общий вид стратосферной астрономической
обсерватории в полете



временно трех участков спектра в различных порядках решетки. Специальная камера регистрирует участок поверхности Солнца, находящийся в момент съемки на входной щели спектрографа.

Параллельно главному телескопу станции помещен вспомогательный телескоп-рефрактор, служащий фотогелиографом. Он осуществляет фотографирование всего солнечного диска с целью привязки данных, полученных остальными приборами, к определенному участку поверхности Солнца.

Часть света из фотогелиографа перебрасывается в телевизионную камеру, которая передает на Землю изображение того участка солнечного диска, на который в данный момент наведен телескоп. Таким образом, астрономы, находящиеся на Земле, видят, какой участок в данный момент фотографируется. Подавая соответствующие команды по линии радиотелеуправления, они могут наводить телескоп на желаемый участок поверхности Солнца и фотографировать его.

Автоматический поиск Солнца, наведение на него телескопа и удержание его в нужном положении проводятся системами поиска и системами грубого и точного наведения, которые «отыскивают» Солнце и «схватываются» за изображения краев его диска.

Работа всех устройств и систем астрономической станции, открытие и закрытие затворов фотокамер, перемотка пленок и т. п. осуществляются программно-командным блоком — «мозгом» станции.

В стратосферу астрономическая станция поднимается на баллоне из полимерной пленки объемом более 100 тыс. м³, наполненном гелием. Аэростат снабжен соответствующими устройствами для управления полетом. После завершения программы наблюдений астрономическая станция по радиокоманде отделяется от баллона и спускается на парашюте. Для посадки она снабжена специальным амортизирующим устройством.

Как же проходит полет автоматической стратосферной астрономической станции? Представим себе, что мы находимся на площадке, откуда производится запуск высотного аэростата, поднимающего аэростанцию.

...Раннее утро. Накануне были окончены многочисленные проверки всего сложного приборного хозяйства станции; метеорологи обещали хорошую, безоблачную погоду и слабый ветер. Начинается наполнение оболочки гелием. Постепенно она «оживает» и все с большей силой стремится вверх. Станция уже подготовлена к старту: ее фотокамеры заряжены пленкой, в программно-командный блок заложена программа работы. Все готово. Подана команда, замки освобождают станцию — и автоматическая обсерватория весом в семь с половиной тонн стремительно уносится аэростатом вверх.

Пока аэростат поднимается к своему «потолку», заглянем в помещение контрольно-измерительного пункта. Здесь установлены наземные устройства систем телевидения, телеуправления и телеметрии. С их помощью астрономы-операторы и инженеры будут управлять астрономической станцией, когда она вступит в работу.

Вот, наконец, поступило сообщение о том, что аэростат с автоматической станцией достиг заданной высоты. Все приборы станции неподвижны, работает только программно-командный блок. Затем на борт станции приходит радиокоманда на включение аппаратуры. Начинают работу приборы грубого поиска Солнца. Найдя его, они ориентируют телескоп станции и передают управление системам точного наведения, которые направляют телескоп на Солнце и удерживают его в этом положении с высокой точностью.

Теперь в работу вступает телевидение. С борта станции передается на телевизионный экран контрольно-измерительного пункта солнечное изображение, которое «видит» фотогелиограф. Астроном-оператор, подавая соответствующие команды, наводит телескоп на нужный участок поверхности Солнца — начинается фотографирование и регистрация спектров избранного участка солнечного диска. В необходимых случаях астроном-оператор может внести изменения в программу работы станции по радиотелеуправлению.

...Программа наблюдений завершена. Выбирается подходящее место для посадки. По команде срабатывает замок, отделяющий станцию от аэростата, раскрывается парашют, и она начинает спуск. Толчок при посадке смягчает специальное амортизирующее устройство — и вот станция в целости и сохранности на Земле! Из вертолетов высаживается бригада сопровождения: первым делом нужно снять кассеты с пленкой, содержащей ценнейшую научную информацию, добытую станцией в стратосфере. После осмотра и подготовки астрономическая станция снова может лететь в стратосферу.

Первые результаты

Уже первые два запуска аэростанции, несмотря на то, что они предназначались в основном для выяснения данных о ее работе в условиях свободного полета в стратосфере, были использованы астрономами и для получения новых сведений о нашем дневном светиле.

Предварительная обработка этих материалов подтвердила результаты наблюдений, проведенных в 1951—1953 гг. в Пулковской обсерватории, а также наблюдений М. Шварцшильда 1957—1959 гг., которые до самого последнего времени считались сомнительными, так как были получены на пределе разрешения телескопов. Самым интересным можно считать обнаружение на Солнце очень мелких пятен (пор) диаметром не более 300 км, существование которых объясняет множество кажущихся аномалий в солнечных магнитных полях

Очевидно, большинство так называемых невидимых пятен — мест, где кажется, что пятно отсутствует, но есть довольно сильное магнитное поле — в действительности представляют собой очень мелкие пятна, неразличимые на снимках при недостаточном разрешении телескопа. Повышая разрешение стратосферных телескопов, мы надеемся установить тот предел, начиная с которого усиление магнитного поля в солнечной фотосфере оказывается способным создавать солнечные пятна. Это один из наиболее важных вопросов физики Солнца.

Второй интересный результат получен при помощи спектрографа. Как известно, у нас на Земле в природных соединениях один атом тяжелого водорода — дейтерия (D) приходится на 6800 атомов обычного водорода (H). В грубом приближении можно считать, что отношение числа атомов дейтерия к числу атомов водорода D/H составляет $1,5 \cdot 10^{-4}$. Дейтерий является прекрасным ядерным топливом — возможной основой термоядерной энергетики на Земле. Так как многие считают, что основным источником солнечной энергии служат происходящие в недрах Солнца термоядерные реакции превращения водорода и дейтерия в гелий, то вопрос о содержании дейтерия на Солнце представляет большой интерес для астрофизики. Конечно, в солнечной атмосфере, где температура довольно низка, дейтерий может быть, но в недрах Солнца он весь уже мог «выгореть». Остается неясным, существуют ли медленные крупномасштабные потоки газа, опускающиеся от солнечной фотосферы к солнечному ядру, где происходят термоядерные реакции, перемешивающие все солнечное вещество. Неясно также, может ли образоваться в солнечной атмосфере дейтерий под воздействием грандиозных взрывов — солнечных вспышек.

Спектральная линия дейтерия D_α лежит рядом (на крыле) с красной линией водорода H_α . Как она ни слаба, ее все же можно было бы обнаружить современными методами спектрального анализа. Этому, однако, мешает линия водяного пара земной атмосферы наряду с какими-то еще слабыми линиями земного происхождения, наблюдавшимися как раз в том месте, где мы ищем линию дейтерия. Наиболее тщательные поиски линии дейтерия в наземных условиях были предприняты несколько лет назад А. Б. Северным в Крымской астрофизической обсерватории. Он попытался исключить линию водяного пара и получил оценку D/H, которую мы можем рассматривать как верхний предел этого отношения. По Северному, $D/H \approx 5 \cdot 10^{-5}$, что заметно меньше относительного содержания дейтерия на Земле.

В стратосферных условиях слабые и даже довольно сильные линии водяного пара исчезают; существенно (в десятки раз) ослабевают и многие другие линии земного происхождения, поэтому участок спектра, где должна находиться линия дейтерия, делается совершенно «чистым». Многочисленные спектрограммы, полученные нами при первом и втором полетах аэростанции, после тщательной обработки выявили на месте

линии дейтерия некоторое ослабление солнечного спектра, но оно очень мало и непохоже на одну определенную спектральную линию; скорее всего, это группа каких-то очень слабых солнечных линий, возможно, линий молекул. Во всяком случае, нам удалось надежно определить верхний предел D/H, он составил $2 \cdot 10^{-5}$. В какой-то мере этот результат подтверждает вывод А. Б. Северного о том, что дейтерия по отношению к водороду на Солнце много меньше, чем на Земле. Вполне вероятно, что там его практически и нет.

Все это — только часть научных результатов, полученных при первых полетах аэростанции. При каждом новом опытном полете в станцию вносятся дальнейшие усовершенствования, отрабатываются методы стратосферных наблюдений. Мы уверены в том, что в недалеком будущем стратосферная астрономия сыграет большую роль в развитии астрофизики.

Электронный проектор

В. Н. Шредник

Кандидат физико-математических наук



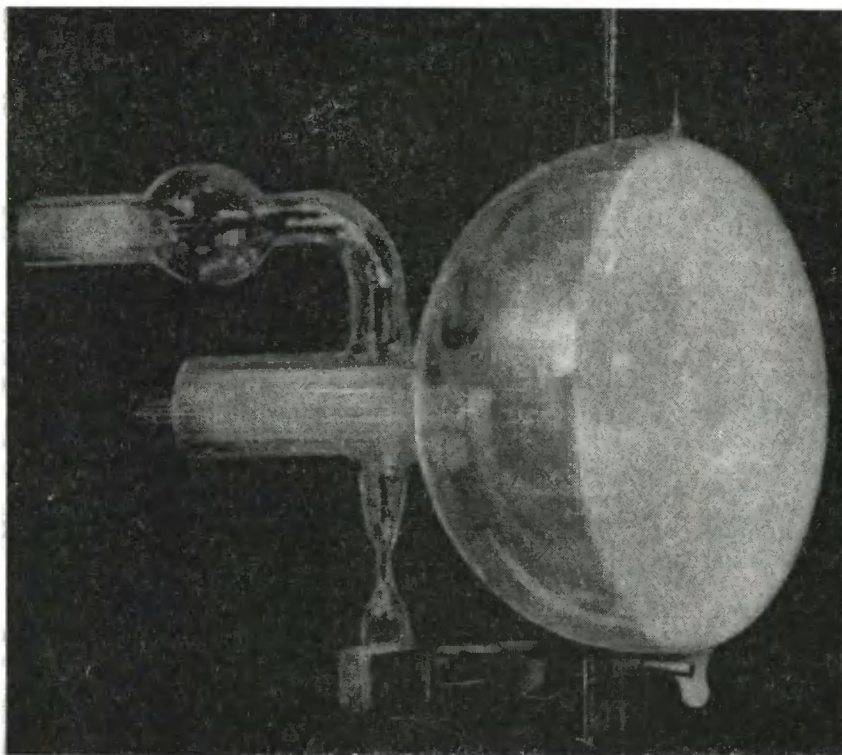
Владимир Николаевич Шредник, руководитель группы автоэмиссионной микроскопии в Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе АН СССР. Автор ряда статей по электронным и ионным проекторам.

Основная задача микроскопии — дать возможность увидеть нечто трудно доступное наблюдению по причине своих малых размеров. Микроскоп характеризуется в первую очередь увеличением изображения объекта, но не это оказывается главным. Более важна степень выявления подробностей увеличенного изображения — так называемая разрешающая способность. Она определяется наименьшим размером деталей изображения или наименьшим расстоянием между ними, на котором они не сливаются, а воспринимаются раздельно. Разрешающая способность (или, короче, разрешение) зависит от устройства микроскопа и от самого физического механизма получения увеличенного изображения.

Электронные микроскопы сменили оптические там, где потребовалось разрешение существенно более высокое, чем длина световой волны ($\sim 0,5$ мк). Как известно, предметы, размер которых существенно меньше длины проходящих мимо них волн, такие волны не рассеивают. Это и кладет принципиальный предел для степени разрешения. Длины волн ультрафиолетового света меньше, чем у видимого, и здесь возможности микроскопии расширяются. Но огромный шаг вперед был сделан лишь с появлением электронных микроскопов, так как длина связанной с электроном волны тем меньше, чем больше энергия электрона, и может быть чрезвычайно малой. Лучшие современные просвечивающие электронные микроскопы имеют разрешение около 10 ангстрем (1 ангстрем = 10^{-8} см). Они позволяют увидеть крупные молекулы, атомные ряды в кристаллах. Это сложные устройства, оснащенные прецизионными электроннооптическими и механическими приспособлениями. Заветная мечта специалистов по электронной микроскопии — достичь разрешения в 2—3 ангстрема. При этом будут различимы соседние атомы в кристаллической решетке твердых тел, которые отстоят один от другого примерно на такие же расстояния.

Однако уверенное разрешение атомных структур уже осуществлено в микроскопах иного типа. Это так называемые автоионные микроскопы или ионные проекторы. Любопытно, что в отличие от обычного электронного микроскопа они не содержат ни одной электростатической или магнитной линзы. В мировой литературе есть немало более или менее популярных обзоров, описывающих достижения автоионной микроскопии¹. Феерические изображения кристаллов с атомным разрешением, сфотографированные с экрана ионного проектора, несколько затмили, оставили в тени отрасль микроскопии, непосредственно породившую ионный проектор. А между тем она успешно развивается, несмотря на типичное для нее разрешение всего лишь от 20 до 100 ангстрем. Это автоэлектронная микроскопия. И здесь увеличения в сотни тысяч раз достигаются без применения электронных линз.

¹ См., например, обзоры Э. Мюллера в журнале «Успехи физических наук», т. 77, 1962, стр. 481; т. 92, 1967, стр. 293.



Фотография электронного проектора

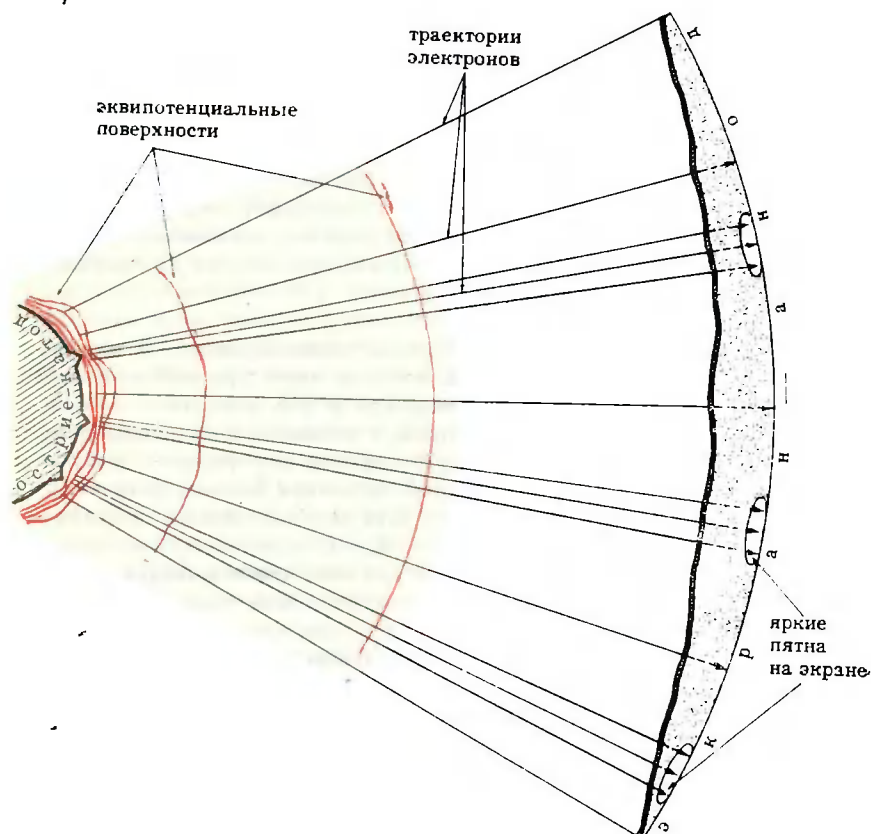


Схема действия электронного проектора. Принцип электронного проектора несколько напоминает принцип действия оптического планетария звездного неба, в котором свет от мощной лампы, находящейся в полем шаре, выходит через мельчайшие дырочки в специальных диапозитивах. Падая на достаточно далеко поставленный сферический экран, лучи света дают увеличенные во много раз расстояния между изображениями «звезд» по сравнению с расстояниями между дырочками диапозитивов. В электронном проекторе между острием-катодом и сферическим экраном-анодом создана большая разность потенциалов, которая заставляет вылетевшие из острия электроны двигаться почти точно по радиусам сферы-экрана. Если на острие есть микровыступы или на отдельные его участки нанесена одноатомная пленка, повышающая или понижающая работу выхода электронов, на экране появятся темные или светлые пятна. Источники пятен на объекте могут лежать так близко, что на экране не получится двух разделенных пятен. Только начиная с некоторого расстояния (которое и определяет разрешающую силу автоэлектронного проектора) пятна обозначаются на экране отдельно.

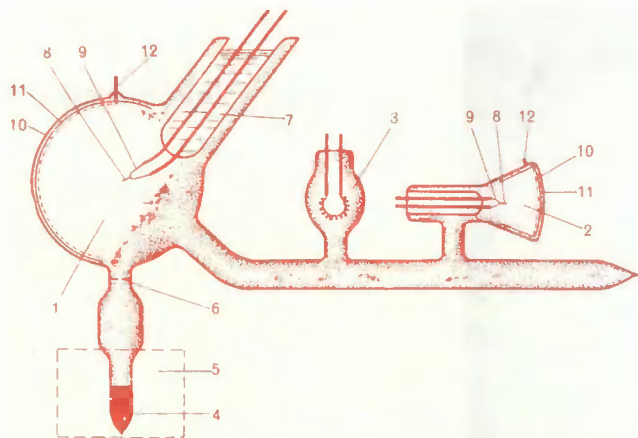


Схема экспериментального прибора, использовавшегося для исследования адсорбции натрия на монокристалле вольфрама методами автоэмиссионной микроскопии: 1 — основной проектор, в котором был проведен эксперимент; 2 — манометрический проектор. По эмиссионной картине на его экране можно судить о газовой делении в системе, оценивать давление и приблизительный состав остаточных газов; 3 — танталовый газопоглотитель (геттер); 4 — отросток с очищенным натрием, подогреваемый в печи — 5; 6 — диафрагма, ограничивающая пучок натрия; 7 — жидкий азот в ножке основного проектора, охлаждающий объект до температуры 77°K ; 8 — острия. В обоих проекторах они изготовлены из вольфрама; 9 — вольфрамовые дужки, несущие острия. Пропуская по ним ток, можно контролируемым образом изменять температуру острий; 10 — экраны проекторов; 11 — проводящие слои — аноды проекторов. Они представляют собой тонкий слой стекла, обработанный хлористым оловом и обладающий проводимостью при сохранении прозрачности; 12 — металлические вводы для подачи высокого напряжения, соединенные с анодом. (Из работы В. Н. Шредника и Е. В. Снежко)

Как мы увидим далее, этот вид микроскопии замечателен тем, что, делая видимым весьма малый объект, он всегда допускает одновременно и возможность разнообразных воздействий на него. При этом важные физические измерения на объекте могут производиться прямо в приборе, а в большинстве случаев даже во время наблюдения.

Устройство и принцип действия электронного проектора

Объектом автоэмиссионного микроскопа (иначе говоря, автоэлектронного проектора или просто — электронного проектора) является поверхность кончика тонкой иглы из проводящего материала. Если в вакууме подать на иглу отрицательный потенциал (обычно несколько тысяч вольт), достаточный для возникновения у острия электрического поля напряженностью около 10^7 в/см, это вызовет автоэлектронную эмиссию из кончика иглы. Электроны выходят из острия под действием только электрического поля (т. е. не требуется подогрева, освещения и т. п.) перпендикулярно поверхности острия и далее подхватываются и ускоряются тем же полем. Поставим теперь на пути электронов люминесцирующий экран и обеспечим стекание с него заряда. Мы увидим изображение тем более яркое, чем выше плотность тока и напряжение между иглой и экраном.

Двигаясь примерно вдоль силовых линий, электроны распространяются расходящимся пучком. Тем самым они создают на экране сильно увеличенную проекцию распределения плотности тока у поверхности острия. (Именно поэтому в советской литературе часто употребляется термин «электронный проектор», — на наш взгляд, весьма удачный.) Плотность тока в разных местах острия коррелирует как с микрорельефом, так и с работой выхода (теплотой испарения электронов) поверхности. На экране появляется увеличенное изображение объекта, как бы светящегося собственным электронным светом. Такое устройство, содержащее

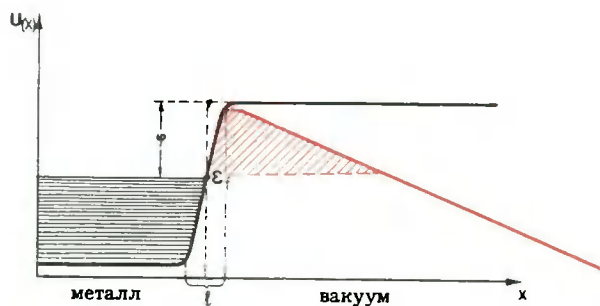
острие-объект в качестве катода и экран, обычно совмещенный с анодом, и есть автоэлектронный микроскоп. Он был изобретен в 1936 г. немецким физиком Эрвином Мюллером¹.

Существуют электронные проекторы самых разных конструкций. Вакуумный прибор, включающий собственно проектор, может иметь различные вспомогательные детали, связанные с задачами определенного физического эксперимента. Схема такого прибора, использовавшегося при изучении адсорбции² натрия на вольфраме, показана на рисунке вверху. Отпаянная стеклянная система содержит сразу два проектора: один — главный — для проведения опыта, второй — манометрический — для оценки состояния вакуума. Системы с проектором в зависимости от своего назначения могут быть либо целиком стеклянными, либо полуметаллическими, отпаянными или же сочлененными с вакуумной установкой.

В большинстве случаев игла крепится (точечной сваркой) на дужке, которую легко прогревать пропусканием тока. Температура острия измеряется оптическим микропирометром, с помощью миниатюрной термомпары или иными способами. Для успешной работы вакуум в электронном проекторе должен быть выше чем 10^{-8} мм рт. ст., хотя автоэмиссионное изображение можно получить и при 10^{-3} мм рт. ст. Сверхвысокий вакуум необходим для того, чтобы исследуемая поверхность после очистки длительно сохранялась незагрязненной. (Кроме того, при меньшем вакууме — в $10^{-3} \div 10^{-7}$ мм рт. ст. — требуются особые меры для поддержания стабильной автоэлектронной эмиссии).

¹ Он же изобрел и ионный проектор. Сейчас проф. Э. Мюллер работает в Пенсильванском университете в США и занимается преимущественно автономной микроскопией.

² Адсорбция — поглощение или сгущение газов, паров или растворенных веществ на поверхности.



Энергетический барьер, преодолеваемый автоэлектронами, выходящими из металла за счет чисто квантового так называемого туннельного эффекта. Вдоль оси x отложено расстояние от некоторой произвольной точки внутри металла; $U(x)$ — потенциальная энергия электрона: черная черта — в отсутствие поля, цветная — при приложенном внешнем поле $E(x)$. Полоски в области металла обозначают заполненные уровни полной энергии электронов в металле. ε_F — максимальная полная энергия, называемая энергией Ферми; ϕ — работа выхода электронов; l — переходный слой толщиной порядка размеров атома (масштаб не соблюден). Цветной штриховкой обозначена область, для которой потенциальная энергия электрона больше, чем полная. По классической механике такой потенциальный барьер для электронов непреодолим, так как здесь кинетическая энергия отрицательна, и следовательно, импульс становится мнимым. Но в квантовой механике переход с одной стороны барьера на другую возможен, и вероятность его тем больше, чем ниже и уже потенциальный барьер. Образно говоря, частица как бы проскакивает через туннель под барьером, и соответствующие переходы поэтому называются туннельным эффектом.

В отпаянных стеклянных колбах проекторов нередко используется вакуум в 10^{-11} — 10^{-12} мм рт. ст., который достигается и сохраняется относительно легко.

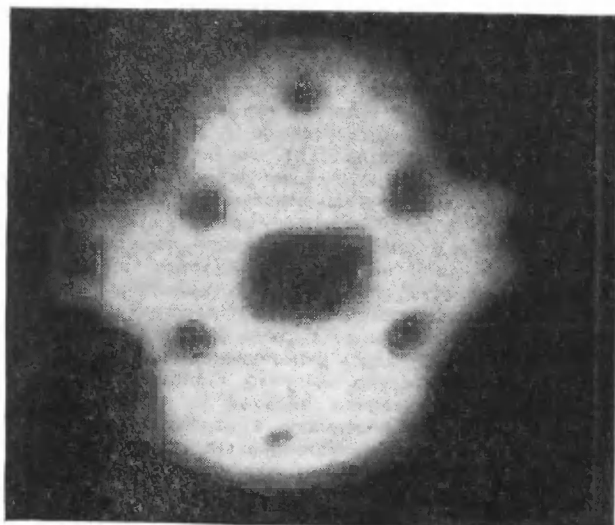
Увеличение электронного проектора примерно равно отношению расстояния острие — экран к радиусу кривизны кончика острия. Последний почти всегда имеет скругленную форму. Она приобретает с неизбежностью при сильных прогревах в процессе очистки острия в вакууме. Поверхностное натяжение, энергия которого на единицу поверхности тем выше, чем меньше радиус кривизны, заставляет атомы с более «острых» участков переползать на участки с большим радиусом кривизны. При прогреве такая миграция атомов усиливается, и окончательная устойчивая округлость ($r \sim 1 \mu$) достигается быстрее. Но и при комнатных температурах подлинных (т. е. бесконечно тонких) острий не существует. Радиус кривизны идеально острой швейной иглы — около 100μ ($0,1$ мм). В электронном проекторе имеют дело с кончиками в $100 \div 10\,000$ раз более острыми, чем кончик швейной иглы. Тупое острие — 1μ , нормальное — $0,1 \mu$ и острое — $0,01 \mu$. Тонкие острия вытравливают из проволок химически или электролитически. Радиусам острия $0,1$ — 1μ (типичные размеры) и расстоянию острие — экран около 10 см соответствуют увеличения в сотни тысяч раз.

Разрешающая способность электронного проектора обусловлена практически статистическим разбросом тангенциальной («боковой») составляющей скорости испускаемых электронов. Электроны, вылетевшие из одной точки объекта, попадают не в одну точку экрана, а создают некоторый кружок рассеяния. Диаметр этого кружка и определяет разрешение проектора. Разброс «боковых» скоростей автоэлектронов

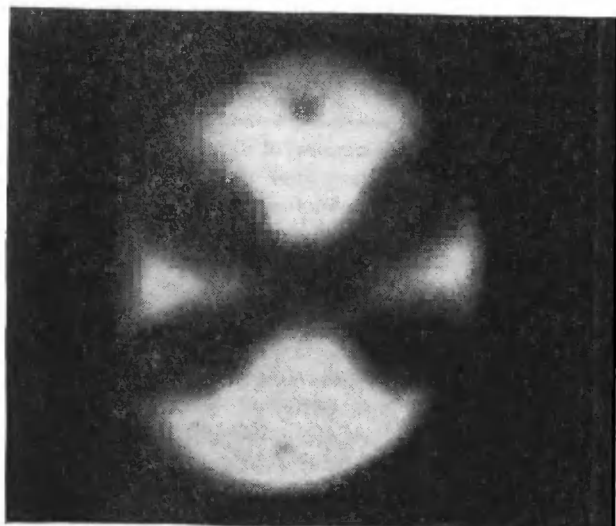
связан с особенностями энергетического электронного спектра в материале острия. В большинстве случаев (в частности, для всех металлов) он относительно слабо зависит от внешних воздействий, например от температуры объекта. До сих пор не найдено способов управления разрешающей способностью электронного проектора. Однако существует множество задач физики и химии поверхности, для которых разрешение электронного проектора (обычно 40 — 60 ангстрем) оказывается вполне достаточным. Когда же становится необходимым увеличение разрешающей способности — используется принципиальная возможность превратить электронный проектор в ионный и рассмотреть изучаемую особенность при большем разрешении.

В основе явления автоэлектронной эмиссии лежит так называемый туннельный эффект — квантовомеханическое просачивание электронов сквозь потенциальный барьер. По законам этого эффекта, плотность электронного тока j резко — как показательная функция — зависит от двух величин: от напряженности электрического поля E и от работы выхода ϕ . Поле, усиленное у острия, усиливается дополнительно у микровозвышений и несколько ослабляется у микроуплощений. Благодаря зависимости плотности тока от напряженности поля, автоэлектронная картина (на экране) чувствительна к микрорельефу поверхности объекта. С другой стороны, E пропорционально приложенному напряжению. Мы можем изменять напряжение, влияя тем самым на яркость изображения. Поскольку загрязнения на поверхности острия, как правило, изменяют работу выхода, автоэлектронная картина чувствительна к распределению примесей на острие. Трактовка изображений в проекторе должна учитывать одновременное воздействие на плотность тока как локальных E , так и ло-

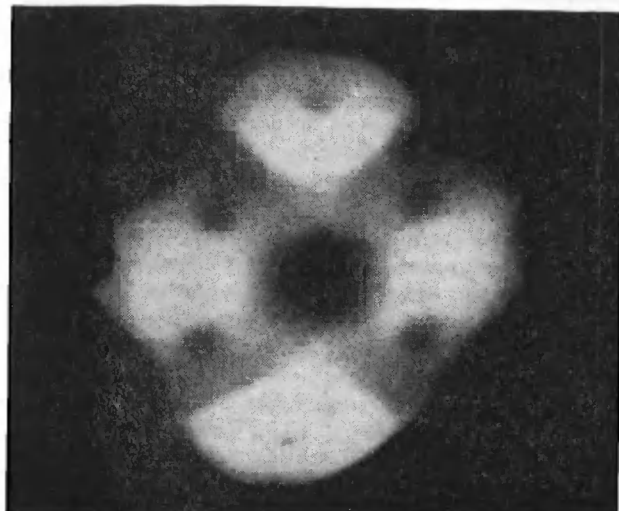
а



б



в



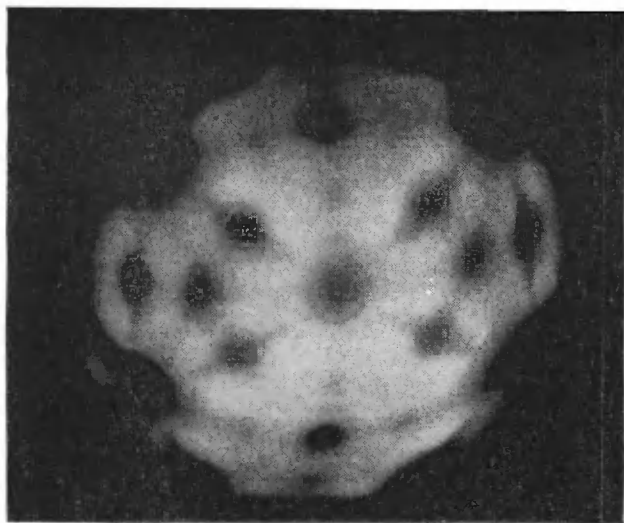
Адсорбция газов на вольфраме. а — автоэмиссионное изображение монокристалла чистого вольфрама. Темные пятна соответствуют углощениям (плоским граням). Кроме того, эти же участки отличаются и относительно высокой работой выхода. В «светлых» местах кристалл скруглен высокотемпературным прогревом в вакууме. В первом приближении кончик острия — полусфера с небольшими плоскими срезами; б — так выглядит эмиссионная картина того же самого кристалла, если на поверхность вольфрама осажден водород примерно монослоем. Водород «отравил» эмиссию избирательно — главным образом в окружении центральной грани (типа $\{110\}$) и ближайших к ней четырех граней (типа $\{112\}$). Это так называемый «косой крест», присущий адсорбции не только водорода, но и таких газов, как кислород, окись углерода и др. О том, что это водород, мы узнали по низкой температуре десорбции и последующим картинкам эмиссии; в — если на вольфраме была адсорбирована окись углерода, то она удалится при более высокой температуре, чем водород. Кроме того, при 600—800°С эмиссионная картина проходит через стадию, показанную на нашем рисунке. При этом светлые острова сверху и внизу уменьшаются в размере, так как если бы пленка адсорбата таяла, подобно полярным шапкам у полюсов Марса. Роль полюсов здесь играют грани куба $\{100\}$ — темные пятна сверху и снизу (Из работы В. Н. Шредника и Е. В. Снежко)

кальных ф. Электронный проектор эффективен в таких ситуациях, когда какое-либо воздействие влияет на форму поверхности объекта или же изменяет работу выхода электрона из нее. При этом изменения на поверхности объекта регистрируются в пределах разрешения, т. е. в пределах расстояний около десятка атомных диаметров (для атомов среднего размера). Что касается изменений по нормали к поверхности, то резкие ступеньки и выросты надежно видны при высоте в 3—4 атомных диаметра.

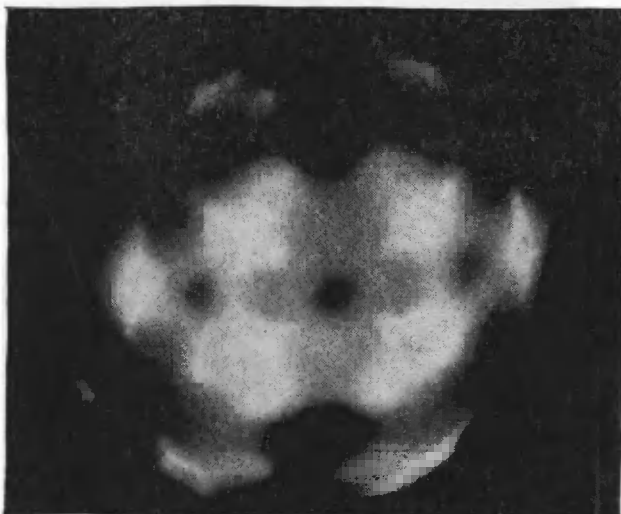
Нижний предел температуры объекта при наблюдении ограничен только техническими возможностями. Например, большая серия опытов по адсорбции газов при низких температурах была выполнена Р. Гомером в США в проекторах, погруженных в жидкий гелий (4°К). Верхний предел температур, допускающих наблюдения, обусловлен разрушением нагретого автоэммитера в сильном поле. В отсутствие поля (без наблюдения) объект можно прогревать до температуры плавления.

Существует еще одна особенность автоэлектронной микроскопии, которая делает ее привлекательной. Объект размером меньше микрона, как правило, оказывается монокристаллическим. Распределение работы выхода на поверхности чистого монокристалла и его микрорельеф коррелируют с его структурой. Эмиссионные картины симметричны. Их кристаллографическая расшифровка проста. Работая с электронным проектором, мы имеем дело с легко идентифицируемыми гранями монокристалла. Из-за малых размеров они почти идеальны. В то же время вполне возможно тем или иным способом сознательно увеличить число дефектов, если это нужно.

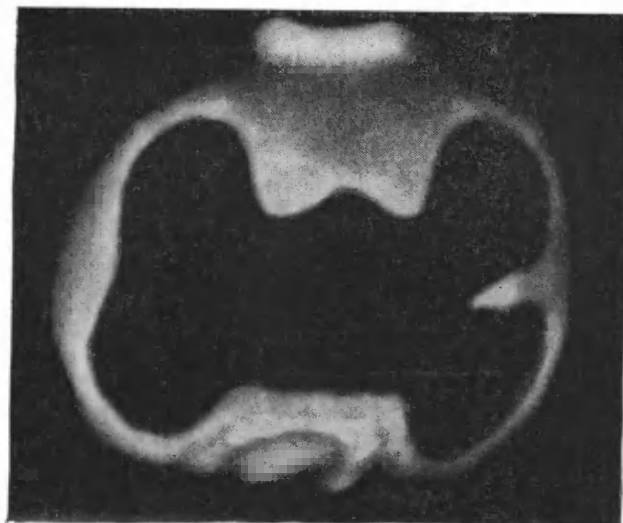
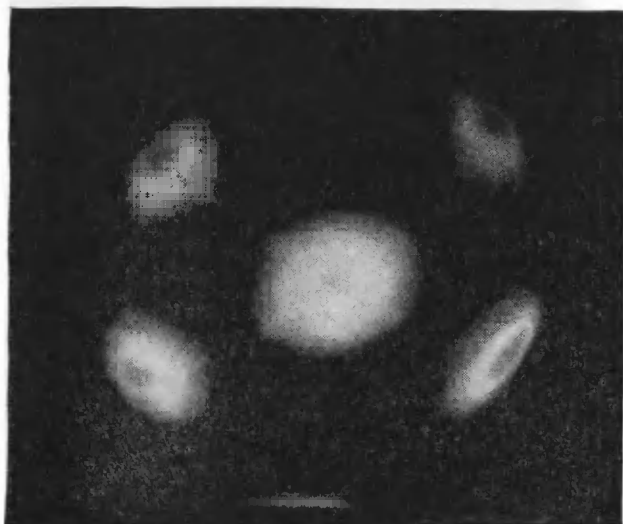
а



б



в

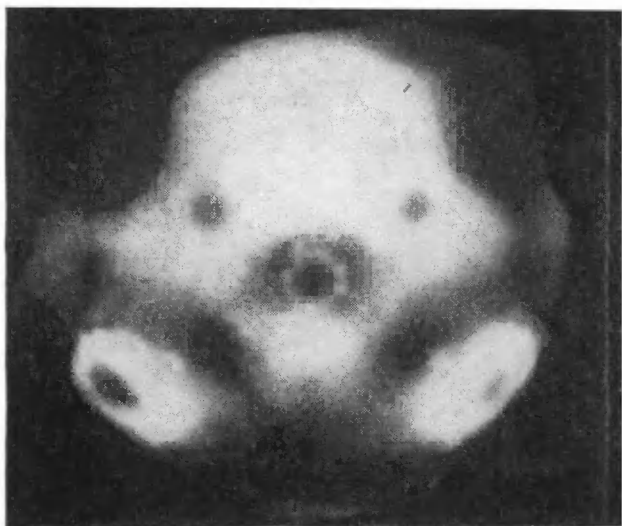


Натрий, адсорбированный на вольфраме. а — натрий в количестве 15% моноатомного слоя на кристалле вольфрама (сравните с фото «а» на предыдущем рисунке). При комнатной температуре атомы быстро мигрируют по поверхности и распределяются по граням в соответствии с силой связи на них. Где связь натрия с вольфрамом больше, там и локальная поверхностная концентрация натрия выше, соответственно эмиссионная картина — из-за понижения работы выхода — ярче; б — натрий на вольфраме — 65% моноатомного слоя. Новое относительное распределение натрия по граням; в — натрий на вольфраме — 106% моноатомного слоя. При моноатомном покрытии натрий сильнее всего понижает работу выхода граней типа {110} (их-то мы и наблюдаем в виде ярких пятен на картине). Однако связь на этих гранях слабее, чем в других местах, и заполняются натрием они в последнюю очередь; г — состояние, соответствующее предыдущему фотоснимку, можно «заморозить», охладив острие жидким азотом (77° К). При этой температуре мы не замечаем перемещения натрия. Создав у острия обратное поле величиной $1,1 \cdot 10^8$ в/см, можно десорбировать натрий полем при 77° К. Несколько увеличив напряжение, можно увидеть окрестности центра острия, где натрий еще не удален. На предыдущем рисунке он был не виден, так как эмиссия областей {110} превалировала над эмиссией других мест; напряжение при этом было ниже. (Из работы В. Н. Шредника и Е. В. Снежко)

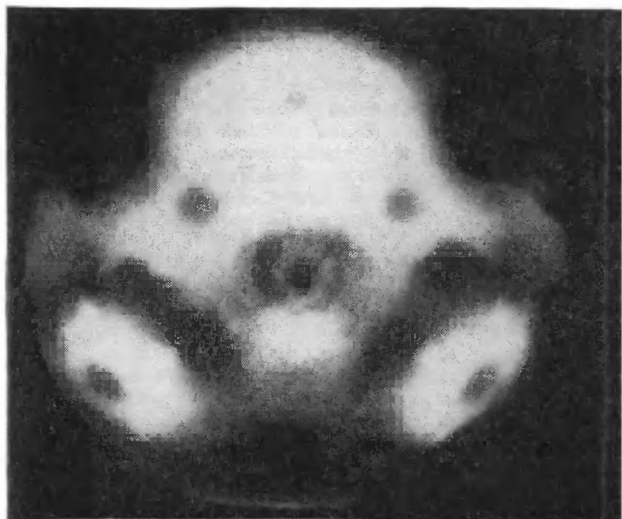
Применение электронного проектора

Ясно, что электронный проектор — не просто мощный микроскоп. Он вызвал к жизни новую научную методику, располагающую многообразными возможностями количественного изучения явлений при наблюдении эмиссионной картины. Исследуя в проекторе тот или иной процесс, можно не только видеть его протекание. Одновременно можно измерять эмиссионный ток (несколько усложнив прибор, можно измерить ток с определенной локальной кристаллографической области),

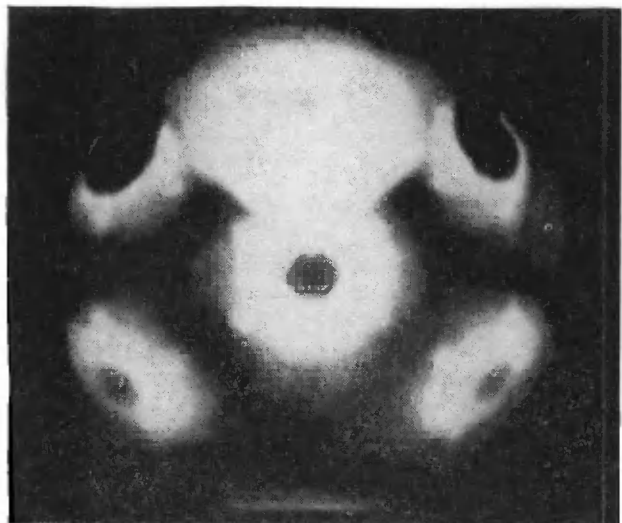
а.



б.



в.



Бериллий, адсорбированный на вольфраме, и миграция бериллия по вольфраму: а — так выглядит эмиссионная картина после напыления снизу бериллия на монокристалл чистого вольфрама. Бериллий напылен при комнатной температуре острия. При этом он не мигрирует. Атомы бериллия остаются примерно там, где они столкнулись с поверхностью вольфрама. Граница напыленного слоя приблизительно совпадает с горизонтальной линией, проходящей через середину кристалла. Поток бериллия был однородным, и так как поверхность — полусфера, осажденный слой нарастает по толщине с удалением от границы слоя вниз. В окрестностях граней $\{110\}$ бериллий понизил работу выхода — эти области стали яркими. В прочих местах он повысил работу выхода — они потемнели; б — температура острия повышена до 150°C . Прошла 1 минута. Бериллий начал мигрировать — «заползает» на незанятую им территорию (т. е. вверх на снимке). Видно, что фронт его наступления — темный во всех областях, кроме граней $\{110\}$; в — температура та же (150°C), но прошло уже 3 минуты. Бериллий наступает на окрестности двух верхних граней $\{110\}$ — они становятся светлыми. При наступлении на окружение верхней грани куба фронт бериллия темный. (Из работы А. П. Комара, В. П. Савченко и В. Н. Шредника)

скорость течения процесса, размеры каких-либо образований. В ряде опытов наблюдение эмиссионной картины совмещалось с изучением энергетического спектра автоэлектронов в определенных участках кристалла.

Электронный проектор главным образом применяется в научных исследованиях. Однако в своей простейшей форме этот прибор может быть использован для учебных демонстраций и лабораторных работ в школах и в вузах. В ФРГ для этих целей производится проектор с напылением бария на вольфрамовое острие. Отпаянный прибор с источником атомов бария связан с небольшим настольным электростатическим генератором высокого напряжения. Включив высокое напряжение, демонстратор может показать на экране картину чистого вольфрама. После этого подогревается источник бария. Тогда на изображении вольфрамового острия со стороны источника появляются яркие пятна, которые затем сливаются в сплошной яркий слой. Картина напоминает Луну в 1-й четверти. Пока температура вольфрама равна комнатной, барий по нему не перемещается. Далее демонстратор включает подогрев вольфрама, и на экране видно, как яркие пятна переползают на теньевую сторону острия. Это означает, что барий перемещается, так как он понижает работу выхода электронов, и те места, на которых он находится, дают яркое пятно. Расползание бария по вольфраму происходит анизотропно, т. е. с разной скоростью по различным кристаллографическим направлениям.

Серия фотографий слева показывает осаждение и движение бериллия по вольфраму. Отличие здесь состоит в том, что бериллий не всегда понижает работу

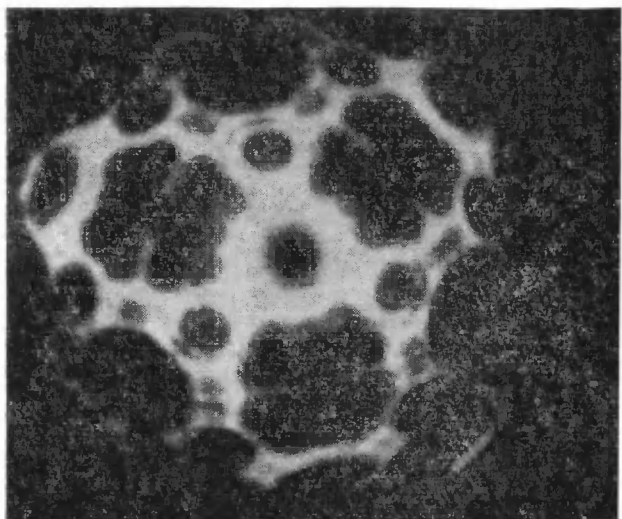


Автоэмиссионное изображение чистого монокристалла меди (вверху). В отличие от вольфрама медь имеет другую структуру решетки. Поэтому распределение темного и светлого на картине несколько иное, чем у вольфрама. (Из работы А. П. Комара, В. П. Савченко и В. Н. Шредника)

Автоэмиссионное изображение монокристалла кремния (всередине). По-видимому, распределение яркого и светлого характеризует микрорельеф и связано с ограниченной кристалла в большей мере, чем с распределением работы выхода. (Из работы Г. Буша и Т. Фишера)

Автоэмиссионное изображение «молекул» фталоцианина меди на монокристалле вольфрама (внизу). Хаотически разбросанные яркие пятна, по форме напоминающие листья клевера или же кофейные зерна, обусловлены усиленной эмиссией из областей, где из адсорбированного слоя образовались (в электрическом поле) небольшие комплексы молекул фталоцианина меди (синего красителя, применяемого в полиграфии и в красильном деле)

Фото В. П. Савченко



выхода, а кое-где и повышает ее. Поэтому картина получается более сложной, чем в опытах с барием.

Отметим наиболее существенные научные достижения автоэлектронной микроскопии. Электронный проектор позволил детально изучить эффект автоэлектронной эмиссии металлов. Только теперь этот вид эмиссии, считавшийся ранее технически бесперспективным (в основном из-за нестабильности и недолговечности острий-катодов) приобрел важные практические приложения. Сейчас автоэмиссионные катоды, главным образом металлические, широко применяются. Найдены условия для их продолжительной и стабильной работы. Созданы приборы, эффективно использующие достоинства этого вида эмиссии¹. На очереди — широкое внедрение в технику автокатодов из полупроводников. Сейчас проводится их интенсивное изучение с применением электронного проектора. Полупроводниковые автоэммитеры, сохраняя все достоинства автокатодов вообще — высокую плотность тока, точность, безнакальность и безынерционность, узкий энергетический спектр и пр., — допускают многообразные способы внешнего управления током, свойственные полупроводникам. Здесь может быть использована зависимость электрических свойств полупроводников от температуры, освещения, облучения проникающей радиацией.

Исследование адсорбции газов на металлах с помощью электронного проектора привело к появлению новых представлений. Было надежно показано, что химическая

¹ Например, в США имеется специальная фирма «Field Emission Corporation», выпускающая серийно разнообразные импульсные рентгеновские аппараты, электронные ускорители и другие приборы, оснащенные автоэмиссионными катодами.

адсорбция активных газов, таких как H_2 , O_2 , N_2 , CO и др., при низких температурах (до $4^\circ K$) не требует активации. Были обнаружены различные типы перемещений адсорбированных атомов и молекул в первом и во втором атомном слое от поверхности. Разная связь между частицами, определившая различную энергетику процессов, обусловила и резкое отличие в характере протекания этих процессов. Многочисленные количественные данные, которые получены в таких исследованиях, имеют большое значение для физической химии поверхности, проблем катализа, свободных радикалов и др.

В сфере науки о природе поверхности¹ — области трудно доступной для эксперимента — до сих пор остается множество белых пятен. Они в значительной мере ликвидируются за счет применения электронного проектора. Изучение эмиссионных свойств поверхности металлов при адсорбции на них различных классов веществ и исследование автоэлектронной эмиссии в сильном электрическом поле — это ведущаяся с двух сторон атака на природу поверхностного барьера металл — вакуум, одного из белых пятен физики поверхности. Автоэмиссионные исследования пленочных покрытий при «толщине» от долей монокристаллического слоя до нескольких атомных слоев насчитывают более сотни работ. Они принесли весьма детальную информацию об изменениях работы выхода различных граней тугоплавких металлов (главным образом вольфрама, реже — рения, молибдена, тантала, ниобия, иридия и др.), покрытых металлическими адсорбатами: щелочными, щелочноземельными металлами, а также Be , Th , Zr , Ti , Hf , La , Y и др. Электронный проектор позволяет измерить и такие характеристики, как теплоты миграции и испарения. Помимо большого научного интереса эти данные имеют немаловажное практическое значение, ибо на маленьком острие в проекторе моделируются события, происходящие в широких масштабах на поверхности эффективных термокатодов и в таких, например, приборах, как термоэлектронные преобразователи тепловой энергии в электрическую.

Методами автоэлектронной микроскопии проведено изучение аллотропических фазовых превращений² в кристаллах Ti , Zr , Co . Оказалось, что малый размер кристалла острия диктует свои правила протекания этих процессов. При сохранении ориентационного соответствия между α - и β -фазами сильно ограничивается свобода выбора возможных ориентаций новой фазы при $\alpha \rightleftharpoons \beta$ превращениях³. Реализуется лишь та

ориентация, которая лучше других вписывается в старую форму кристалла. Исследование процесса карбидизации вольфрама и молибдена позволило определить по эмиссионным картинкам неизвестные прежде ориентационные соотношения между кристаллами металла и карбида. В электронном проекторе хорошо наблюдаются зародыши кристаллических наростов. Этот прибор с успехом применяется для изучения начальных стадий эпитаксии — ориентированного роста кристалла одного материала на другом. Наконец, сам объект-острие может быть выращен прямо в колбе. Таким путем изучены торцовые поверхности нитевидных монокристаллов («усов») из многих материалов.

Электрическое поле порядка 10^7 в/см воздействует на изучаемые процессы на поверхности. Когда хотят освободиться от влияния поля или уменьшить это влияние, то либо проводят процесс «вслепую» (без поля), либо используют импульсное поле при большом отношении периода между импульсами к длительности импульса. Однако и само по себе воздействие полей в $10^7 \div 10^8$ в/см на атомы поверхностного слоя¹ представляет большой научный интерес. В электронном проекторе открыт и изучен новый эффект: десорбция полем, т. е. удаление посторонних атомов с поверхности без подогрева, только за счет электрического поля. В электронном проекторе обнаружено и исследуется влияние электрического поля на поверхностную миграцию собственных и посторонних атомов. Поля в $10^7 \div 10^8$ в/см соизмеримы с межатомными полями в кристалле. Воздействие таких полей на поверхностные процессы стало мощным инструментом для изучения не только сил связи атомов на поверхности, но и степени их поляризации.

Итак, электронный проектор завоевал репутацию крайне «информативного» прибора в таких областях, как различные виды адсорбции и эмиссионная электроника монокристаллов. Он выгодно отличается большой простотой в изготовлении и использовании. Несомненно, что и в других областях электронный проектор будет применяться все шире и шире.

Электронный проектор и наблюдения в микромире

Нередко высказывается мнение, что электронный проектор — прибор для сугубо качественных исследований. Это заблуждение. Заклеив экран проектора, например, черной бумагой, можно тут же превратить его в бесспорно «количественный» прибор для эмиссионных измерений. Возможность наблюдать объект при большом увеличении параллельно с измерениями — нечто существенно большее, чем простое измерение. Дело в том, что электронное изображение несет значительное количество избыточной информации, не требующейся

¹ Имеется в виду действительная физическая поверхность: граница твердого тела — вакуум в пределах одного атомного слоя. В технике, например в проблеме трения, под поверхностью понимают иногда сотни и тысячи приповерхностных атомных слоев.

² Т. е. таких превращений, когда без изменения химического состава меняются свойства вещества в пределах одной фазы. В данном случае изменяется структура кристаллической решетки.

³ При низкой температуре Ti , Zr , Hf имеют гексагональную плотно упакованную структуру решетки (α -фаза); начиная с некоторых температур (разные в каждом случае) решетки превращаются в кубическую объемноцентрированную (β -фаза). При этом наиболее плотно упакованные направления и плоскости α - и β -фаз оказываются в закономерном соотношении. Это и есть так называемые ориентационные соотношения.

¹ Крайне сильные поля порядка 10^8 в/см получают у острия, используя направление поля, обратное по сравнению с полем в электронном проекторе. Прямые поля такой величины приведут к гибели острия за счет превращения чрезмерно сильной автоэмиссии в вакуумный пробой.

для данного конкретного измерения, иногда вообще неожиданной, подчас непонятной. Это значит, что перед нами не просто исследовательский прибор с узким целевым (например, измерительным, индикаторным) назначением. Перед нами окно в не очень-то привычный и не очень-то известный мир. Иногда полезно просто наблюдать, что там происходит, тем более, что в широких пределах мы можем сознательно вмешиваться в происходящие на наших глазах процессы. Наблюдение, между прочим, отличается от измерения меньшей осведомленностью наблюдателя об объекте, большей неопределенностью самого опыта. Мы не только не знаем заранее, что получим — это возможно и при измерении, — мы можем не знать, что собираемся получить. Автоэмиссионная микроскопия таит увлекательные возможности неожиданных открытий даже в таких областях, где, казалось бы, уже даны разумные объяснения всем наблюдавшимся явлениям.

Характерный пример — стадии интерпретации, через которые прошли нарочито однообразные изображения в электронном проекторе, получающиеся при осаждении на острие самых разнообразных органических веществ с различной структурой. Наблюдавшиеся яркие световые картины, которые напоминают кофейные зерна и листья клевера, интерпретировались как изображения молекул с разрешением отдельных бензольных колец, как мелкие кристаллы, как эмиссия из свободных углеродных связей и, наконец, как распределение электронной плотности в волноводах для электронных волн.

Другой пример. Начиная исследования адсорбции бериллия на вольфрам, мы никак не ожидали, что этот электроположительный, по всем данным, металл поведет себя странно: одновременно понизит работу выхода одних граней вольфрама, но повысит работу выхода других. Оказалось, что такое нетривиальное поведение бериллия можно считать естественным, но при условии, что он далеко не так электроположителен, как следовало из таблиц, данные которые основывались на опытах с недостаточно очищенным бериллием.

И еще один пример. Внимательно изучая систему барий — вольфрам, известный американский физик Жозеф Бэкер описал в 1951 г. процесс образования скоплений бария, которые давали на экране проектора небольшие яркие пятна. Позднее другой американский физик, интерпретируя такие пятна как мелкие зародыши кристаллов, использовал этот «факт» как аргумент для своего дискуссионного заявления о том, что не существует монослойных катодов-эмиттеров вообще. Но прошло время, и стало очевидно из позднейших опытов и тщательных описаний автоэлектронных картин Бэкера, что он имел дело с двухмерными островками бария. А это служит только подтверждением существования монослойных эмиттеров.

Разумеется, значительная избыточная информация, доставляемая электронным проектором, может дать пищу

и для умозрительных, ошибочных выводов. Это обстоятельство требует большей скрупулезности исследователя при описании результатов и большей щепетильности при их интерпретации. Наблюдаемое изображение «изложено» на языке квантовомеханического закона автоэлектронной эмиссии. Нужно как можно точнее перевести его на обычный язык.

Автоэлектронная микроскопия — типичная пограничная область науки. В СССР ею занимаются главным образом физики и в меньшей степени физико-химики. В США, ФРГ, Нидерландах многие приверженцы этой методики считают себя химиками. Иногда статьи с автоэлектронными изображениями (не говоря уж об ионных) появляются в кристаллографических журналах. Успешная работа в области автоэлектронной микроскопии предполагает искушенность исследователя в физике и в химии, в кристаллографии и в кристаллохимии, в методах получения сверхвысокого вакуума и в современной технике электрических измерений, а подчас и в импульсной технике. Это несколько препятствует быстрому развитию и распространению плодотворной методики. Но вместе с тем труд «проекторщиков» (как они себя иногда называют) — благодарный труд, ибо здесь, на стыках отраслей наук, их ждет еще много не открытого и пока непонятого.

Проблема генетического кода

Член-корреспондент АН СССР
М. В. Волькенштейн



Михаил Владимирович Волькенштейн руководит лабораторией оптических и магнитных исследований в Институте молекулярной биологии АН СССР и лабораторией биофизики ферментных систем в Институте биофизики АН СССР. Ему принадлежит ряд исследований в области физики малых и больших молекул и молекулярной биофизики. М. В. Волькенштейном разработана теория интенсивностей в колебательных спектрах молекул, статистическая физика макромолекул, теория различных физических свойств биополимеров.

Раскрытие природы генов — молекулярных структур, ответственных за хранение и передачу наследственных признаков, — великое достижение естествознания XX в. История изучения генов во многом сходна с путем, пройденным атомной физикой:

Существование атомов, угаданное еще натурфилософами древности, с необходимостью следовало из всей совокупности факторов, добытых химией — наукой, имеющей дело с макроскопическими количествами вещества.

Существование генов оказалось единственным объяснением основных законов генетики, открытых Менделем при изучении макроскопических организмов.

Атомы отрицались некоторыми физико-химиками, представителями так называемой энергетической школы.

Противники генов вообще не прибегали к научной аргументации.

В начале XX в. существование атомов было доказано прямыми опытами, а в 1913 г. Н. Бор создал теорию строения атома, не только объяснившую важнейшие явления атомной физики, но и предсказавшую дальнейшие открытия.

Развитие цитогенетики привело к однозначной локализации генов в хромосомах, а молекулярная биология установила атомное строение генов.

Эта аналогия не формальна — она выражает общие черты естествознания, идущего в глубь явлений природы и выясняющего атомно-молекулярное строение материальных систем, определяющих эти явления.

Гены

Что же такое ген? Для ответа на этот вопрос нужно понять, что такое наследственный признак.

Наследственными признаками гороха, изучавшегося Менделем, являются окраска цветов, форма и цвет семян. У человека наследуются цвет кожи, глаз и волос, черты лица, некоторые заболевания и многое другое. На первый взгляд, трудно понять, каким образом столь различные признаки, как, например, голубые глаза и гемофилия, могут объясняться тонкими различиями в структуре однотипных молекулярных образований — генов.

Возникновение того или иного макроскопического признака определяется, в конечном счете, сложной совокупностью биохимических процессов. Следовательно, гены управляют биохимическими процессами. Но каким образом?

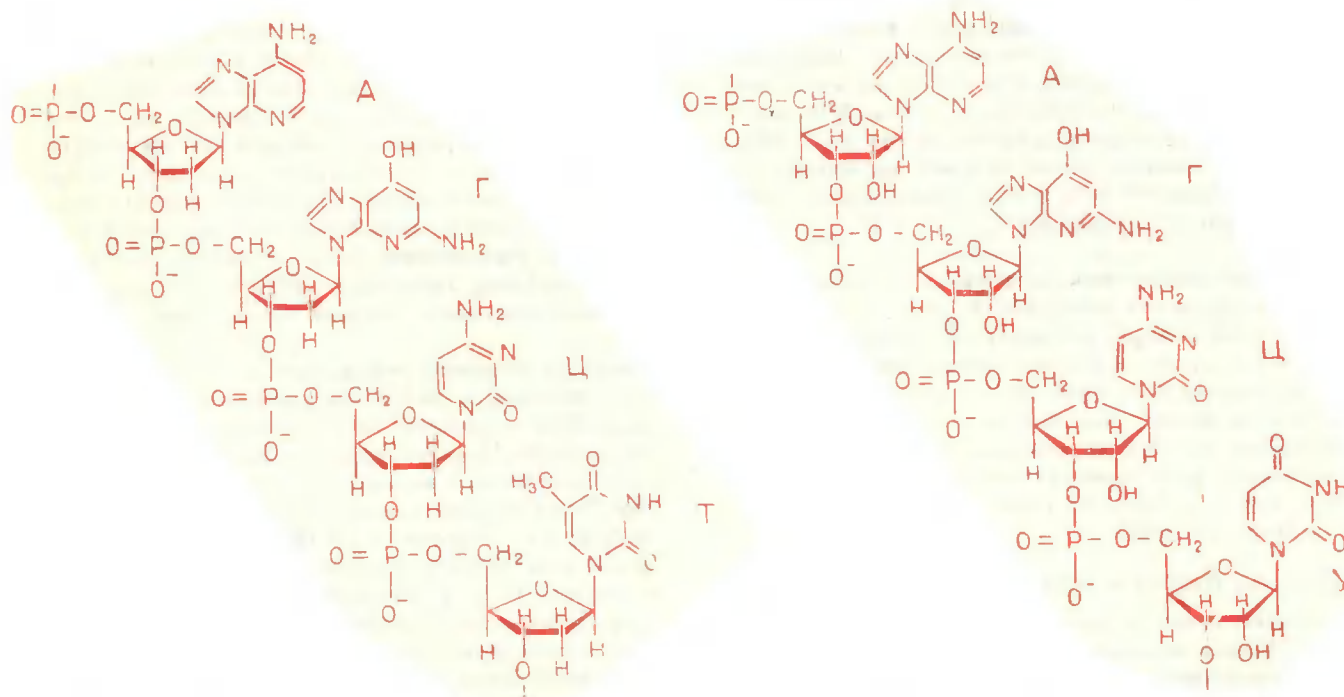


Рис. 1. Схема строения нуклеиновых кислот. Слева — участок молекулы ДНК, состоящей из четырех типов звеньев — нуклеотидов, каждый из которых отличается своим азотистым

основанием: тимин, цитозин, гуанин и аденин (Т, Ц, Г, А). Это своего рода текст, записанный четырехбуквенным нуклеотидным алфавитом. Справа — фрагмент цепи РНК. РНК отличается

от ДНК строением углеводной группы (рибоза вместо дезоксирибозы) и тем, что вместо тимина (Т) в РНК фигурирует другое азотистое основание — урацил (У)

Любая биохимическая реакция протекает в клетке с непременным участием одного или нескольких катализаторов-ферментов. Именно ферменты направляют реакции с надлежащей скоростью и по определенному пути. В конечном счете наследование макроскопического признака сводится к наследованию совокупности ферментов или, точнее, к наследованию способности клеток синтезировать определенные ферменты. Это было установлено с полной ясностью в последние десятилетия, когда генетика перешла к изучению бактерий и вирусов, наследственные свойства которых легко сводятся к способности или неспособности синтезировать различные химические соединения.

Ферменты — это белки, большие молекулы, полимеры. За их синтез ответственны гены. В современном понимании этого слова ген представляет собой участок молекулы ДНК, в строении которой содержится информация о структуре определенного белка. Ген воспроизводится при делении клетки, его структура может измениться в результате мутации — спонтанной (самопроизвольной) или вызванной направленным воздействием (радиационным или химическим).

Все свойства белков, в частности ферментативная (ка-

талитическая) активность, определяются особенностями их строения. Белковая цепь построена из аминокислотных остатков — звеньев 20 различных типов. Изменение первичной структуры белка, т. е. аминокислотной последовательности, влечет за собой существенные изменения свойства белка. Первичная структура любого белка строго определена и воспроизводится из поколения в поколение. Каким же образом ген обеспечивает сборку белковой цепи звено за звеном, в определенной последовательности?

Нельзя придумать для этого никакого другого способа, не вступающего в противоречие с законами физики и химии, кроме матричного синтеза. Подобно тому как текст книги печатается с типографской матрицы, белковый «текст», написанный 20-буквенным аминокислотным алфавитом, «печатается» с молекулярной матрицы ДНК. Ген — это молекулярная матрица. Еще в 1927 г. Н. К. Кольцовым была предложена гипотеза матричного действия генов. Но тогда о ДНК еще ничего не знали.

Цепь ДНК построена из нуклеотидов — звеньев четырех типов. Это тоже текст, но записанный четырехбуквенным нуклеотидным алфавитом.

Матричный синтез белка осуществляется в результате строгого соответствия между какими-то сочетаниями нуклеотидов в ДНК с аминокислотами, включаемыми в белковую цепь. Очевидно, что за каждую аминокислоту должна отвечать группа, содержащая не менее трех нуклеотидов. Двух недостаточно. В самом деле, число различных нуклеотидных дублетов («слов» по 2 буквы в каждом), которые можно получить из четырех нуклеотидов, равно $4^2 = 16$, а этого слишком мало, чтобы закодировать 20 аминокислот.

Проблема генетического кода, четко поставленная перед молекулярной биологией в 1953 г., состояла в составлении словаря для перевода нуклеотидного текста в аминокислотный. Было нелегко прийти к точной формулировке этой проблемы. Гораздо труднее оказалось ее решить. Тем не менее за короткое время, благодаря исключительной целеустремленности и талантливости ряда исследователей, генетический словарь был открыт¹. 1961—1965 годы оказались эпохой Sturm und Drang в биологии.

Синтез белка и код

Цитируем слова основателя египтологии — Шампольона: «Офицер инженерных войск г-н Бушар, состоявший при дивизии нашей египетской армии, занимавшей город Розетту, нашел в августе 1799 г. во время земляных работ, производившихся в древнем форте, черный гранитный камень прямоугольной формы, на хорошо отполированной поверхности которого были видны три надписи, выполненные тремя различными системами письма. Верхняя надпись... начертана иероглифическим письмом; средний текст дан египетской скорописью, а третью и последнюю часть камня занимает надпись, составленная на греческом языке и выполненная греческими буквами».

Открытие розеттского камня позволило Шампольону расшифровать египетскую иероглифическую письменность. Очевидно, если бы мы располагали знанием нуклеотидного текста, т. е. первичной структуры данного гена, и знанием аминокислотного текста белка — последовательности аминокислотных остатков в цепи белка, синтезируемой под действием именно этого гена, расшифровка генетического кода не составила бы особого труда. Но розеттский камень молекулярной биологии еще не найден — пока не удалось установить последовательность нуклеотидов ни в одном образце ДНК.

Другая возможность теоретической расшифровки существовала бы, если на информацию, содержащуюся в белковом тексте, были бы наложены ограничения, определяемые корреляцией между буквами. Так, в русском языке гласные чаще следуют за согласными, чем друг за другом. Было предложено несколько моделей перекрывающихся кодов, в которых нуклеотиды соседних троек кодируют две аминокислоты. Напри-

мер, если в нуклеотидной последовательности... АГЦТ... сочетание АГЦ кодирует аминокислоту A_1 , а ГЦТ — аминокислоту A_2 , то код является перекрывающимся и за A_1 может следовать не любая A_2 , а лишь некоторые, вполне определенные¹. Такая возможность, постулированная американским физиком Г. Гамовым, однако, не реализуется. В первичных структурах белков практически нет никаких закономерных корреляций между соседними аминокислотами: за данной аминокислотой в разных белках следуют совершенно различные аминокислоты. Расшифровка кода по методу, примененному Шерлоком Холмсом в рассказе «Пляшущие человечки», оказывается поэтому невозможной.

Некоторая косвенная информация о кодовом словаре была получена в результате изучения направленных химических воздействий на ДНК бактериофагов. Однако установить словарь удалось лишь в ходе прямых экспериментальных исследований на модельных системах. Этому предшествовала работа английского ученого Ф. Крика с сотрудниками в 1961 г. При изучении мутантов фага Т4 было доказано, что число нуклеотидов в кодоне, т. е. в последовательности, кодирующей одну аминокислоту, действительно равно трем или кратно трем. Для того чтобы понять метод раскрытия кода, необходимо ознакомиться с тем, как синтезируется белок на матрице ДНК.

Молекулы ДНК в хромосомах образуют двойные спирали, свитые из двух полинуклеотидных цепей, точно дополняющих друг друга: А одной цепи всегда соединен с Т другой, а Г с Ц. Эти соединения осуществляются посредством водородных связей. Следовательно, если одна цепь имеет последовательность АГЦТГ..., то вторая — ТЦГАЦ... На одной из них синтезируется цепь так называемой матричной, или информационной, рибонуклеиновой кислоты — м-РНК. РНК отличается от ДНК строением углеводной группы — рибоза вместо дезоксирибозы (рибозы без одного кислородного атома) — и тем, что вместо тимина (Т) в РНК фигурирует другое азотистое основание — урацил (У).

Синтез белка происходит таким образом. Длинная молекула м-РНК присоединяется к рибосомам — внутриклеточным структурам, хорошо наблюдаемым с помощью электронного микроскопа. В результате образуются полисома — система, подобная нитке бус. Бусинки — рибосомы — нанизаны на нить м-РНК, которая является матрицей для белкового синтеза.

Любая аминокислота присоединяется с помощью специфического для нее фермента, именуемого аминоацил-т-РНК-синтетазой, к концу сравнительно короткой молекулы транспортной РНК, т-РНК.

В настоящее время расшифрована первичная структура до десятка различных видов т-РНК. А. А. Баев в Институте молекулярной биологии АН СССР не только установил структуру валиновой т-РНК, но и выяснил

¹ «Природа», 1962, № 7, стр. 31—36; 1964, № 2, стр. 43—52 и 1965, № 9, стр. 67—69.

¹ «Природа», 1962, № 7, стр. 31—36.

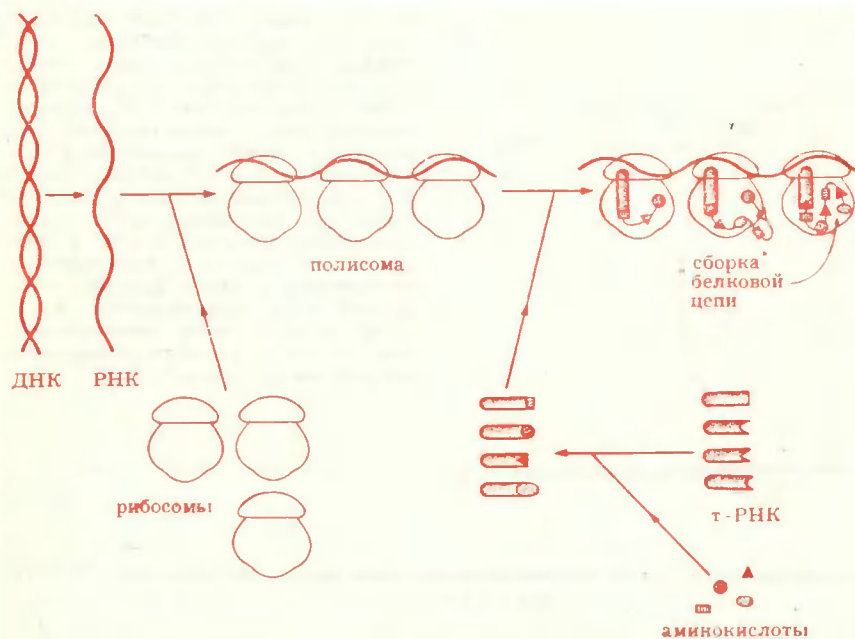


Рис. 2. Синтез белка. Длинная молекула м-РНК присоединяется к рибосомам — внутриклеточным структурам, хорошо наблюдаемым с помощью электронного микроскопа. В результате образуется полисома — система, подобная нитке бус. Бусинки — рибосомы — нанизаны на нить м-РНК, которая является матрицей для белкового синтеза. Любая аминокислота присоединяется с помощью специфического для нее фермента, именуемого аминоацил-т-РНК-синтетазой, к концу сравнительно короткой молекулы транспортной РНК, т-РНК

ряд важных особенностей ее взаимодействия с ферментом. Каждой аминокислоте соответствует одна или несколько специфических т-РНК. Транспортная РНК, несущая аминокислоту, присоединяется посредством тройки нуклеотидов, антикодона, к кодону м-РНК, причем это присоединение происходит на рибосоме. Следующая т-РНК с аминокислотой присоединяется к следующему кодону. Аминокислоты объединяются, растет белковая цепь, а рибосома перемещается вдоль цепи м-РНК, читая нуклеотидный текст кодон за кодоном. В конечном счете рибосома сходит с м-РНК, белковая цепь отделяется и уходит в цитоплазму. На каждой рибосоме растет своя белковая цепь, но цепи, синтезируемые данной полисомой, тождественны.

В 1961 г. на V Международном биохимическом конгрессе в Москве М. Ниренберг впервые рассказал о найденном им красивом методе расшифровки кода.

В бесклеточную систему, без ДНК и м-РНК, но содержащую рибосомы, весь набор т-РНК и ферментов — аминоацил-т-РНК-синтетаз, вводились синтетические полирибонуклеотиды (начиная с поли-У, т. е. цепи УУУУ...) и различные аминокислоты, меченные радиоактивными атомами C^{14} . Затем устанавливалось включение метки в синтезируемый аналог белковой цепи — полиаминокислоту, образующуюся при наличии надлежащего кодона. Так, оказалось, что поли-У обеспечивает включение в цепь фенилаланина. Это означает, что кодон УУУ кодирует фенилаланин. В такой системе природа «обманута» — вместо м-РНК в качестве матрицы работает синтетический полинуклеотид.

В дальнейшем две группы исследователей, возглавляемых соответственно М. Ниренбергом и С. Очоа (США), испытали множество различных полинуклеотидов смешанного состава с различным содержанием У и А и т. д. Последовательность нуклеотидов в таких сополимерах неизвестна, но можно легко определить относительную вероятность появления тех или иных триплетов — кодонов. Например, полимер УЦ, содержащий У и Ц в пропорции 3:1, характеризуется относительными вероятностями триплетов:

$$\begin{aligned} \text{УУЦ (или УЦУ или ЦУУ)} : \text{УУУ} &= 1/3 \\ \text{УЦЦ (или ЦУЦ или ЦЦУ)} : \text{УУУ} &= 1/9 \\ \text{ЦЦЦ} : \text{УУУ} &= 1/27 \end{aligned}$$

Если процент включившейся в белок аминокислоты соответствовал вероятности появления какого-то из триплетов в РНК, то это указывало на соответствие кодона данной аминокислоте. Таким образом был определен состав кодонов, но не последовательность нуклеотидов в них.

В 1965 г. Ниренберг заменил в своих опытах полинуклеотиды тройками нуклеотидов с известной последовательностью. Такой пример обеспечивает присоединение определенной т-РНК, но димер этой способностью не обладает. Эти опыты подтвердили триплетный характер кода и установили последовательность нуклеотидов в кодоне¹. В дальнейшем Г. Корана (США) синтезировал большой набор более длинных олионуклеотидов с известной последовательностью оснований и применил их в качестве заместителей м-РНК.

¹ «Природа», 1965, № 9, стр. 67—69.

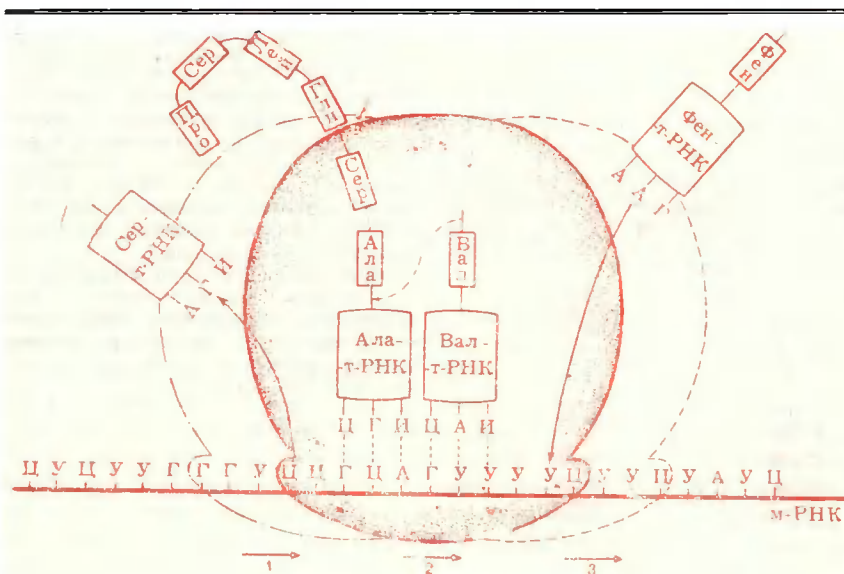


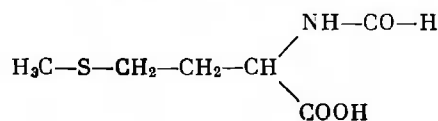
Рис. 3. Схема включения аминокислоты в растущую белковую цепь. Каждой аминокислоте соответствует одна или несколько специфических т-РНК. Транспортная РНК, несущая аминокислоту, присоединяется посредством тройки нуклеотидов, антикодона, к кодону м-РНК, причем это присоединение происходит на рибосоме. Следующая т-РНК с аминокислотой присоединяется к следующему кодону. Аминокислоты объединяются, растет белковая цепь, а рибосома перемещается вдоль цепи м-РНК, читая нуклеотидный текст кодон за кодоном (обозначены на рисунке цифрами 1, 2, 3)

В результате всех этих тонких исследований был получен полный кодовый словарь.

Рассмотрим основные особенности генетического кода и сформулируем проблемы, связанные с ним.

Прежде всего отметим, что код обладает высокой степенью универсальности. Одни и те же кодоны зачастую стимулируют включение соответствующих аминокислот в белковую цепь в бесклеточных системах, полученных из клеток самых различных организмов — от бактерий до млекопитающих. В то же время существует и определенная специфичность. Кодоны — синонимы, кодирующие одну и ту же аминокислоту, — обладают различной активностью в разных организмах. Так, УГГ сильно стимулирует включение Сер в клетках кишечной палочки *Escherichia coli*, а АГУ и АГЦ — слабо. Напротив, в клетках амфибии *Xenopus Laevis* АГУ и АГЦ более активны, чем УГГ (данные М. Ниренберга и сотрудников, 1966 г.).

Мы упомянули о синонимах. Код вырожден, т. е. данная аминокислота кодируется различным числом кодонов, варьирующим от 1 (Мет, Трип) до 6 (Арг, Лей, Сер). Смысл происхождения различных степеней вырождения пока не вполне ясен, но об этом дальше. Кодоны ГУГ и АУГ иницирующие. Начинается синтез белковой цепи с аминокислоты формилметионина:



В природных белках формилметионин не содержится. Спрашивается, куда он девается?

Установлено, что этот остаток фигурирует на концах цепей, синтезируемых в бесклеточных системах, но не *in vivo*. Так, на собственных матрицах *E. coli* в бесклеточной системе обнаруживаются на N-концах белковых цепей формилмет-Ала, формилметионин-Сер, но не формилметионин-метионин. Природные белки *E. coli* имеют на N-концах (аминных) обычно Мет Ала Сер. Отсюда следует, что в живой системе работают два фермента. Один из них отщепляет формилметионин от остальной цепи, другой — формильную группу от метионина. Почему именно формилметионин играет такую специальную роль — остается пока непонятным.

Установление генетического словаря завершило важный этап развития молекулярной биологии. Однако этим проблема генетического кода не исчерпывается.

Прежде всего, нужно установить, является ли словарь абсолютно случайным или в нем имеются некоторые закономерные особенности. В связи с этим возникает вопрос об эволюционном происхождении кода, работающего, по оценке Ниренберга, уже $5 \cdot 10^8$ лет. Всегда ли был код таким, каков он в настоящее время?

Как связана проблема кода и кодовый словарь с решением наиболее актуальных задач современного этапа молекулярной биологии, относящихся к регуляции белкового синтеза? Каждая клетка организма содержит полный запас генетической информации, тождественный заложенному в исходной зародышевой клетке — зиготе. Из зиготы возникает весь организм. Напротив, соматическая (неполовая) клетка выполняет свою специализированную функцию. Это значит, что в разных клетках одного и того же организма синтезируются и действуют разные белки. Иными словами, имеются да-

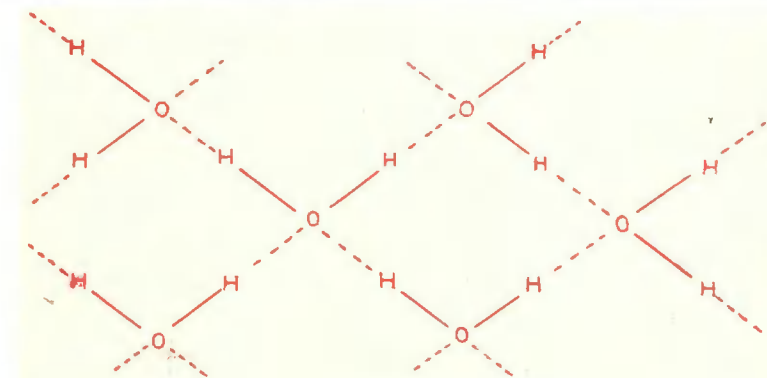


Рис. 4. Молекулы воды соединяются друг с другом водородными связями. Это происходит таким образом. Атомы Н одной молекулы взаимодействуют с атомами О соседних молекул. Вследствие этого между молекулами воды возникает достаточно сильная связь. Каждая молекула может взаимодействовать с четырьмя соседними

леко идущие различия в функционировании набора генов в разных клетках. Один и тот же ген в разных клетках и на разных стадиях их развития может быть заблокирован, неактивен или, наоборот, активен. При развитии эмбрионов в ходе специализации (дифференциации) клеток реализуются сложные процессы регуляции, выяснение которых только начато.

Располагая знанием общей схемы белкового синтеза, мы не понимаем еще ряда его деталей, связанных со структурой и функционированием т-РНК, ферментов, рибосом.

Наконец, различные физико-химические воздействия (например, введение антибиотиков) оказывают существенное влияние на прочтение кодового текста на всех уровнях передачи информации от ДНК к белку — при синтезе м-РНК на ДНК, при синтезе белка на рибосомах по коду м-РНК. Изучение соответствующих процессов весьма важно как для выяснения деталей биосинтеза белка, так и для понимания сущности различных болезней, «возникающих» первоначально на уровне молекул.

Дальнейшее изложение посвящено, главным образом, вопросу о внутренних закономерностях кода и об их физическом смысле.

Вода и белки

Так называемая целесообразность биологических явлений есть результат действия естественного отбора на уровне организмов, что, разумеется, приводит к отбору на молекулярном, биохимическом уровне. Ведь как мы уже говорили, макроскопические, видимые и важные для жизни организма его особенности в конечном счете представляют собой проявление совокупности протекающих в нем биохимических процессов, а следовательно, и строения молекул (прежде всего ДНК),

входящих в его состав. Роль генов сводится к синтезу белков — основных биологических полимеров, ответственных за жизнедеятельность организмов. Функционирование белка, определяемое его первичной структурой — аминокислотным текстом — непосредственно зависит от его пространственного строения. Эта пространственная структура весьма сложна и установлена с достаточными подробностями лишь в немногих случаях в результате рентгенографических исследований. В качестве примера можно привести рибонуклеазу¹.

Кодируя первичную структуру белка, ДНК кодирует тем самым его пространственное строение и биологическую функцию. Смысл кода следует искать, исходя из этого основного положения.

Белки функционируют в водном окружении — либо в растворе, либо в форме надмолекулярных структур, также окруженных водой — главным компонентом клетки. Нельзя понять физико-химические и биологические свойства белка, не учитывая водного окружения.

Свойства воды особые. Молекулы H_2O соединяются друг с другом водородными связями.

Атомы Н данной молекулы H_2O взаимодействуют с атомами О соседних молекул. Вследствие этого между молекулами воды возникает достаточно сильная связь. Каждая молекула воды может взаимодействовать с четырьмя соседними.

Такое строение воды объясняет свойства ее как растворителя. В воде хорошо растворяются вещества, молекулы которых полярны (в них электроны распределены неравномерно) или способны образовывать водородные связи с молекулами H_2O . Это вещества, содержащие группы —ОН, —NH₂ и т. д. Напротив, неполяр-

¹ «Природа», 1967, № 10, стр. 77—82.

х \ у	А	Ц	Г	У	Z	
А	Аспн	Тре	Сер	Илей	У Ц	Р _у
	Лиз		Арг	Мет	А Г	Р _и
Ц	Гис	Про	Арг	Лей	У Ц	Р _у
	Глюн				А Г	Р _и
Г	Асп	Ала	Гли	Вал	У Ц	Р _у
	Глю				А Г	Р _и
У	Тир	Сер	Цис	Фен	У Ц	Р _у
	Охра Янтарь		? Трип	Лей	А Г	Р _и

Рис. 5. Ключевая таблица генетического кода

ные, углеводородные группы — CH_3 , — C_6H_5 и т. д. гидрофобны, «враждебны» воде, их наличие в молекуле препятствует растворению вещества. Термодинамические исследования показали, что гидрофобность — эффект энтропийный. Иными словами, при введении в воду углеводорода понижается энтропия воды, т. е. возрастает ее упорядоченность в ближайшем окружении молекулы углеводорода.

Свободная энергия системы, в которой неполярные группы контактируют с водой, выше, чем системы, в которой они контактируют друг с другом. Поэтому углеводородные группы лучше контактируют друг с другом, чем с водой. Вода «выталкивает» углеводород в результате неспецифических гидрофобных взаимодействий.

Пространственная структура белка в значительной мере создана гидрофобными взаимодействиями. 20 аминокислотных остатков можно разбить на две группы. Грубо говоря, 10 остатков полярны, гидрофильны (Арг, Асп, Асп, Гис, Глю, Глюн, Лиз, Сер, Тир, Тре); 10 — неполярны, гидрофобны (Ала, Вал, Гли, Илей, Лей, Мет, Про, Три, Фен, Цис). Впрочем, Тир обнаруживает и гидрофобные свойства.

Можно думать, что белковая цепь в воде свертывается таким образом, чтобы максимально уменьшить контакты неполярных групп с водой. Гидрофобные остатки должны располагаться внутри белковой молекулы — глобулы (клубка), а гидрофильные — на ее поверхности, соприкасающейся с водой. Так оно и оказалось. Это положение подтверждено рентгенографическими исследованиями ряда белков — миоглобина, гемоглобина, лизоцима, коллагена. В 1964 г. Г. Фишер показал, что общий характер пространственной структуры многих белков действительно определяется отношением числа

полярных групп к числу неполярных. Если последних как раз достаточно, чтобы защитить неполярные группы от воды, глобула приобретает форму, близкую к сферической. Если полярных остатков больше, то глобула вытягивается и в пределе получается фибриллярный белок (от слова «фибрилла» — ниточка). Если полярных групп недостаточно, чтобы закрыть неполярные, — глобулы белка слипаются, образуя комплексы.

Отсюда следует важный вывод. Очевидно, что мутации, в результате которых полярные аминокислоты замещаются на неполярные, должны сильнее изменять структуру и функцию белка, чем мутации, при которых аминокислота не попадает в другую группу. Следовательно, мутации первого типа (назовем их «неправильными») должны быть более опасны, чем «правильные» мутации второго типа.

Этот вывод удалось проверить и подтвердить. Действительно, мутанты второго типа встречаются много чаще, чем мутанты первого типа. Так, среди известных мутантных гемоглобинов человека 73% приходится на «правильные» мутации. Изменения гомологичных белков (гемоглобин, цитохром с) при переходе от одного вида к другому также совершаются главным образом путем правильных мутационных замещений.

Возможны два объяснения такой ситуации. Может быть, мутации обоих типов одинаково вероятны, но неправильные мутации чаще оказываются летальными — соответствующие организмы не выживают и наука с ними не встречается. С другой стороны, может быть, сам генетический код устроен таким образом, что неправильные мутации менее вероятны.

«Смысл» кодового словаря

Обозначим три последовательных нуклеотида в кодоне ху₂. Кодон — «слово», состоящее из «префикса» х,

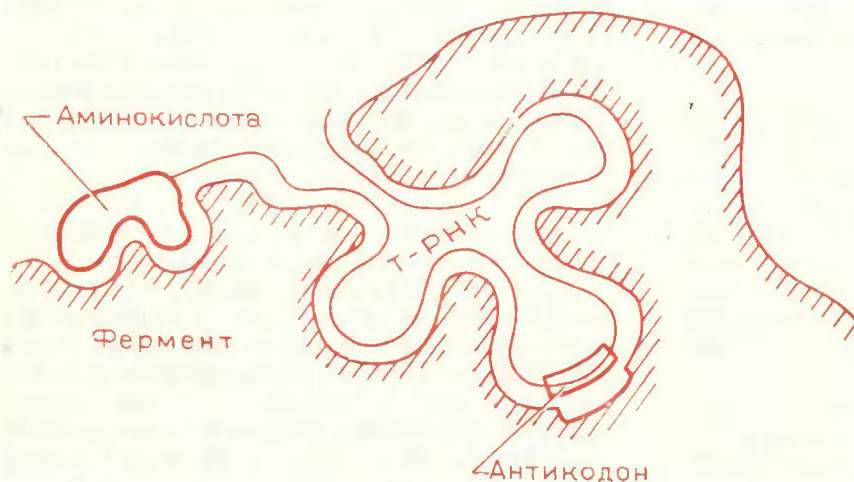
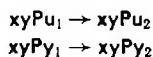
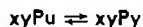


Рис. 6. Умозрительная схема взаимодействия фермента с активированной аминокислотой и соответствующей т-РНК. Фермент имеет два активных «узнающих» участка. Один из них «узнает» аминокислоту, второй — антикодон

«корня» у и «флексии» z. Ю. Б. Румер одним из первых обратил внимание на то, что замещение z в кодоне хуз при неизменных x и y: $ху z_1 \rightarrow ху z_2$ в большинстве случаев не меняет кодируемую аминокислоту. 16 дублетов ху разбиваются на две группы по 8 дублетов. В первой группе кодируемая аминокислота вообще не зависит от флексии z, во второй группе (за одним исключением для Илей) характер аминокислоты зависит от того, содержит ли z пуриновое Р_и (А и Г) или пиримидиновое Р_у (У и Ц) основание. Замещения

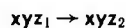


не меняют кодируемую аминокислоту (за исключением АУА $\rightarrow$ АУГ, Илей $\rightarrow$ Met), в то время как замещения



меняют ее в половине случаев.

Еще более существенно то обстоятельство, что замена



никогда не меняет класса аминокислоты — полярная заменяется на полярную, неполярная на неполярную и, как уже сказано, в половине случаев вообще не происходит замены. Следовательно, с точки зрения полярности аминокислот, можно вместо рассмотрения 64 триплетов хуз рассматривать 16 дублетов ху (флексия z здесь роли не играет). Ключевая таблица кода приведена на рис. 5. Она не требует особых пояснений. Полярные аминокислоты обозначены красным цветом, неполярные — синим. Мы видим, что полярные и неполярные остатки располагаются в разных областях таблицы. Если у = А, то аминокислотный остаток всегда полярный, если у = У — неполярный.

Теперь мы можем рассмотреть точечные мутации. Всего существует $64 \times 3 \times 3 = 576$ однократных замеще-

ний в 64 кодонах. Ни одно из 192 замещений флексии z не приводит к переходам $п \rightleftharpoons н$ (п — полярная аминокислота, н — неполярная). 114 замещений префикса x отвечают переходам $п \rightarrow п$ и $н \rightarrow н$ и 60 замещений — переходам $п \rightleftharpoons н$. Остальные 18 замещений связаны с «бессмысленными» кодонами УАА, УАГ, УГА. Наиболее опасны для структуры белка мутации в корне у. 102 из них относятся к переходам $п \rightleftharpoons н$ и лишь 74 к переходам $п \rightarrow п$, $н \rightarrow н$. В целом 364 из 526 замещений (576 минус 50 переходов с участием бессмысленных кодонов), т. е. более чем $\frac{2}{3}$, не переводят аминокислоту из одного класса в другой, отвечая, таким образом, правильным мутациям. В этом смысле код обладает высокой помехоустойчивостью. В самом деле, если бы все мутационные замещения аминокислотных остатков в белке были генетически равновероятны, то отношение числа правильных к числу неправильных замещений составляло бы не 2,25, а 0,9 (имеется 10п- и 10н-остатков), данный остаток может быть замещен на 9 остатков того же класса и 10 — другого.

Таким образом, имеется определенная осмысленная корреляция между аминокислотными остатками и кодонами. Эта корреляция обеспечивает высокую помехоустойчивость кода, благодаря которой «неправильные» мутации вдвое менее вероятны, чем «правильные».

Примечательно, что это удалось выяснить, исходя из явлений, на первый взгляд, не имеющих никакого отношения к проблеме, — из гидрофобных взаимодействий, определяемых структурой воды. Мы видим, что логика физических рассуждений позволила раскрыть «смысл» генетического кода.

Независимо от изложенной работы, принадлежащей автору этих строк, Ч. Вёзе (США) и С. Пелк (Англия)

также обратили внимание на закономерную корреляцию между аминокислотами и кодонами. Однако в их работах физический смысл и помехоустойчивость кода не рассматривались.

Каким же образом реализуется эта закономерность? Что означает регулярное соответствие кодона аминокислоте? Как сказано ранее, аминокислота включается в растущую белковую цепь с помощью т-РНК. Аминокислота присоединена к т-РНК, молекула которой содержит определенный антикодон. В белковом синтезе фигурируют, таким образом, два соответствия — соответствие аминокислоты антикодону и соответствие антикодона т-РНК кодону м-РНК. Начнем с последнего.

Азотистые основания антикодона соединяются водородными связями с комплементарными основаниями кодона. Казалось бы, что это соответствие антикодон — кодон должно иметь автоматический характер, т. е. А, Г, У, Ц антикодона должны соединяться соответственно с У, Ц, А, Г кодона. Однако, во-первых, антикодоны содержат в изученных случаях минорный (реже встречающийся) нуклеотид И — инозин. Во-вторых, экспериментально установлено, что одна и та же т-РНК узнает не один кодон, а несколько кодонов-синонимов, соединяется с ними своим антикодомом. Таким образом, вырождение кода относится к кодонам. Но, с другой стороны, установлено, что в ряде случаев одной и той же аминокислоте соответствует несколько различных т-РНК, по-видимому, с различными антикодонами.

Как уже сказано, вырождение кодонов главным образом относится к третьему нуклеотиду з. Ф. Крик предложил в 1966 г. гипотезу «виляний» (wobbles) при спаривании третьего нуклеотида. В то время как спаривание ху имеет стандартный характер, третий нуклеотид спаривается неоднозначно. Анализ возможных структур образующихся пар приводит к результатам, суммированным в таблице.

Нуклеотид антикодона	Нуклеотиды кодона, соединяющиеся с этим нуклеотидом антикодона
У	{ А Г
Ц	{ У А
А	{ У Ц
Г	{ Ц А
И	{ Ц А

Эти результаты подтверждаются опытом. Таким образом, неоднозначность имеет структурное объяснение. Инозин на третьем месте антикодона особенно полифункционален.

Корреляцию аминокислот с антикодонами пытались объяснить их прямыми структурными соответствиями, которые удалось в ряде случаев продемонстрировать

на пространственных моделях (С. Пелк). Однако хорошо известно, что место присоединения аминокислоты к т-РНК удалено от антикодона, и такая модель означала бы отказ от всей схемы функционирования т-РНК в белковом синтезе. Между тем эта схема подтверждается множеством фактов. Есть веские основания считать, что найденные модельные соответствия случайны и не имеют отношения к проблеме.

Причину соответствия следует искать в особенностях структуры и действия фермента — аминоацил-т-РНК-синтетазы, обеспечивающего «зарядку» данной т-РНК, несущей определенный антикодон, специфичной для него аминокислотой. Естественное объяснение состоит в том, что фермент имеет два активных «узнающих» участка — один «узнает» аминокислоту, второй — антикодон т-РНК. Современной биохимии хорошо известны так называемые аллостерические ферменты, имеющие активные центры по отношению к разным молекулам, взаимодействующие друг с другом. Однако, по-видимому, ситуация еще более сложна. Различные т-РНК не только характеризуются разными антикодонами, но вообще различаются своей первичной структурой. Следовательно, фермент чувствителен к структуре т-РНК в целом, что доказано и прямыми опытами А. А. Баева. Как это показал Д. Фреско (США), т-РНК имеет специфическую пространственную структуру. Для понимания обсуждаемого соответствия необходимо изучить строение и ферментов и молекул т-РНК. И о том и о другом мы пока мало знаем.



Несомненно, что современный код является результатом длительной биохимической эволюции. В ходе этой эволюции и должен был возникнуть аппарат клетки, трансформирующий нуклеотидный текст ДНК и м-РНК в белковый текст.

Можно думать, что современный код — результат селективного давления естественного отбора, уменьшающего вредный эффект мутаций. Первоначальный аппарат, синтезирующий белок, был, вероятно, в основном подобен нынешнему, но более примитивен. В дальнейшем шел отбор на помехоустойчивость кода, в процессе которого фиксировались и 20 аминокислот, входящие в состав белков, и кодоны, и антикодоны. Ретроспективное восстановление архаического кода по современным данным вряд ли возможно. Однако некоторые предположения можно высказать.

Второстепенная роль третьего нуклеотида кодона заставляет думать, что архаический код был дублетным. Соответственно, число различных аминокислот в белках не превышало 16 или же код был весьма неоднозначен (одному кодону могло соответствовать несколько аминокислот). С другой стороны, по мнению Л. Оргела (США), когда-то нуклеиновые кислоты содержали менее четырех нуклеотидов, может быть лишь А и полифункциональный И. В первичных клетках

происходило множество ошибок синтеза, которые трудно даже назвать мутациями. Из таких клеток еще не могли развиваться виды, но они давали богатый материал для отбора. Видообразование могло начаться лишь вследствие формирования механизма кодирования, механизма синтеза белка, близкого к современному. Само возникновение многоклеточного организма требует сложной регуляции действия генов. Современная кодирующая система клетки такую регуляцию обеспечивает.

Но как бы ни происходила эволюция кода, можно с уверенностью утверждать, что он развивался на основе важнейшего принципа молекулярной биологии — принципа химической сигнализации. Живые организмы, существующие на Земле, представляют собой упорядоченные и самовоспроизводящиеся кибернетические системы. Работа такой системы производится в результате передачи сигналов — потоков информации от управляющих подсистем (частей системы) к управляемым, при наличии надлежащей обратной связи. Живой организм отличается от ныне действующих машин прежде всего природой сигналов. Жизнь на Земле основана на химической сигнализации, переносчиком информации является молекула, и рецепция (узнавание) сигнала есть рецепция молекулярной структуры. Передача информации кодирующей системой клетки происходит путем молекулярных, структурных соответствий, а именно:

- 1 — соответствия структуры м-РНК структуре цепи ДНК,
- 2 — соответствия структуры т-РНК структуре аминокислоты, обеспечиваемого структурой фермента — синтетазы,
- 3 — соответствия антикодона т-РНК кодону м-РНК,
- 4 — структурных соответствий рибосомы, м-РНК и аминоацил-т-РНК.

Регуляция процессов синтеза м-РНК на ДНК и синтеза белка на полисомах имеет многосторонний характер. Исследования в этой области особенно актуальны. Применительно к проблеме кода они связаны, в частности, с необходимостью выяснить, с какого места и почему читается текст ДНК. Открытие иницирующих кодонов АУГ, ГУГ — важный шаг на пути к установлению механизма регуляции.

Многообразие т-РНК, ответственных за включение одной и той же аминокислоты, и их различная функциональность в разных организмах также имеют регуляторное значение. В связи с этим нужно подчеркнуть, что во всех упомянутых в этой статье исследованиях, позволивших установить кодовый словарь, дело сводилось к констатации качественных или полуколичественных соотношений между синтезирующими и синтезируемыми соединениями. Для подлинного понимания молекулярно-генетических процессов необходимо выяснить, как они развиваются во времени. Регуляция работы генов, ответственная за дифференциацию клеток, означает не просто наличие или отсутствие синтеза

того или иного белка, но синтез его с определенной скоростью. Кинетика биосинтеза — одна из важнейших проблем молекулярной биологии.

С этими проблемами тесно связано изучение нарушений кодирования, вызываемых антибиотиками, фагами, заражающими клетки, и т. д. Код действует в живой системе, находящейся в определенных условиях. Их изменение влечет за собой ряд последствий, пока еще недостаточно изученных.

Следующий этап развития молекулярной биологии, развития, исходящего из установленного генетического кода, обещает великие открытия. Наука приближается к решению основных проблем жизни, к решению задач, важнейших для человечества. Достаточно сказать, что этот путь ведет к спасению людей от злокачественных опухолей. Естественно, что исследованиям в области молекулярной биологии уделяется все больше внимания во многих странах, в том числе и в Советском Союзе.

Глубинные разломы Земли

А. И. Суворов
Доктор геолого-минералогических наук



Анатолий Иванович Суворов, старший научный сотрудник Геологического института АН СССР. Много лет занимается изучением глыбовых структур земной коры и глубинных разломов. На материале экспедиций во многих районах Казахстана, на Тянь-Шане, Памиро-Алае, в Приморье разработал концепцию эволюции глубинных разломов и показал их значение в процессах формирования земной коры. Автор многих научных работ в этой области.

Изучение глубинных разломов — новое научное направление в геологии, оформившееся всего лишь 20—25 лет назад. Оно помогает понять многие особенности строения и развития земной коры, в том числе наиболее глубоких ее горизонтов, вплоть до верхней мантии, о которых сейчас известно пока еще очень немного.

Глубинные разломы — одно из уникальных природных геологических явлений. Они прослеживаются по поверхности Земли на огромные расстояния и глубоко проникают в ее недра. В определенные этапы развития земной коры глубинные разломы служат путями проникновения расплавленных горных пород и гидротермальных растворов на поверхность Земли. Они же являются теми гигантскими поверхностями, вдоль которых крупнейшие глыбы коры и мантии Земли перемещаются относительно друг друга. Велика роль изучения глубинных разломов и в познании закономерностей размещения в земной коре ряда полезных ископаемых.

Немного истории

Судьба представлений о разломах интересна и поучительна. Первые сведения о них мы находим в работах конца XIX — начала XX вв. Еще в 1883—1894 гг. известный русский геолог А. П. Карпинский указывал на широкое развитие разрывных дислокаций в гранито-гнейсовом фундаменте территории Европейской России. Акад. В. А. Обручев установил серию разломов в Средней и Центральной Азии, а также в Сибири. В ряде работ он дал им развернутую характеристику и указал основные признаки, отметив место и время их проявления в геологическом развитии отдельных районов. В 1911 г. американский геолог У. Хоббс высказал предположение о единстве этих нарушений на всей Земле. Он считал, что главные черты рельефа земной поверхности и структура земной коры обусловлены сеткой правильно расположенных разломов.

Казалось бы, после всех этих авторитетных высказываний должно было начаться повсеместное выявление разломов. Однако этого не произошло. Первые успехи в их изучении не нашли благоприятного отклика в широких геологических кругах, и вплоть до конца 30-х гг. в литературе появлялись лишь отдельные описания, посвященные этой проблеме (В. А. Обручев, Н. Г. Кассин, а за рубежом Джильберт, Вер Уиб, Г. Клоос, Р. Швиннер, Р. Зондер и др.). Многие исследователи вообще отрицали возможность существования в земной коре крупных разломов, считая, что ведущая роль в ее развитии принадлежит деформациям изгиба. В нашей стране 30-е годы — время наибольших сомнений в реальности существования и целесообразности изучения разломов.

Отношение к проблеме резко изменилось в конце 40-х и, особенно, в 50-е годы, после нескольких статей советского ученого акад. А. В. Пейве, который впервые с наибольшей полнотой вскрыл геологическую сущность этих феноменальных тектонических элементов.



Глубинные разломы Украины (по С. И. Субботину и др., 1966 г.). Подошва земной коры и другие геологические границы до глубины 50 км расчленены системой почти вертикальных разломов на изогнутые ступени; к одному из разломов приурочены очаги зем-

летрясений. 1 — осадочный слой; 2 — гранитный слой; 3 — метаморфические породы; 4 — базальтовый слой; 5 — глубинные разломы; 6 — поверхность Мохоровичича; 7 — граничная скорость сейсмических волн (км/сек); 8 — очаги землетрясений

Для обозначения самых больших разломов А. В. Пейве в 1945 г. предложил термин «глубинные разломы», под которыми он понимал дизъюнктивные поверхности или узкие зоны между подвижными сегментами земной коры, характеризующиеся длительностью и многофазностью развития (в течение нескольких периодов или даже эр), большим пространственным протяжением (сотни и первые тысячи километров), большой глубиной заложения (десятки и первые сотни километров) и определенной связью с формациями горных пород. Эти работы послужили толчком к массовому выявлению всевозможных разломных структур. В последние два десятилетия глубинные разломы в огромном количестве обнаружены на территории СССР и за рубежом — в странах Европы, Азии, Северной и Южной Америки, Африки, в Австралии, а также в Антарктиде и на дне морей и океанов. Они свойственны буквально всем геологическим структурам — складчатым геосинклинальным системам, древним и молодым платформам, предгорным прогибам, островным дугам и т. д. Это послужило прочным основанием для вывода о планетарном распространении глубинных разломов. Теперь глубинным разломам посвящено множество публикаций и специалисты всего ряда направлений геологической науки в своих трудах объясняют наличием глубинных разломов многие факты и закономерности. Более того, ряд исследователей полагает, что без представлений о глубинных разломах невозможно создать современную теорию строения и формирования земной коры.

Что мы уже знаем

Глубинные разломы обычно выражены в виде зон сгущения всевозможных, слепых и зияющих, трещин или же зон дробления и расщепления горных пород, нередко пропитанных магматическим материалом

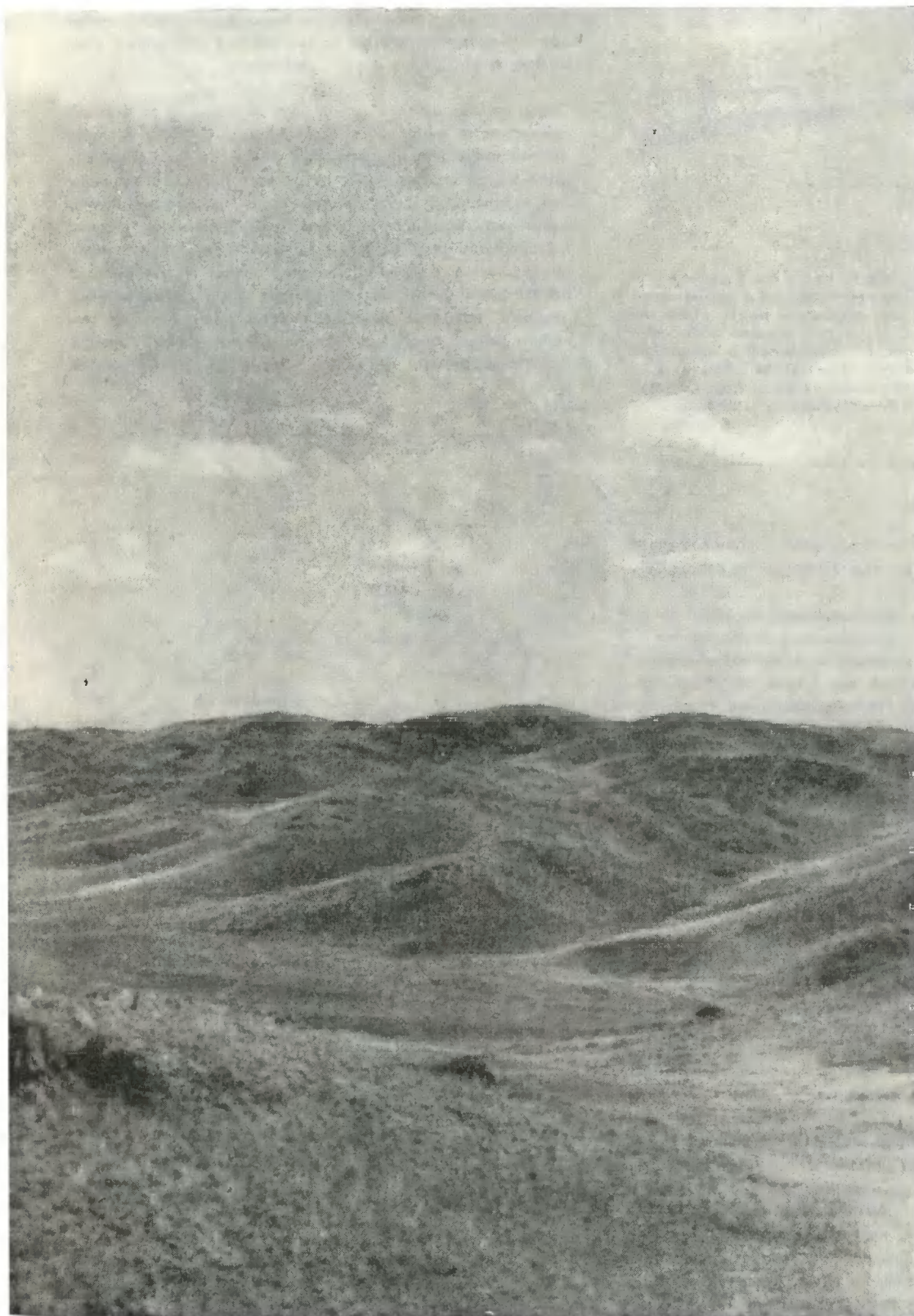
и сильно метаморфизованных. Одни из них вертикальны, другие наклонены под разными углами к земной поверхности, а некоторые, в недрах Земли, занимают горизонтальное положение. В рельефе с разломами совпадают прямолинейные или дугобразно вытянутые ущелья, овраги, седловины, обрывистые уступы; часто разломы резко отделяют гористые районы от равнинных или проходят по берегам озер и морей; к разломам нередко приурочены родники и термальные источники, а в безводных районах вдоль них вытягиваются полосы травянистой и кустарниковой растительности. Некоторые разломы сейсмичны и являются источниками землетрясений.

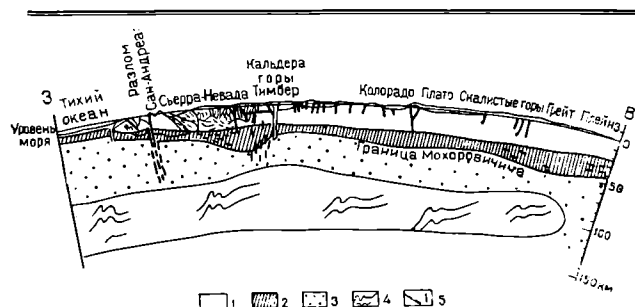
Промежутки между крупными трещинами заполнены породами, сильно смятыми в разнообразные по форме, размерам и простианию складки; здесь же довольно много изверженных горных пород. Ширина отдельных разломов составляет 1—2 км, но их зоны нередко достигают первых десятков километров. Для разломов разной величины указываются одинаковые признаки глубинности: длительное существование, связь с магматизмом и т. д. Это послужило поводом для дискуссии о том, какие же из разломов следует называть глубинными. И хотя уже были известны данные о коровых глубинных разломах небольшого масштаба, некоторые ученые предложили называть глубинными только разломы в мантии. Более правдоподобно другое мнение: нижняя граница этих структурных элементов может находиться на разных уровнях.

Глубина наиболее молодых (поздних) разломов сравнительно просто определяется геофизическими исследованиями. Глубинным сейсмическим зондированием, в частности, установлено, что одни из них пробивают всю земную кору до поверхности Мохоровичича и уходят в верхнюю мантию; другие не выходят за пределы коры, достигая только базальтового, а третьи —



Казахстанский мелкосопочник. В зоне Чингизского разлома образовалась корытообразная долина (показана стрелкой), протянувшаяся на многие десятки километров





Разломы западной части США (по Гамильтону и Пакисеру, 1965 г.). Отчетливо видны разломы разных глубинных уровней; под подошвой коры, в мантии (на глубинах около 100 км), предполагается современный магматический бассейн. 1 — осадочный и гранитный слои; 2 — базальтовый слой; 3 — мантия Земли; 4 — зона низких скоростей сейсмических волн (где образуется базальтовая магма); 5 — глубинные разломы

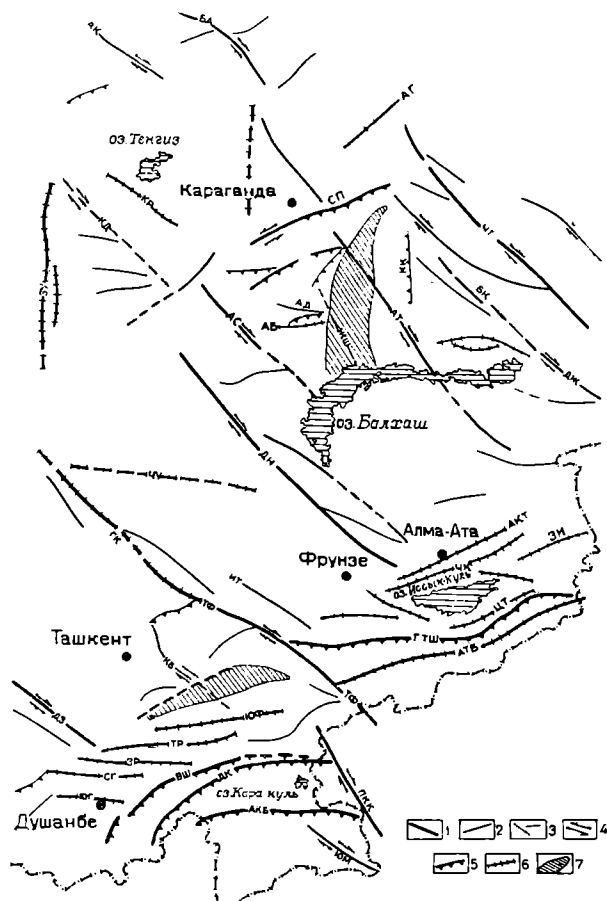
гранитного слоев. На этом основании глубинные разломы и подразделяют на три большие группы.

Сложнее обстоит дело с определением глубины древних разломов, поскольку соотношение глубоких горизонтов земной коры с разломами в их современном виде вряд ли осталось таким же, каким оно было когда-то. В этих случаях о глубине разломов судят по присутствию изверженных пород того или иного состава, сопоставляя физические свойства последних со свойствами соответствующих горизонтов коры и верхней мантии, установленных сейсмическим зондированием и другими геофизическими методами. Существует мнение, что выведенные по разломам породы ультраосновного состава происходят из верхней мантии, породы основного состава — из верхней мантии и базальтового слоя, породы кислого состава — из гранитного слоя.

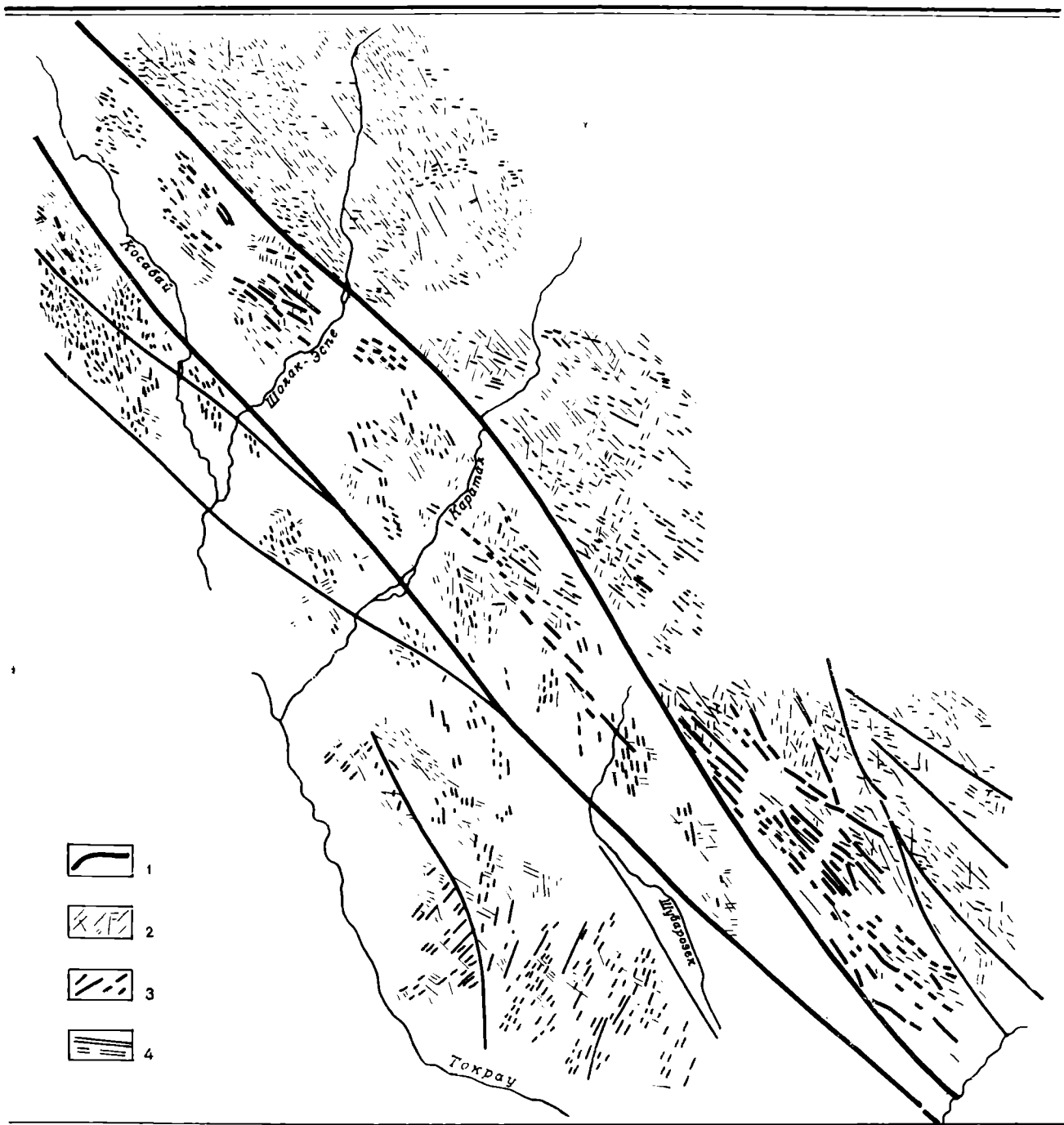
Некоторые ученые высказывали предположение, что многие разломы проникают в мантию до глубин 700—800 км и что именно с ними связано возникновение очагов глубокофокусных землетрясений. Однако эти очаги не всегда следуют вдоль конкретных дисъюнктивных поверхностей и намечают лишь очень широкие (до 200—300 км) мобильные зоны. Кроме того, сейчас известно, что на значительно меньших глубинах располагаются обширные зоны плавления и пластического течения горных пород, где разломы должны исчезать. В областях современного вулканизма такие зоны находятся в верхней мантии, на глубине порядка 100 км, а в более отдаленные этапы они неоднократно появлялись и внутри земной коры, на глубинах от 15—20 до 50 км. Нам, например, кажется более правильным считать, что глубинные разломы проникают в недра Земли не на какие-то неопределенно большие глубины, а только до кровли зон сплошного пластического те-

чения горных пород. Именно положение пластической кровли предопределило те три уровня глубинных разломов, о которых мы уже рассказали.

Одни из разломов в плане дугообразны и от земной поверхности наклонены под углами 40—60°. В виде прерывистых или непрерывных линий они прослеживаются вдоль современных островных дуг и всевозможных структурных дуг геологического прошлого. Таковы, например, новейшие разломы Курило-Камчатской дуги, мезокайнозойские разломы Памира и Гималаев, раннепалеозойские разломы западной части Центрального Казахстана и Северного Тянь-Шаня и др. Дугообразные разломы наиболее значительны по величине и в какой-то мере отражают эллипсоидную форму Земли. Другие разломы, меньшего масштаба, простираются



Глубинные разломы Казахстана и Средней Азии: 1 — первого порядка; 2 — второго порядка; 3 — третьего порядка; 4 — сдвиги; 5 — надвиги и взбросы; 6 — сбросы; 7 — зоны раздвигов. Обращает на себя внимание закономерное расположение разломов, образующих четыре главные системы — меридиональную, широтную, северо-западную и северо-восточную



Система мелких трещин в зоне глубинного разлома (Казахстан). Трещины обильны и разнообразны; они расположены в соответствии с законами механики; не-

которые из них заполнены магматическим материалом. 1 — глубинный разлом (сдвиг); 2 — трещины скалывания; 3 — трещины растяжения; 4 — жилы и дайки

прямолинейно и наклонены под углом 80—90°. Среди них преобладают:

— разломы северо-западного направления: Предкопетадский, Таласо-Ферганский, Чингизский, Восточно-Саянский (СССР), Загрос, Красного моря, Годавари (Индия), Сан-Андреас (США) и др.;

— разломы северо-восточного направления: Спасский (Центральный Казахстан), Атбашинский (Срединный Тянь-Шань), Байкальский, Саяно-Тувинский, Мархинско-Катангский (Сибирь), Монголо-Охотский, Сихотэ-Алинь, Грейт-Глен (Шотландия), Нармадинский (Индия), Дарлинг (Австралия), Альпийский разлом Новой Зеландии;

— субмеридиональные разломы: Уральские, Западно-улуатский (Казахстан), Сахалина, Мертвого моря, Восточноафриканские, морей Флорес-Сулавеси, Западно-ордосский (Китай), Атакамский (Чили), линия вулканов в США;

— субширотные разломы: Южноферганский, Гиссара, Главный Тянь-Шаньский (линия Николаева), Джагды-Тукурингский (Забайкалье), Североордосский (Китай), Мендосино (северо-восточная часть Тихого океана), Эль-Пилар (южный берег Карибского моря).

Если дугообразные разломы в качестве определенных систем окаймляют громадные сегменты Земли, например Сибирскую платформу или, в более крупном плане, восточную и южную части Азиатского материка от Трансгималаев и о-ва Суматры до Аляски, то прямолинейные разломы разбивают эти сегменты на многочисленные угловатые глыбы. В отдельных участках доминируют одно или два направления, но чаще, особенно если рассматривать большие территории, разломы основных четырех направлений встречаются совместно, как, например, в Казахстане и Средней Азии. Некоторые геологи считают, что близкие по размеру разломы одного направления располагаются на более или менее одинаковом расстоянии друг от друга. Так был сделан вывод о правильном, симметричном по отношению к оси вращения Земли, расположении прямолинейных разломов.

Каждый из крупных разломов сопровождается серией мелких, а эти в свою очередь — многочисленными трещинами со смещением и без смещений. Ориентировка дополнительных разрывов и трещин определяется уже местными причинами, одна из которых — характер глыбовых движений в данной зоне.

Многие геологи еще совсем недавно считали (а некоторые утверждают это и теперь), что движения глыб земной коры по разломам происходили только в вертикальной плоскости. Соответственно этому развитие земной коры представлялось ими в виде своеобразной клавишной игры, с перемещением вниз — вверх, а существование глыб допускалось только в строго определенных и неизменных границах. Однако это большая ошибка, которая еще до конца не исправлена в наших теоретических построениях.

Сейчас уже во многих местах, на примерах не только горных, но и равнинных территорий, твердо доказано,

что перемещения глыб земной коры были направлены как по вертикали, так и по горизонтали. Широко известны, например, горизонтальные сдвиги по крутопадающим разломам: Альпийскому в Новой Зеландии (с амплитудой, возможно, до 480 км), Сан-Андреас в Калифорнии (свыше 200 км), Грейт-Глен в Шотландии (до 107 км), Марей на дне Тихого океана (до 160 км и более). В СССР к числу сдвигов относятся разломы Таласо-Ферганский (с амплитудой около 200 км), Байдаулет-Карасорский (70 км), Чингизский (50—100 км) и другие.

Благодаря сдвигам геологические образования земной коры коленчато изгибаются, растягиваются, разрываются и начинают соприкасаться друг с другом под острыми углами. Под такими же углами они располагаются и относительно поверхностей смещения (в плане). Создаются характерные структурные рисунки. Нередко сдвиги вызывают смещения современных форм рельефа.

Не менее существенная роль в жизни земной коры принадлежит горизонтальным надвиговым перемещениям по пологонаклонным поверхностям, с перекрытием структур одного крыла разлома структурами другого. Надвиги островных дуг, наиболее глубокие, вероятно, распространяются в верхнюю мантию, на материках же они в основном находятся в пределах земной коры. Амплитуда перемещений составляет десятки и первые сотни километров: в Австрии 180, в Скандинавии 150, в Западных Карпатах 100, в Гималаях и на Памире до 80—100, в Канадских Кордильерах 65, в Неваде 70, в Центральном Казахстане 20—40 км и т. д.

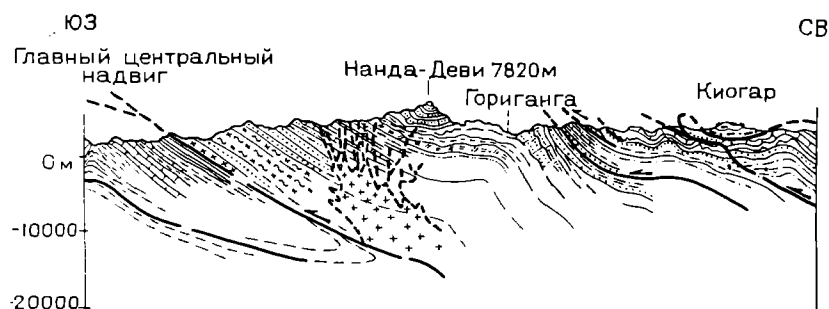
Надвиговые перемещения предопределяют многоэтажное строение земной коры и местами увеличивают ее общую мощность (например, на Памире и в Гималаях — до 70 км). На поверхности же они вызывают сближение и скучивание горных пород разного происхождения: осадочных и вулканогенных, морских и континентальных, глубоководных и мелкоководных, мощных и маломощных и т. д.

В некоторых районах сдвиги и надвиги сопровождаются раздвигами земной коры (т. е. зонами ее растяжения и растаскивания по горизонтали), на месте которых закладываются впадины. Такие структуры особенно характерны для тыловых частей крупноамплитудных надвигов и для некоторых участков сдвиговых зон. К числу раздвигов относятся, например, впадина оз. Байкал и долина Смерти в Калифорнии. Вероятно, такое же происхождение имеют Токрауская впадина в Центральном Казахстане, Венгерская впадина, некоторые впадины «окраинных» морей типа Японского, отдельные рифтовые зоны и т. п.

Раздвиги как дизъюнктивные нарушения обычно в чистом виде не сохраняются. Они либо заполняются осадочными отложениями большой мощности, либо на их



Отражение Таласо-Ферганского глубинного разлома (сдвига) в современном рельефе (по В. С. Буртману, 1964). Разлом выражен более или менее прямой трещиной, по которой русла временных потоков сдвинуты на 30 м



Геологический разрез зоны глубинного надвига в Гималаях (по А. Гансеру, 1967 г.). Надвиговая поверхность наклонена слева вниз направо, и в надвинутое крыло внедрены граниты (показаны прямыми крестиками). Ориентировочная глубина надвига около 20 км

месте создаются многочисленные вулканические постройки. Данных о раздвиговых структурах получено еще мало, и вопрос о них разработан пока недостаточно.

Одновременно с горизонтальными перемещениями или независимо от них блоки земной коры испытывают перемещения по вертикали — по так называемым сбросам и взбросам. Одни из блоков погружаются, другие, наоборот, вздымаются. Нередко поднятие одного и того же блока сменяется его опусканием, и это повторяется несколько раз. В таких случаях зона разлома становится похожей на весы.

Амплитуды вертикальных перемещений по глубинным разломам значительно меньше горизонтальных. Обычно они находятся в пределах нескольких километров, не превышая в сумме для данной зоны 10—15 км. Примеры сбросов неоднократно отмечались на Русской и Сибирской платформах, на Северном Тянь-Шане, в грабенах Рейна и Красного моря, в провинции Бассейнов и Хребтов (США) и в других местах. Участки земной коры, нарушенные сбросами, в вертикальных разрезах имеют ступенчатое строение.

Формирование земной коры

Влияние глубинных разломов на процессы формирования земной коры огромно. Движения по разломам намечают резко очерченные области размыва и накопления осадков. Разломы обуславливают проявления вулканизма и интрузивного магматизма. Вдоль них возникают всевозможные структуры дробления и изгиба горных пород. Они же разделяют зоны с разной степенью деформированности пород и их вторичных метаморфических изменений.

Роль и влияние разломов разного кинематического типа весьма неодинаковы. Например, вдоль сбросовых линий и параллельно им образуются глубокие и протяженные зоны прогибания, заполняемые осадочными отложениями. По фронту крутых надвигов возникают дугообразные в плане прогибы типа современных оке-

анических желобов. В зонах сдвигов формируется целая система из нескольких небольших и прямолинейных прогибов, которые ориентированы относительно главной сдвиговой поверхности косо, под острыми углами.

В результате длительных вертикальных глыбовых движений разного знака толща осадков в прогибах близ сбросов, оставаясь в одних и тех же границах, уже в процессе накопления приобретает неравномерно ритмичное строение, с чередованием в разрезе одинаково построенных пачек. В условиях надвиговых перемещений и напоязания зон размыва на зоны прогибания и накопления осадков последние значительно смещаются в том же направлении. Сносимый с размываемых участков обломочный материал накапливается все дальше от этих участков и на все более высоких гипсометрических уровнях, так что в конце концов пласты одного и того же фациального состава приобретают некоторый наклон под надвиговую поверхность. Нечто аналогичное происходит и в сдвиговых зонах, с той лишь разницей, что миграция здесь направлена не по нормали, перпендикулярно от разлома, а вдоль него (в одном крыле в одну сторону, в другом — в противоположную).

В связи с глубинными разломами магматизм проявляется следующим образом. Вулканические извержения наибольшее распространение получают в некоторых раздвиговых зонах, где происходит заложение широких понижений, впадин или, как говорят, вулканотектонических депрессий. Вулканические постройки здесь довольно многочисленны и в виде «волдырей» беспорядочно покрывают всю депрессионную площадь. Нередко вместе с ними обнаруживаются небольшие интрузивы — линейно вытянутые дайки, кольцевые структуры, округлые в плане штоки и т. д. По химическому и минеральному составу эти интрузивы близки излившимся лавам; обычно они представляют собой корни вулканов, отпрепарированные эрозией.

Вулканическая деятельность неоднократно вспыхивает и в зонах сбросов. Однако здесь вулканы вытягиваются

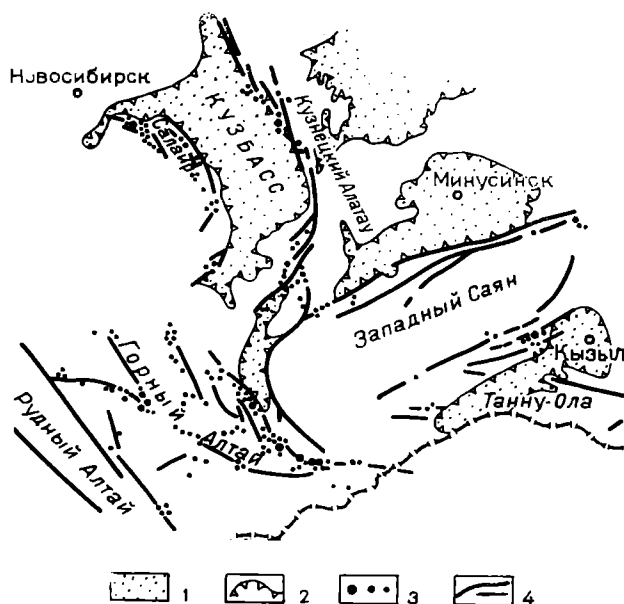


Схема пространственного размещения ртутных рудопроявлений в зонах глубинных разломов Алтай-Саянской области (по В. А. Кузнецову). Рудопроявления ртути, приуроченные к разломам, образуют скопления в виде «узлов» и линейно вытянутых зон. 1 — герцинские прогибы; 2 — их границы; 3 — рудопроявления ртути; 4 — глубинные разломы

преимущественно в виде цепочек, а продукты их извержений накапливаются непосредственно у сбросовых линий, в том и другом крыле. Наибольшей мощности вулканогенные отложения достигают в приразломных прогибах.

Для зон надвигов и ряда взбросов, формирующихся в условиях сжатия, вулканизм, как правило, не характерен. Приподнятые крылья этих разломов временами обильно интродуцируются гранитоидами и другими магматическими расплавами, застывающими не на дневной поверхности, а в недрах земной коры. Возникшие таким путем кристаллические породы затем вскрываются эрозией и проступают в виде широких и протяженных интрузивных поясов.

В сдвиговых зонах магматизм связан главным образом с отдельными, наиболее глубокими трещинами растяжения (отрыва), «оперяющими» главную поверхность сдвигового смещения. Эти трещины служат путями как для излияния лав, так и для внедрения интрузивных пород, причем и те и другие распространяются не по всей длине сдвига, а лишь в некоторых местах.

Внутренняя структура земной коры (изгибы пластов, их местные смещения по разрывам, трещиноватость, раздробленность и т. д.) зависит более всего от характера движений по глубинным разломам, и эта зависимость сейчас устанавливается не только непосредственно у поверхностей смещения, но и на расстоянии от них в десятки километров.

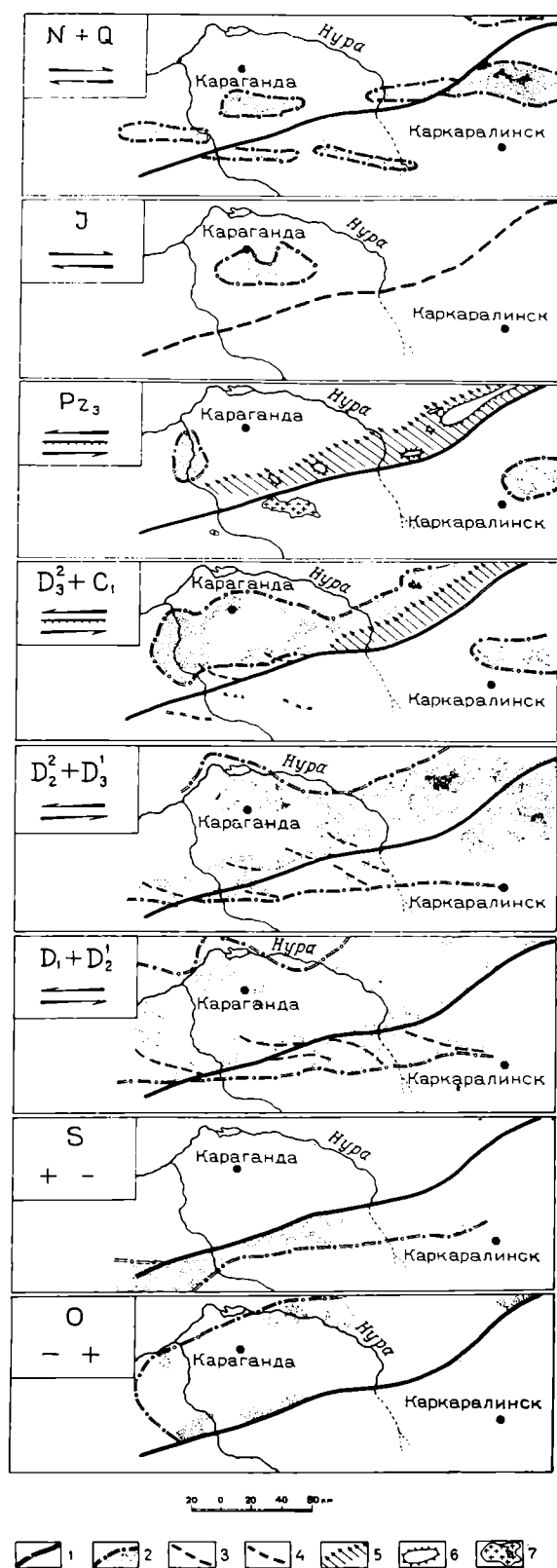
В крыльях горизонтальных сдвигов, например, развиваются крутые складчатые изгибы, а также понижения и повышения в залегании пластов, оси которых,

дугообразно изгибаясь в сторону смещения, наискось отходят от главных сместителей на расстояние до 20—30 км. Этим предопределяется перисто-дугообразный или перисто-веерообразный структурный рисунок сдвиговых зон, на которые в дальнейшем накладывается несколько систем мелких, диагонально расположенных трещин.

В сбросовых зонах, наоборот, складчатые изгибы более пологие, причем их оси, как и осложняющие эти складки трещины, в основном параллельны поверхностям сбрасывателей; внутренняя структура здесь большей частью складчато-блоковая с развитием изогнутых вверх и вниз ступеней.

В условиях горизонтальных надвиговых перемещений складки получают наклон в одну сторону (опрокидываются) и становятся резко асимметричными. Они, как правило, расчленены местными поверхностями скольжения на крупные и мелкие чешуи. Последние, при усилении надвиговых движений, перекрывают друг друга и превращаются в тектонические покровы. В противоположность этому, при горизонтальном растяжении (в раздвиговых зонах) пласты заметно растягиваются, растаскиваются и проседают. Образующиеся в них складки в поперечных разрезах имеют форму двояковыпуклых и двояковогнутых линз, осложненных небольшими почти вертикальными сбросовыми трещинами.

Особо следует отметить роль глубинных разломов в пространственном размещении многих видов полезных ископаемых. Установлено, что они осуществляют как прямой, так и косвенный контроль над размещением рудных месторождений. Во-первых, разломы — это пути для проникновения к земной поверхности рудо-



носных магматических и гидротермальных растворов. Во-вторых, они существенно влияют на состав, мощность и структуру отложений, в которых рудное вещество концентрируется.

На ранней стадии развития глубинных разломов формируются месторождения хромитов, титано-магнетитов, платиноидов, на поздней — месторождения цветных и редких металлов.

Так возникают целые рудные пояса. Известны, например, три группы рудных поясов: одна — вдоль конкретных видимых разломов (например, Алтайский полиметаллический пояс, редкометальный пояс Карамазара, сурьмяно-ртутные пояса Корякского нагорья); другая — между крупными областями, характеризующимися разной подвижностью (например, рудный пояс Северного Тянь-Шаня, Яно-Индиширо-Колымский золотой пояс); третья — вдоль предполагаемых разломов в фундаменте складчатых областей (например, Великий Серебряный канал Америки, платиновый пояс юго-восточной Африки и др.).

Практика поисков и разведки месторождений показала, что в пределах рудных поясов и провинций особенно перспективны участки пересечения разломов разных направлений, полости второстепенных разломов, «оперяющих» главные, и зоны повышенной трещиноватости горных пород.

Эволюция глубинных разломов

Возникновение на Земле глубинных разломов относится к глубокой древности. Известно, что они существовали уже в архее, около 3 млрд лет назад. С тех пор земная кора прошла через многие преобразования. Изменялся и облик глубинных разломов.

Попробуем на примере Спасской зоны Центрального Казахстана (см. рис. слева) проследить историю формирования глубинных разломов, которая в данном случае может быть восстановлена с раннего палеозоя.

В то время (0) в этой зоне активно проявлялся Байдаулет-Карасорский глубинный разлом. Он служил южной границей прогиба, в котором накапливались вулканогенные толщи основного (базальтового) состава.

На этой схеме эволюции Спасской зоны разломов (Центральный Казахстан) видно (см. снизу вверх), как изменялась геологическая обстановка в зоне разломов на протяжении палеозоя, мезозоя и кайнозоя, каковы были границы области прогибания и накопления осадков в разные этапы, как происходили движения по разломам в горизонтальной и вертикальной плоскостях, когда внедрились граниты и т. д. 1 — глубинный разлом; 2 — область прогибания; 3 и 4 — оси приразломных складок; 5 — область развития надвигов; 6 — тектонические «окна»; 7 — граниты

В начале среднего палеозоя (D_1) северное крыло разлома приподнялось и стало разрушаться, а южное опустилось — оно было перекрыто песчано-глинистыми осадками мощностью в несколько километров. После этого началось всеобщее погружение района (к югу и северу от разлома) и отложение по всей его площади многокилометровой девонской песчано-вулканогенной толщи ($D_1 + D_3^1$). Вдоль главного сместителя появились приподнятые складки сдвигового волочения, которые влияли на процесс накопления осадков (на их сводах толщина пластов в 1,5—2 раза меньше, чем на крыльях).

В конце среднего палеозоя ($D_3^2 + C_1$) в зоне разлома происходят надвиговые смещения и площадь, где накапливались осадки, оказывается снова на его северном крыле. В позднем палеозое (P_{23}) надвиги усиливаются, зона испытывает всеобщий подъем и в южное крыло разлома внедряется небольшой гранитный массив.

В мезозойское время Байдаулет-Карасорский разлом в тектоническом рельефе почти не сказывается. И только в кайнозое ($N + Q$) по нему начинаются небольшие сдвиговые подвижки, обусловившие перистое расположение вытянутых вдоль него молодых прогибов.

Таким образом, в истории геологического развития Спасской зоны намечается чередование вертикальных и горизонтальных глыбовых движений разного знака, смена тектонических обстановок и отвечающих им структурных форм. Облик Байдаулет-Карасорского разлома все время усложнялся. При этом, если судить по присутствию в зоне изверженных горных пород разного состава (или по их отсутствию на некоторых этапах), нижняя граница разлома, вероятно, несколько раз переходила с одного уровня на другой. В целом же, по мере стабилизации территории, разлом становился менее глубинным и менее активным.

На примере Спасской зоны легко убедиться, что роль глубинных разломов на протяжении многих десятков миллионов лет неоднократно изменялась. Параллельно, под влиянием этого изменялись также состав и стиль строения глыб земной коры, соприкасавшихся по разломным поверхностям: извергались и затем отвердевали лавы, отлагались новые осадочные толщи, построенные по-разному в зависимости от характера глыбовых движений, внедрялись граниты и т. д. Глубинные разломы в прошлом как бы стимулировали процессы развития коры, а в настоящее время они являются наиболее надежными индикаторами этих процессов.

Преобразования глубинных разломов, подобные отмеченным, известны и в ряде других мест (Восточный Казахстан, Тянь-Шань, Памир, район Красного моря, Рейнский грабен и т. д.). В совокупности они свидетельствуют о неравномерном, пульсирующем развитии земной коры с чередованием в ней усилий сжатия и растяже-

ния. Такое чередование могло быть связано как с планетарными, так и с местными изменениями тектонических напряжений, а они, в свою очередь, были обусловлены, с одной стороны, космическими причинами, с другой — физико-химическими процессами, происходившими в коре и мантии Земли.

Выяснение всех этих связей — интереснейшая и неисчерпаемая проблема, к которой нас приводит изучение глубинных разломов.

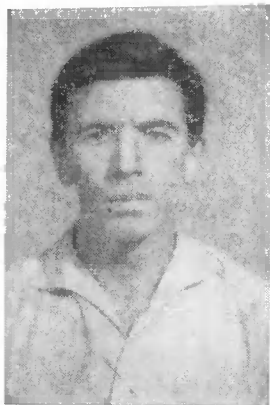
История фауны Приморья

Н. К. Верещагин
Доктор биологических наук

Н. Д. Оводов



Николай Кузьмич Верещагин, заведующий лабораторией наземных позвоночных Зоологического института АН СССР, много лет работал в области акклиматизации и вольного разведения пушных зверей — особенно ондатры и нутрии. Известен также как исследователь истории формирования фауны млекопитающих Кавказа и Русской равнины. Н. К. Верещагин — участник многих биологических экспедиций и автор многочисленных статей по охотничьему хозяйству, охране природы и истории фауны.



Николай Дмитриевич Оводов, зоолог. После окончания охотоведческого факультета Иркутского сельскохозяйственного института работал в противочумных организациях Алтая и Тувы. Поступив в аспирантуру Биологического института СО АН СССР, работает под руководством доктора биологических наук Н. К. Верещагина над диссертацией «История формирования фауны млекопитающих Южного Приморья».

Уже со времен путешествий Радде, Маака, Шренка, Миддендорфа, Максимовича и Пржевальского, на протяжении ста последних лет, Амурский край, Приморье, Маньчжурия стали истинным раем для натуралистов-биологов. Именно здесь у зоогеографов и геоботаников при изучении и картировании современного пространства животных и растений рождались блестящие догадки о древних сухопутных связях биоконкомплексов Восточной Азии и Северной Америки, о реликтовости многих пород деревьев, насекомых, птиц и зверей.

Наиболее популярными примерами третичных реликтов обычно служили бархатное дерево, жук — гигантский дровосек-каллипогон, роскошные черно-зеленые бабочки хвостосцы, гималайский белогрудый медведь и длинношерстный уссурийский тигр. Оказалось, что каллипогон и белогрудый медведь имеют ближайших родственников в Центральной и Северной Америке. Это еще более усилило интерес к ним. Однако самые оживленные дебаты шли вокруг царя тропических джунглей — тигра. Обычно считалось, что тигр уцелел в послетретичном Приамурье, приспособившись к холоду за счет обилия пищи — кабанов, оленей — и развития пышного шерстного покрова. Именно таким реликтом его считали натуралисты-краеведы К. Г. Абрамов¹ и Н. А. Байков². Зоолог В. Мазак³ даже назвал Приморье родиной всех без исключения тигров, предположив, что как «ярко, но бедноодетые» тигры Бенгалии и Малайского архипелага, так и «бледные» тигры Прикаспия расселялись на юг, север и запад именно отсюда. Спутав тигра с плейстоценовым пещерным львом, заселявшим в эпоху расцвета мамонтовой фауны всю Голарктику, В. Мазак, вслед за Черским, отметил также ископаемые остатки тигра и на севере Якутии.

Однако механизм формирования холодовыносливых группировок растений и животных был для биогеографов и краеведов совершенно не ясен и о нем говорилось всегда лишь в общих чертах. Представления о влиянии низких температур и снегового покрова на жизнь животных в четвертичном периоде в сущности не были разработаны, а следовательно, оставалось загадочным, кто же из третичных обитателей Приморья пережил на месте плейстоцен.

Оставалось и остается, например, пока неизвестным в деталях, какие виды и их группировки из исходных третичных теплолюбивых приспособились к современным условиям Субарктики и Арктики на месте, и какие вселились сюда заново — в плейстоцене и голоцене с юга.

Условно к таким животным можно было отнести горно-скальных горалов, кабаргу, сеноставок из зайцеобразных, предки которых адаптировались к холодам и к

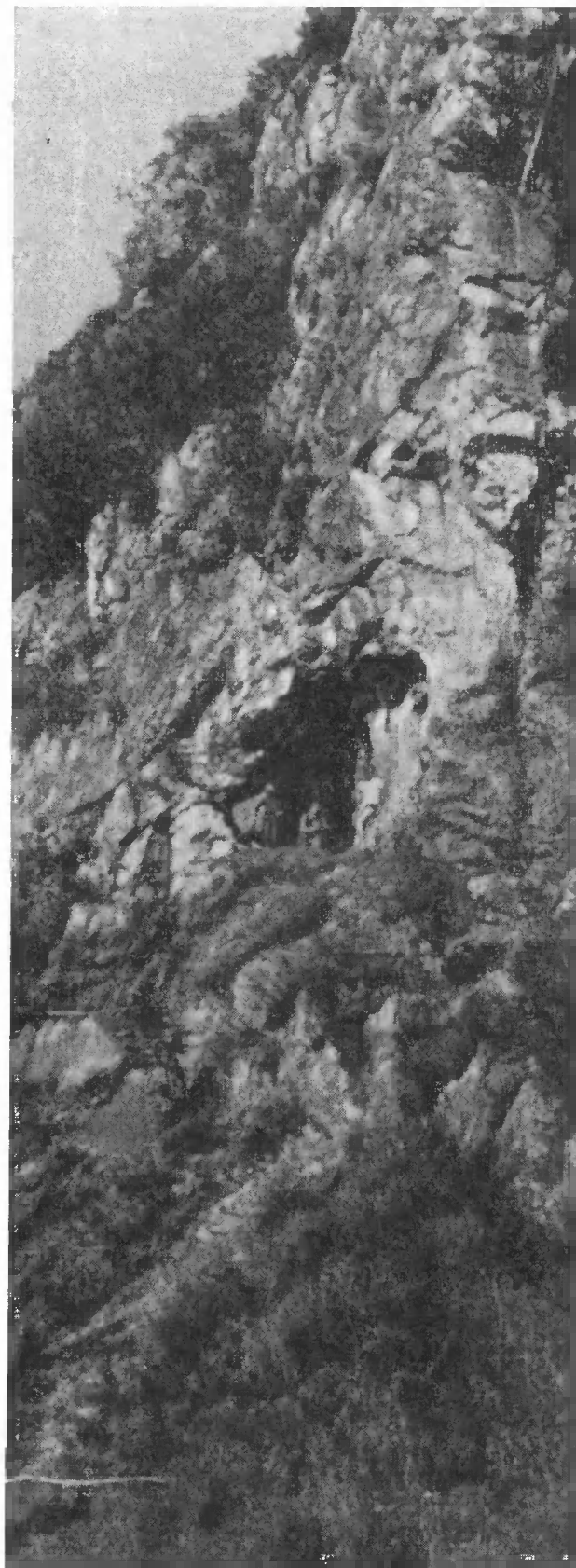
¹ К. Г. Абрамов. Тигр амурский — реликт фауны Дальнего Востока. Записки Приморского филиала Географического общества, 1965, № 1.

² Н. А. Байков. Маньчжурский тигр. Харбин, 1925.

³ W. Masak. Der Tiger. Die neue Brehm Bücherei, Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt, 1965.

снежному покрову в высокогорьях уже в третичном периоде. Обитатели же теплых речных и субтропических долин такой длительной «подготовки» не имели и, очевидно, при похолоданиях должны были либо вымереть, либо отступить на юг.

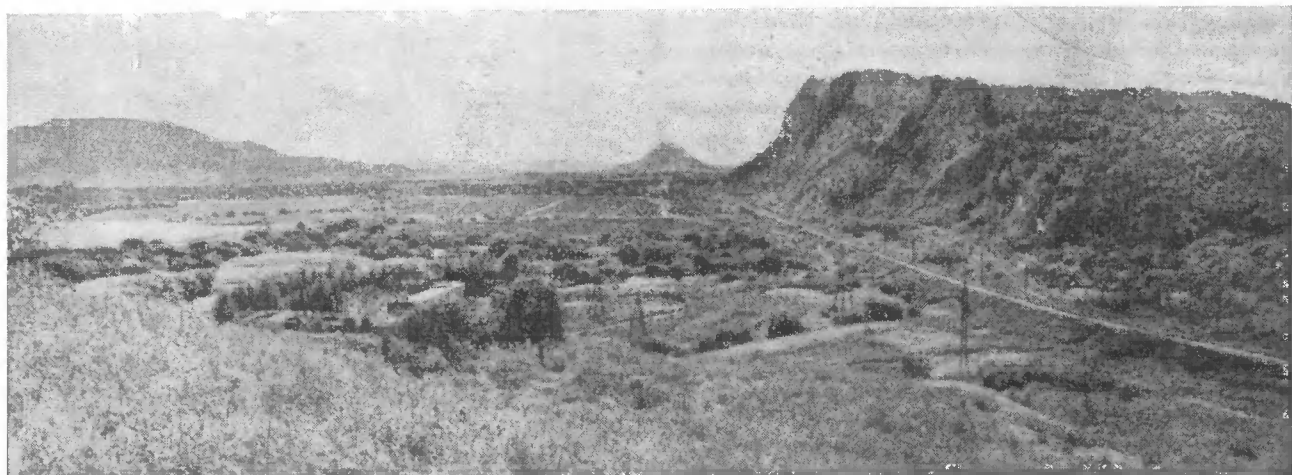
Между тем палеонтологические данные, подтверждающие такие предположения, не было. Приморье считалось «белым палеонтологическим пятном». Даже превосходные археологические и исторические исследования А. П. Окладникова¹, открывшего близ г. Уссурийска палеолит и собравшего остатки домашних и диких животных эпохи бронзы в раковинных кучах, не приблизили нас к познанию истории биоценозов страны. В открытых палеолитических стоянках Приморья костное вещество нацело исчезало. Между тем единичные находки зубов и мамонтов на р. Дмитровке, разведочные раскопки японцев в Маньчжурии, на Южном Сахалине и о-ве Хоккайдо² указывали на то, что Приморье, Сахалин и Японские острова в плейстоцене были заселены единой мамонтовой фауной. Эти факты указывали и на недавние связи японского архипелага с материком и на то, что история ландшафтов и фауна Приморья была совсем иной и куда более сложной, нежели это рисовалось ранее биогеографам. Тем не менее последнее не унывало. Наивысшим достижением приморской биогеографии явился труд А. И. Куренцова³, который сделал еще одну попытку проследить связи экологических группировок животных и растительных формаций во времени и пространстве. Но и в работе А. И. Куренцова палеогеография Приамурья излагалась лишь на фоне геологических исследований и ей были уделены всего три заключительные страницы большого печатного труда. Детали процесса формирования ландшафтов и биокомплексов стали выясняться в самое последнее время, когда геологи занялись изучением четвертичных отложений Уссурийского края, а палеонтологи начали исследовать полуистлевшие кости в пыльных и сырых слоях пещер. Первая палеонтологическая экспедиция в Южное Приморье, организованная по инициативе А. И. Куренцова Зоологическим институтом АН СССР в содружестве с Дальневосточным филиалом Географического общества, состоялась в 1966—1967 гг. Еще в 1963 г. местные краеведы Е. Г. Лешок и В. И. Шабунин обследовали в южной части долины Сучана несколько пещер карстового происхождения, собрав



¹ А. П. Окладников. Далекое прошлое Приморья. Приморское книгиздательство, Владивосток, 1959. Н. М. Ермолова. Остатки млекопитающих из раковинных куч полуострова Песчаного. В книге: А. П. Окладников. Древнее поселение на полуострове Песчаном у Владивостока. Изд-во АН СССР, 1963.

² А. S. Loukaschkin. The post-Tertiary fauna of northern Manchuria contemporary with primitive man; Rep. of XVI Intern. Geol. Congress, Wash., 1933; M. Minato, Zu den Mammonfaunen Hokkaido, Japanese Journ. of Geology and Geogr., v. XXVI, N 1-2, August 31, 1955.

³ А. И. Куренцов. Зоогеография Приамурья. Изд-во «Наука», 1965.



Сопки Голова льва и Золотая; вдали сопка Близнецы. Вход в пещеры Тигровая и Географического общества показан цифрами 1 и 2

Фото Н. Д. Оводова

интересный палеонтологический материал. Наиболее примечательной оказалась небольшая пещера в восточном обрыве Золотой сопки, близ села Екатериновка. Уже первые найденные в ней разбитые кости мамонтов, бизонов и лошадей подсказывали, что здесь когда-то селились первобытные охотники каменного века. Дальнейшие исследования подтвердили, что мы имеем дело с замечательным археологическим и палеонтологическим открытием. В сборах попадались и единичные зубы полувзрослых мамонтов поздней формы, носорогов, кости пещерных гиен, волков, изюбрей, которые были нами тщательно исследованы, своеобразное тесло из рога крупного лося со щелью для каменного вкладыша. Но доказать, что мы действительно имеем дело со стоянкой людей каменного века, было трудно: не хватало изделий из камня — наконечников, скребел, пластин, ядрищ и отщепов.

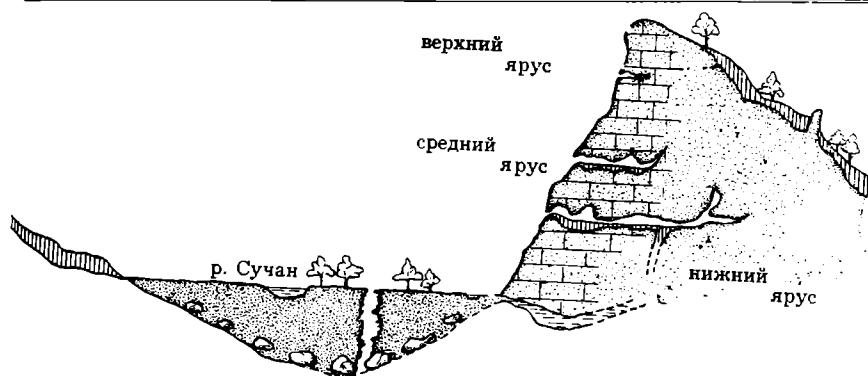
Летом 1966 г. мы предприняли разведку пещер долины речки Майхэ. На склонах сопки мы облазили пещеры Серебряная, Драконова, Спящая красавица. Последняя прославилась своим великолепным средневековым изваянием монголоидной красавицы, хорошо различимой на нетеке кальцита стен. Каким-то чудом эта пещера была обнаружена краеведами на отвесной скале, возвышающейся среди вековых дебрей ильмов и кедров.

В августе того же года были организованы основательные раскопки в пещерах южной части долины Сучана. Здесь веер размытых сопки полого спускается на юг — к морю. Одряхлевшие известняковые массивы изъедены Карстом и как бы тонут в равнинном рельефе широких долин. Основания сопки Близнецы, Львиная голова, Верблюжья севернее порта Находка явно замкнуты аллювиальными отложениями Сучана. Учитывая совре-



Шурфовка пещеры Летучая мышь

Фото Н. Д. Оводова



Поперечный профиль долины р. Сучана и яруса пещер

менную ширину — до 2 км — и разработанность долины Сучана, можно было предполагать, что ее глубина была когда-то значительно больше современной. В действительности же данные бурения показывают, что толща аллювия достигает в центре долины всего 15—20 м и подстилается гранитами и сланцами.

Сто лет тому назад здесь, у поселка Владимиро-Александровского, охотился Н. М. Пржевальский, набивая мешки длиннохвостыми фазанами. Его именем теперь названа пологая сопка западного борта долины с целой серией полузамытых пещер. На склоне этой сопки археолог А. П. Окладников обнаружил недавно следы ранне-средневекового поселения бохайцев, укрепленного земляным валом. Отсюда открывается превосходный вид на широкую долину Сучана с зеленью древесно-кустарниковых порослей вдоль речных стариц, протоков, на затянутые синеватой дымкой склоны дальних сопки. Особое внимание было уделено нами пещерам Тигровая, Летучая мышь, Географического общества, расположенным по западному борту склона долины, и Малой Пенсау в ущелье речки того же названия, близ деревни Фроловка. Исследуя известняковые обрывы сопки, обрезанных рекой, мы выделили три яруса пещер.

Нижний ярус — это пещеры, вход в которые находится сейчас на уровне поймы Сучана. Они либо полностью замыты, либо заполнены водой и малодоступны для исследования. Эти пещеры процветали, очевидно, в то время, когда долина реки была глубже, а базис эрозии значительно ниже. На днищах этих пещер, вероятно, со временем будут найдены остатки животных, обитавших здесь в период низкого стояния океана до выполнения Сучанского ущелья наносами. Не исключено, что по окружающим сопкам и дебрям в одну из теплых межледниковых эпох бродили последние «азиатские гориллы» — гигантопитеки, а также карликовые мастодонты и саблезубые махайроды. Их остатки, возможно, лежат где-то здесь, совсем рядом, в древних пустотах, погребенных под осыпями склонов.

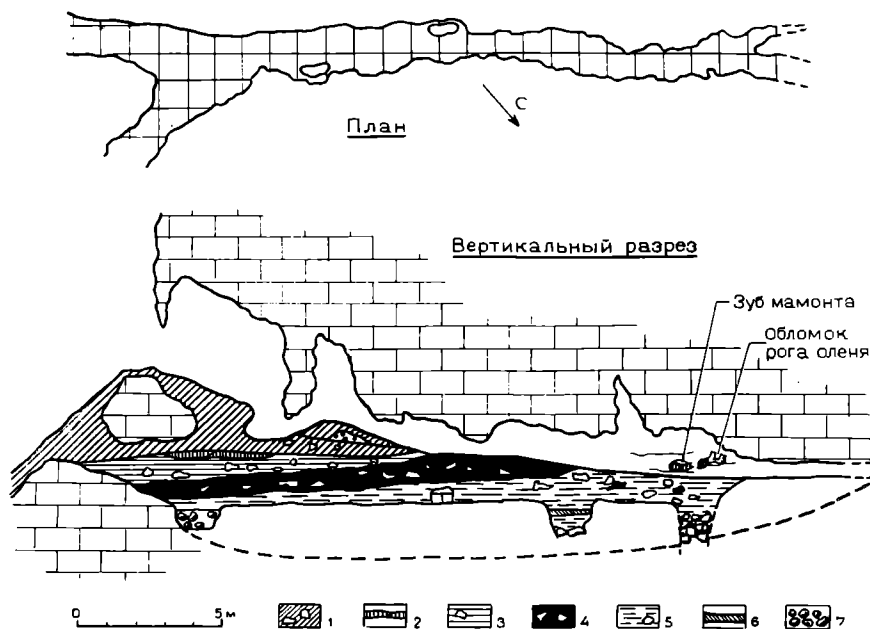
Средний ярус пещер расположен на высоте 15—30 м над уровнем долины Сучана. Эти пещеры, как правило, сухи, днища их частично заполнены отложениями и наиболее доступны для палеонтологических исследований. Так, небольшая уютная и сухая пещерка на склоне Золотой сопки, на высоте 30 м над уровнем долины у с. Екатериновка, хранила в неолитическом слое остатки четырех взрослых тигров. За это она и получила свое название — Тигровая. Видимо, звери любили в ней отдыхать, наблюдая за долиной. Сюда же они приходили умирать от старости и болезней.

Верхний ярус — неглубокие каверны на высоте 60—80 м — выражен только на сопке Львиная голова. Эти каверны содержат обычно только немного относительно «молодых» пылеватых и органических остатков. Встречаются там и кости домашних животных, занесенных сюда уже современными людьми, и кости птиц и грызунов — остатки пищи филинов.

В пещерах среднего яруса мы рассчитывали найти остатки животных ледниковых и межледниковых эпох, а также следы пребывания первобытного человека. Воображение рисовало нам радость новых удивительных открытий, познания реального хода истории формирования ландшафтов и фауны древнего Приморья. Мысленно мы уже держали в руках челюсти пещерных львов, мамонтов, макаков, каменные наконечники копий. Ведь каменные рубила уже нашел близ г. Уссурийска археолог А. П. Окладников, а всего в шестистах километрах к востоку, на о-ве Хоккайдо найдены скелеты мамонтов, и до сих пор живут холодоустойчивые японские макаки!

Разведочные раскопки было решено начать с пещер Летучая мышь и Тигровая. Вход в пещеру Летучая мышь виден даже из поезда «Владивосток — Находка» (перед станцией Кузнецово). Живописный обрыв известняка как бы продырявлен на высоте 15 м.

По заметной тропке, проложенной в зарослях полыни и маляе вездесущими туристами, мы поднялись к аркообразному входу. Перед самым входом спугнули с



Продольный разрез и план слоев пещеры Географического общества. 1 — делювий, 2 — бурый суглинок, 3 — переходный слой, 4 — палеолитический слой, 5 — рыжая глина, 6 — иловатая прослойка, 7 — немой горизонт

солнцепака двух пестрых щитомордников, лениво уползших под камни. Как видно, в наш век змеи-горынычи, столь рьяно охранявшие когда-то входы в таинственные пещеры, явно измельчали, стали трусоваты и нерадиво исполняют свои священные обязанности...

Коридор с темными стенками и сырым грунтом уходит прямо в скалу, затем сужается, становится низким. Лучи фонарей выхватывают на потолке и стенах сотни трепещущих пестрокрылых бабочек. Протиснувшись по узкому и сырому лазу на 50 м, выбираемся в просторный высокий зал с серыми наклонными стенками. Здесь уже почти нет отложений, а лишь тонкий слой грязи, размешанной сотнями туристских ног. Эта пещера была безусловно привлекательна и для первобытных людей.

Первый же пробный шурф в 10 м от входа выявил обломки челюстей барса, зубы тигра, красного волка, клыки кабарожек, изюбря. В том же шурфе попало неолитическое сланцевое лощило, два небольших обломка кремня, черная керамика с добавкой битой ракушки. К общей досаде отложения явно перекопаны какими-то кладоискателями. Между тем на нагретую солнцем стенку скалы близ выхода, там, где мы разбираем грунт, садятся бесчисленные божьи коровки. Они раза в три крупнее обычных европейских и притом всевозможных расцветок — черные лакированные, кирпичные, ярко-оранжевые, желтые с пятнышками и без оных.

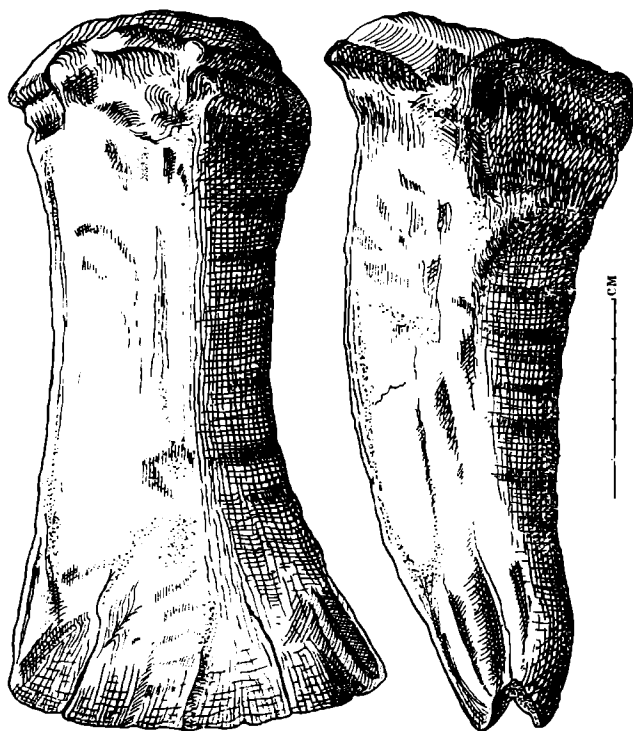
В этих двух раскопанных нами пещерах — Тигровой и Летучей мыши — наблюдалась следующая последовательность отложений, имеющих мощность 120—150 см и подстилаемых коренными породами:

I слой (0—30 см) — известняковая щебенка с пылеватыми сырыми темно-бурыми отложениями. Встречаются кости современных животных — амфибий, птиц, мышевидных грызунов и бурундука, енотовидной собаки, бенгальского кота, рыси, барса, тигра, косули, кабана. Изделия человека представлены грузилами сетей, обломками наконечников гарпунов.

II слой (30—60 см) — бурый суглинок и комковатая буровато-охристая глина с обломками известняка, неолитической черной керамики, изящными шлифованными лощилами из сизого сланца и своеобразными трехгранными костяными наконечниками стрел. Обломки костей принадлежат зайцу, белке, красному волку, тигру, барсу, кабарге, косуле, пятнистому оленю и изюбрю, по степени сохранности относящихся явно к последниковой, голоценовой эпохе.

III слой (60—100 см) — комковатая охристая глина с аморфными обломками известняка, вязкая, мокрая. В ней встречаются изредка сколы сизого песчаного сланца с галек диаметром 10—12 см, явно палеолитического облика. Редкие обломки костей волков, очень крупных бурых медведей, росوماхи, пещерного льва или тигра, изюбря, лошади покрыты черными дендритами и полностью покрашены.

IV слой (100—120 см) — светло-коричневая или желтая глина с аморфными включениями кальцита или доломита, иногда покрытыми темными корочками марганца. Следы первобытной культуры отсутствуют. Изредка встречаются мелкие неопределимые обломки костей.



Щтанга рога лося из пещеры Географического общества

Судя по механическому составу, по остаткам культуры и фауны есть основание считать, что первый слой накапливался в историческую эпоху, второй — на протяжении неолитической и третий — в верхнем палеолите — верхнем плейстоцене. Четвертый слой формировался, вероятно, в какой-то отрезок плейстоцена, когда условия заселения пещер были неблагоприятными.

Все это выглядело несколько иначе в пещере Географического общества, когда в 1967 г. широкие расчистки делювия и оползней на скальном выступе стенки Золотой сопки открыли два входа в узкое, но относительно уютное помещение.

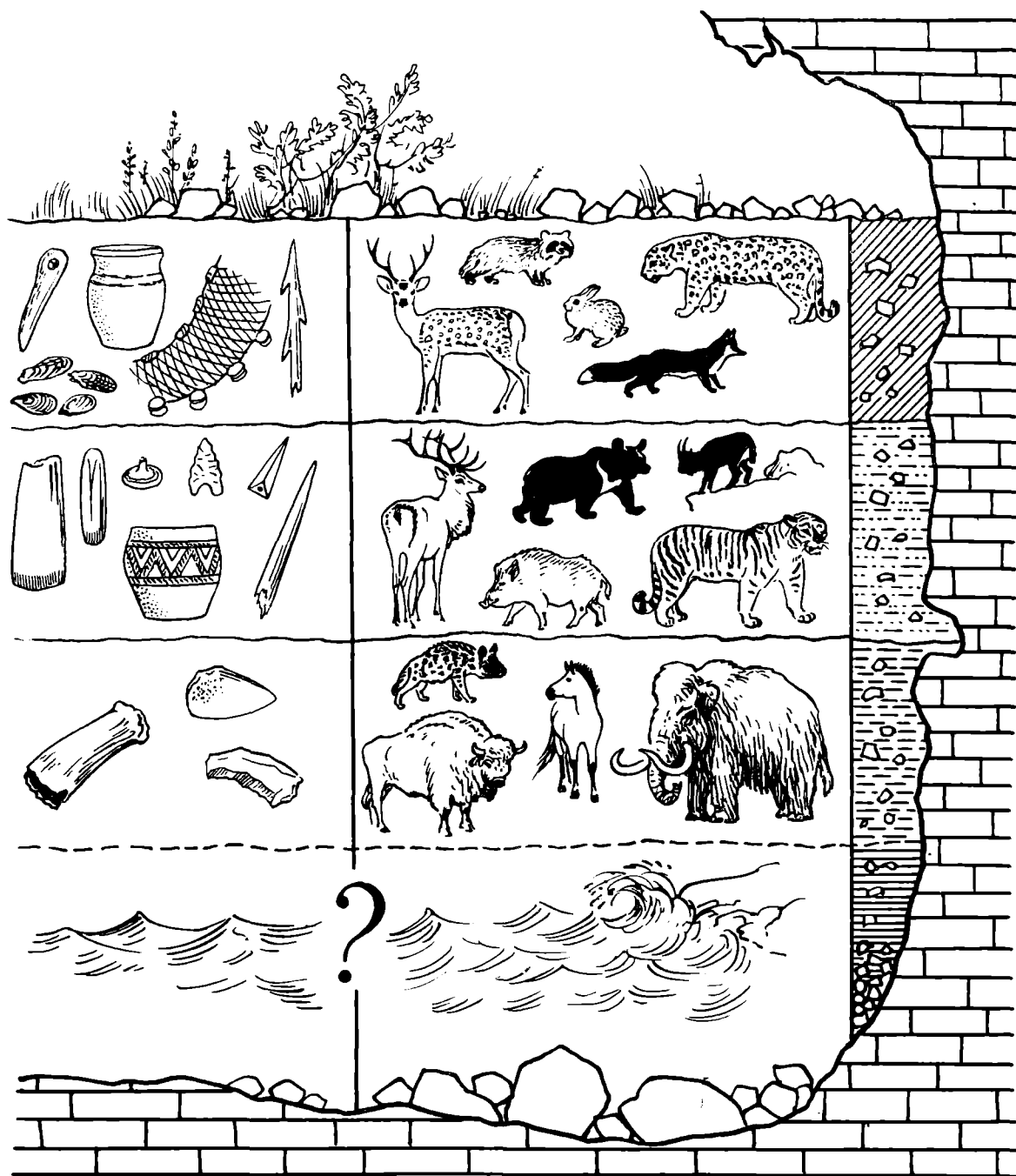
Характер наслоений этой пещеры оказался сложным, так же как и пути попадания в них костей. Всего было выделено VI слоев. В устьевом участке пещеры, под верхним лазом — «дымоходом» — оказалась бурая рыхлая толща затечного делювия мощностью до метра, пронизанная корнями кустарников и деревьев. Она была напигована костями зверей среднего и мелкого размера — косуль, горалов, барсуков, выдр, непальских куниц, соболей, енотовидных собак, лисиц, зайцев, сенокосов, бурндуков, мышей, крыс, полевок, кротов и летучих мышей. Здесь же попадались кости фазанов, воробьиных птиц, лягушек, жаб и тритонов, небольших рыб, раковины наземных и морских моллюсков. Из изделий человека найдены: проколка из локтевой кости оленя, глиняное пряслице, кремневый наконечник стрелы.

лы — вероятно, эпохи бронзы и неолита. Слабо прокрашенные гуминовыми кислотами кости животных не оставляли сомнений в их позднем, послеледниковом происхождении. Они попадали сюда разными путями — гут были и кости погибших обитателей пещеры и занесенные людьми, хищниками и замытые потоками, стекавшими сверху по скале. Под I слоем залегал II слой — небольшая прослойка бурого суглинка в 20 см с обилием костей мелких грызунов и насекомоядных. На глубинах 60—130 см залегал III слой — светло-серого суглинка с обломками известняка. В нем попадались косточки мелких зверьков и земноводных, а в нижней части — обломки костей лошади, косули и изюбря, окрашенные в темный цвет.

Наиболее продуктивным и палеонтологически интересным оказался IV слой рыжевато-бурой глины мощностью в 70 см. В нем обнаружены кости мамонтов, пещерных гиен, волков, росомх, пещерных львов или тигров, лошадей, носорогов, изюбрей, косуль, горалов и бизонов. Косточки мелких грызунов и птиц здесь были единичны. Степень минерализации костей, их кремово-сизый цвет, поверхностные дендриты и прокраска по щелям солями марганца и железа не оставляли сомнения в их древнем — плейстоценовом происхождении.

Больше всего костей крупных видов было обнаружено еще в 1963 г., в 22-х метрах от входа в районе «колодца» — промоины, забитой глыбами известняка, через которые стекала вода, подаваемая из левого рукава пещеры. Некоторые из костей лежали здесь прямо на поверхности грунта, иные даже выше его — на полочках и нишах, промытых в стенах. Здесь они оказались законсервированными в натеках кальцита и припаянными к стенке. Все это создавало впечатление, что колодец обусловил дренаж пещеры, а глыбы, забившие его ствол, служили решеткой, на которой оседали кости. Часть грунта из среднего участка пещеры, очевидно, была вынесена через колодец в нижние полости. Другое возможное объяснение обилия костей в районе колодца и выше грунта кроется в том, что кости заносились сюда не из передней широкой части пещеры, а поступали сзади и сверху с дождевыми потоками по расщелинам с верхней площадки сопки, на которой и было расположено основное становище первобытных охотников. В слое IV изредка попадались единичные углистые примазки, расколотые булыжники — ядрища прочного темно-сизого сланца, а также сколы и отщепы. На некоторых из отщепов остались даже следы работы — резки ими мяса и сухожилий.

Настоящих орудий — скребков, наконечников копий или рубил — обнаружено не было. По мнению профессора А. П. Окладникова, это объясняется тем, что пещера служила лишь временным убежищем первобытных людей, как бы охотничьей сторожкой. Долговременной обжитой стоянки в пещере, по всей видимости, не было. Ниже IV — палеолитического слоя пещеры Географического общества начинался слой желтой плотной



Смена культур и фаун в Южном Приморье за последние 20—25 тысяч лет. По раскопкам 1966—1967 гг.

глины с редкими обломками известняка диаметром до 30—40 см, число которых резко увеличилось по направлению к «колодцу». Шурфовка этого слоя на глубину до 3 м показала, что желтая глина переходит далее в серую иловатую прослойку толщиной в 20 см, характерную для застойных водоемов, а далее вновь идет глина, лишенная костных остатков с большими глыбами известняка. Условий для поселения охотников и диких зверей в период заполнения этих слоев, по-видимому, не было. Возможно, в это время пещеры заливались наступающим морем.

Итак, при раскопках 1966—1967 гг. в пещере Географического общества из IV слоя были извлечены следующие фрагменты костей животных промысловой группы:

Хищные	Хоботные	Непарно-копытные	Парно-копытные
Лисица	1	Лошадь 79	Кабарга 2
Волк	21	Носорог 19	Косуля 30
Медведь			Олень
бурый	11		мелкий 70
Гисна	6		Изюбрь 131
Соболь	1		Лось 18
Росомаха	6		Горал 14
Пещер- ный лев			Бизон 49
или тигр	15		
Барс	1		

Такое разнообразие видового состава и соотношения численности животных, шедших в пищу палеолитических троглодитов, позволяет утверждать, что добыча этих зверей отнюдь не была случайной. Древние приморцы, очевидно, владели как активными, так и самоловными орудиями охотничьего промысла. Их охотничье искусство, по всей видимости, не уступало искусству верхнепалеолитических охотников Западной и Восточной Европы, как известно, регулярно добывавших мамонтов, пещерных и бурых медведей, пещерных львов, лошадей, северных оленей, бизонов.

А. П. Окладников, имеющий большой опыт археологической работы на Дальнем Востоке и в Центральной Азии, связывает наши находки галечных отщепов со своеобразной культурой галек в Центральной Монголии. Его же собственные находки отщепов и «рубил-нуклеусов» у села Осиновки близ г. Уссурийска, по-видимому, относятся к более ранней исторической эпохе.

На основе наших раскопок и добытых материалов можно утверждать, что Южное Приморье в верхнем плейстоцене было ареной расселения первобытных палеолитических племен на север — в Охотский край, на Чукотку, Аляску и на восток — теперешний Сахалин и Японские острова. По западноевропейской шкале это была эпоха солютре-мадленской культуры (Вюрм II—III). Что же дали для познания палеогеографии края рекогносцировочные и планомерные раскопки в пещерах долин Майхе и Сучана? Из состава видов зверей

(плейстоценового типа сохранности) становится ясным, что мы встретились со следами существования в Южном Приморье типичной холодоустойчивой группировки, характерной для позднего отрезка плейстоцена. Зубы мамонтов из пещеры Географического общества столь же «позднего «финального» типа — тонкоэмальные, как и в находках на о-вах Хоккайдо и Сахалине. Эта группировка видов типичной мамонтовой фауны была связана в северной Евразии почти повсеместно с ландшафтом холодной лесостепи, лесотундры и приречных лесов. По абсолютной геологической шкале в Восточной Европе она существовала 15—25 тыс. лет тому назад. Иными словами, 150—200 веков тому назад в Южном Приморье, и в частности по долине Сучана, не было ни буйного большетравья с мальвами, виноградом, кишмишом и бобовыми кустарниками, ни лета субтропических светлячков в теплые ночи, ни пения цикад, ни резких криков бронзовых фазанов... Здесь было, вероятно, гораздо холоднее и суше, чем в наше время.

Анализ проб грунта пещер на споры и пыльцу показал, что в IV слое пещеры Географического общества преобладает пыльца березы. Сопоставляя этот факт с обитанием здесь лошадей, мамонтов и бизонов можно думать, что в ту эпоху на исследованных нами территориях был ландшафт разнотравной степи с березовыми колками. Весь же субтропический облик современного Приморья, его «южноазиатский» оттенок, оказывается совсем недавнего — послеледникового происхождения, а никак не реликтового. При всем этом здешняя фауна млекопитающих, очевидно, действительно сохранила древние формы, устойчиво переживавшие похолодания и оледенения хребтов. В этом отношении прогноз для кабарги, горала и изюбря, по-видимому, оправдался. Не выяснена пока еще судьба и история тигра. Находки костей крупной кошки (клыки, обломки челюстей) в плейстоценовых слоях слишком фрагментарны для категорических заключений о том, что здесь обитал тигр и отсутствовал пещерный лев и наоборот.

Дальнейшие поиски и раскопки многослойных пещер безусловно принесут еще много важных палеонтологических находок. Изучение последних даст основу для истинных представлений о развитии фауны Приморья на протяжении всего послетретичного периода.

Предисловие к первому изданию на английском языке «Диалектики природы» Ф. Энгельса

Джон Б. С. Холдейн

Марксизм изучает два аспекта явлений. С одной стороны, марксисты подходят к науке, как к одному из проявлений человеческой деятельности, устанавливая, каким образом в условиях любого общественного строя научная деятельность зависит от меняющихся запросов и, в конечном счете, от способа производства. Они показывают также, как наука в свою очередь воздействует на изменение способов производства, а следовательно, на изменение всего общества. Такой анализ необходим при любом научном подходе к историческим явлениям, и ныне даже немарксисты частично признают это. С другой стороны, Маркс и Энгельс не ограничивались анализом изменений в обществе. В диалектике они видели науку об общих законах изменений не только в человеческом мышлении, но и во внешнем мире, который отражается в человеческом сознании. Иными словами, диалектика применима к вопросам «чистой» науки так же, как и к общественным связям науки.

Ученые все больше осознают возможность применения идей марксизма для определения роли науки в жизни общества. Одни всецело или частично признают это положение, иные ожесточенно борются против него и утверждают, что они стремятся постигнуть чистую науку ради самой науки. Но многим из этих ученых невдомек, что марксизм каким-то образом охватывает не только общественные явления, но и чисто научные проблемы, такие как таутомерия в химии или проблема индивидуальности в биологии. Даже некоторые марксисты склонны считать изучение таких научных и философских вопросов делом несущественным.

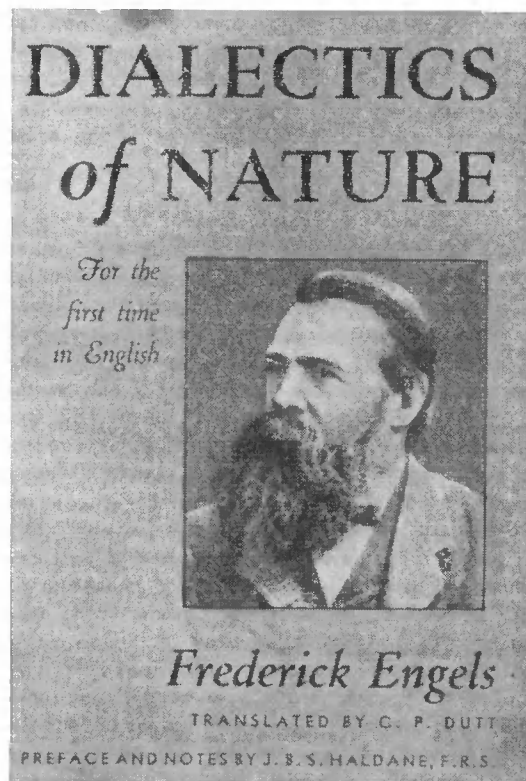
Личный пример Ленина может служить лучшим образом в этом вопросе. В 1908 г. русская революция потерпела неудачу. Необходимо было возродить революционное движение. Ленин видел, что это возможно осуществить лишь на прочной теоретической основе. И он создал «Материализм и эмпириокритицизм». Эта работа потребовала не только изучения произведений таких философов, как Э. Мах и К. Пирсон, которых Ленин раскритиковал, но и работ таких физиков, как Г. Р. Герц, Дж. Дж. Томсон и А. А. Беккерель, чьи открытия можно было истолковывать с позиций материализма или идеализма. Однако Ленин не ставил перед собой задачу охватить все области науки. Основной упор он сделал на открытия, которые привели к революции в физике, стремительно развивавшейся в ту пору. Он мало коснулся вопросов астрономии, геологии, химии и биологии.

За 30 лет до Ленина Энгельс сделал попытку с марксистских позиций подойти к рассмотрению науки в целом. Всю жизнь он зорко следил за успехами наук. Начиная с 1861 г. Энгельс поддерживал тесную связь с химиком Шорлэммером в Манчестере и в течение многих лет вместе с ним и Марксом обсуждал вопросы развития науки. В 1871 г. Энгельс переехал в Лондон и посвятил себя изучению потока научной литературы, рассеянной в монографиях и периодике. Он задумывал создать объемистый труд с тем, чтобы показать, что те же диалектические законы движения, которые дейст-

ауют в отношении бесконечных беспорядочных изменений в природе, управляют случайностью событий в истории. Если бы эта книга была написана, она имела бы неоценимое значение для развития науки. Наряду с политической деятельностью, перед Энгельсом стояли неотложные вопросы идеологического порядка, требующие своего разрешения. Нужно было дать ответ Дюрингу, и надо думать, что «Анти-Дюринг», который охватывает все вопросы человеческих знаний, был бы произведением более великим, чем «Диалектика природы» даже в том случае, если бы Энгельс завершил этот свой труд. После смерти Маркса в 1883 г. перед Энгельсом встала титаническая задача по редактированию и завершению «Капитала». Кроме того, в этот период Энгельс написал «Людвига Фейербаха» и «Происхождение семьи, частной собственности и государства».

Ему так и не суждено было завершить работу над «Диалектикой природы». Черновик монографии состоит из четырех связок рукописей, исписанных почерком Энгельса, ряда цитат из высказываний греческих философов и заметок Маркса. Часть рукописи была уже подготовлена к печати, хотя, как будет видно из дальнейшего, можно почти с уверенностью сказать, что она подверглась бы еще более тщательному пересмотру. В большинстве она состоит из черновых заметок, которые Энгельс надеялся подвергнуть последующей обработке. Сплошь и рядом они с трудом расшифровываются и прочитываются. Текст изобилует сокращениями, например, «маг.» обозначает магнит или магнетизм. На полях часто встречаются наскоро сделанные пометки и наброски. Основная часть рукописи написана на немецком языке, а так как Энгельс с одинаковой легкостью мыслил также по-английски и по-французски, он часто создавал «гибридные» предложения, составленные из фразеологических оборотов, взятых из разных европейских языков. Перевод таких предложений¹ представляется весьма трудной задачей, и порядок следования отдельных частей в них не всегда ясен.

Большая часть рукописи, видимо, была подготовлена в период между 1872 и 1882 гг., иначе говоря, отражает уровень науки 70-х годов прошлого столетия. Поэтому человеку, не знакомому с историей науки того времени в ее теоретическом и прикладном аспекте, порой трудно разобраться в этих вопросах. Представление о том, что ныне называют принципом сохранения энергии, в ту пору только начинало проникать в физику, химию и биологию. Но оно еще далеко не полностью было осознано и еще меньше применялось в науке. Такие слова, как «сила», «движение» и «vis viva», использовались лишь в тех случаях, когда имели в виду понятие энергии в современном понимании этого слова. Разделы «Основные формы движения», «Мера движения». — Работа, «Теплота» в основном посвящены рассуждениям по спорным вопросам, связанным с нерешенными или ошибочными теориями в толковании энергии. Это интересно с точки зрения изучения понятия в развитии



Суперобложка первого издания «Диалектики природы» Ф. Энгельса на английском языке

и постижении методологического подхода Энгельса к решению спорных проблем в науке. С тех пор многие из них уже утратили свою актуальность. Выражением «vis viva» уже больше не пользуются для обозначения двоянной кинетической энергии, понятие «сила» приобрело совершенно определенное значение в физике.

Энгельс не опубликовал бы рукописей в том виде, как они дошли до нас. Об этом можно судить хотя бы по тому, что в статье о приливных трениях, написанной в более поздний период, он пользуется уже более современной терминологией. Рукописи представляют интерес не столько с точки зрения подробного критического анализа теорий, многие из которых уже утратили свое значение, сколько с точки зрения проникновения в метод мышления Энгельса при разрешении теоретических вопросов в науке. В этой связи фрагмент об электричестве представляется еще более «устаревшим». Он интересен как образец критики несостоятельности взглядов Г. Видеманна.

Заключительная часть содержит призыв к изучению более тесной связи между химическим и электрическим действием, и, выражаясь словами Энгельса, «именно здесь надо ожидать наибольших результатов»¹. Это

¹ Примеры «гибридных» предложений Ф. Энгельса, имеющиеся в статье Холдейна, нами опущены.

¹ К. Маркс, Ф. Энгельс. Полн. собр. соч., изд. 2, т. XX, стр. 607.

предвидение Энгельса, конечно, полностью подтвердилось — ионная теория Аррениуса произвела переворот в химии, а электронная теория Томсона революционизировала физику. И в этом случае можно утверждать, что рукопись подверглась бы переработке перед публикацией.

В письме к Марксу от 26 августа 1882 г. Энгельс отмечает, что Сименс в своем президентском обращении¹ к Британской Ассоциации дал определение новому понятию, а именно, единице электрической мощности — ватту, который пропорционален сопротивлению, помноженному на квадрат тока, в то время как электродвижущая сила пропорциональна сопротивлению, умноженному на ток. Он сопоставляет эти два понятия (ватт и электродвижущую силу) с выражениями момента и энергии, рассмотренными в разделе «Мера движения. — Работа», и указывает, что в каждом случае мы имеем дело с простой пропорциональностью (момент как скорость, а электродвижущая сила как ток) в том случае, когда мы не рассматриваем вопрос о переходе одной формы энергии в другую. Но, в случае, когда энергия превращается в тепло или работу, истинное значение определяется путем возведения в квадрат скорости или тока. «Таким образом, это и есть общий закон движения, впервые сформулированный мною»². Теперь нам понятно, почему это так. Момент и электродвижущая сила, обладающие направленностью, становятся обратимыми, когда скорость и ток обратимы. Но энергия не изменяется. Таким образом, скорость или ток входят в состав формулы, как квадрат (или какая-либо равная мощность), поскольку $(-x)^2 = x^2$.

В разделе о «Приливном трении» Энгельс допустил серьезную ошибку, или, точнее сказать, ошибку, которую можно было бы считать серьезной в случае опубликования работы. Но я очень сомневаюсь в этом. В рукописных заметках, относящихся к «Анти-Дюрингу», Энгельс разделял мнение, широко распространенное в XIX столетии, о том, что математические аксиомы справедливы и самоочевидны, поскольку наши предки были убеждены в их истинности, в то время как эти же аксиомы не показались бы самоочевидными для бушмена или коренного жителя Австралии. Можно с несомненностью сказать, что в наши дни такой взгляд нельзя признать правильным. Энгельс, по-видимому, осознавал ложность этого положения и не опубликовал его. Я почти не сомневаюсь в том, что сам Энгельс или кто-нибудь из его научных друзей, таких как Шорлеммер, обратили бы внимание на ошибку, допущенную в статье «Приливные трения». Но и сама эта ошибка представляет интерес, поскольку это одна из тех ошибок, которые вследствие неправильных рассуждений (а именно, что день уменьшился бы, если бы даже не было океанов) приводит к правильному результату. Такие

ошибки всегда оказывали исключительно плодотворное влияние на развитие науки.

В иных местах рукописи встречаются совершенно неправильные утверждения. Например, в разделах о звездах и о простейших. Но и в этих случаях нет оснований упрекать Энгельса в том, что он ссылается на видных астрономов и зоологов своего времени. Техническое усовершенствование телескопа и микроскопа, конечно, значительно расширило наши представления в этих областях знания за истекшие 60 лет.

С другой стороны, замечания Энгельса о дифференциальном исчислении, хотя они и неприменимы к этой области математики в том виде, как в настоящее время принято излагать этот материал, надо признать правильными для эпохи, в которой жил Энгельс; они были справедливы и в более позднее время. Он отмечает, что дифференциальное исчисление фактически развивалось через противоречия, и от этого несколько не пострадало. В наше время многие теоремы, на которые ссылается Энгельс, неизменно требуют строгих доказательств. Есть математики, заявляющие, что они устранили эти противоречия. Но в сущности они лишь сдвинули их на задний план, где эти противоречия заняли свое место в системе математической логики. Все попытки вывести математику из набора аксиом и правил для их применения не только потерпели неудачу, но они вообще обречены на неудачу, как это доказал Гodel (Gödel). Таким образом, тот факт, что математические исчисления можно излагать, не затрагивая частные противоречия, упомянутые Энгельсом, вовсе не опровергает действительность его диалектических рассуждений.

После всех этих критических замечаний приходится поражаться тому, как Энгельс предвидел прогресс науки на протяжении минувших 60-ти лет. Ему была не по душе атомная теория электричества, которая господствовала в период с 1900 до 1930 гг., пока не стало очевидным, что электрон проявляет себя не только как частица, но и как система движущихся волн. В свое время можно было думать, что Энгельс «делал ставку не на ту лошадь». Его утверждение о том, что жизнь характеризуется особенностью поведения белковых тел, большинству биохимиков казалось односторонним, поскольку каждая клетка содержит и многие другие сложные органические вещества, помимо белков. Лишь в последние четыре года обнаружилось, что некоторые чистые белки не проявляют одной из наиболее важных особенностей живых существ, а именно, способности к воспроизведению себе подобных в различных условиях окружающей среды.

Метод мышления Энгельса ясно проявляется во всех разделах книги; мне думается, что разделы, касающиеся биологии, весьма ценны и имеют самое непосредственное отношение к современной науке. Может быть, конечно, мне, как биологу, именно здесь доступно понимание всех нюансов хода мыслей Энгельса, ко-

¹ К. В. Сименс (1823—1883) — президент Британской ассоциации содействия развитию науки. Обращение Сименса появилось в английском журнале «Nature» 24 августа 1882 г.

² J. B. S. Haldane. Preface to F. Engels «Dialectics of Nature». N. J. 1940, p. x.

торые, возможно, ускользнули от моего внимания в разделах, посвященных вопросам физики. Это можно приписать и тому, что на протяжении последних двух поколений биология претерпела менее резкие изменения, чем физика.

С целью облегчить задачу читателю, я снабдил книгу примечаниями, которые помогут проследить за ходом развития науки со времени Энгельса. Возможно, некоторые читатели скажут мне, что Энгельс не всегда был прав. Против этого Энгельс вряд ли возразил бы. Он хорошо понимал, что не безгрешен и что рабочему движению чужды проповедники или священные писания. Книга Энгельса «Положение рабочего класса в Англии», написанная в 1844 г., вышла в США на английском языке в 1885 г. и была впервые издана в Англии в 1892 г. В предисловии, написанном 48 лет спустя, Энгельс говорит: «Я умышленно не исключил из текста многие предсказания и среди них и такое, как неизбежность социальной революции в Англии в ближайшее время, которое я сделал в порыве юношеского пыла. Удивительно не то, что многие предсказания не сбылись, а то, что очень многие подтвердились»¹. Я полагаю, что читатели «Диалектики природы» придут к такому же заключению.

Я еще не упомянул разделы, посвященные истории науки. Их следует отнести к наиболее блестящим страницам работы. Однако они отражают ход мыслей, развитых Марксом и Энгельсом во многих других произведениях: в последующий период эти мысли подверглись дальнейшей разработке другими авторами, и поэтому большинство читателей воспримут их как менее оригинальные. И, наконец, книга включает очаровательный очерк «Естествознание в мире духов». Среди материалистов обнаруживается тенденция пренебрегать вопросами, затронутыми в этом очерке. Следует отметить, что Энгельс придерживался иного мнения. Он, наоборот, останавливается на рассмотрении ряда явлений, которые в его время относили к так называемым «оккультным» и мистическим, и приходил к тем же выводам, что и большинство ученых-исследователей, работавших в соответствующих областях науки. Как и Энгельс, для решения определенных проблем они подходили с ясным и здравым умом, а также с чувством юмора.

К сожалению, не только марксизму, но и всем областям естественных наук очень не повезло. В 1895 г., после смерти Энгельса, рукопись «Диалектики природы» попала к Бернштейну, который ее не опубликовал. В 1924 г. вся рукопись (или часть ее) оказалась в руках у Эйнштейна, который хотя и не считал, что она представляет большой интерес с точки зрения современной физики, в целом одобрительно отнесся к идее ее опубликования. Если Эйнштейн, что весьма вероятно, ознакомился лишь с очерком об электричестве, легко понять его сомнения, поскольку этот раздел

¹ J. B. S. Haldane. Preface to F. Engels «Dialectics of Nature». N. J. 1940, p. XIII.

MARX HOUSE LECTURE

ENGELS

contribution to

SCIENCE

Prof. J. B. S. Haldane

Sunday, April 8th, 3 p.m.

Tickets 2/- from

MARX HOUSE

1, Doughty Street, W.C.1

Холдейн часто выступал с лекциями перед рабочими. На объявлении из «Дейли Уоркер» сообщается о том, что 8 апреля 1945 г. в Доме Маркса (в Лондоне) Холдейн прочтет лекцию «Вклад Энгельса в науку»

почти полностью посвящен вопросам, которые с точки зрения современной науки уже устарели. Впервые «Диалектика природы» появилась в печати в 1927 г. под редакцией Д. Б. Рязанова. Следует отметить, что издание 1935 г., подготовленное В. В. Адоратским, более удовлетворительно, поскольку здесь удалось заново прочитать некоторые места, оставшиеся непонятными в первом издании.

Если бы мы глубже познали метод мышления Энгельса, то легче было бы понять эволюцию наших представлений о физике на протяжении последних 30 лет. Если бы замечания Энгельса о дарвинизме получили широкую известность, то могу сказать, по крайней мере за себя, я был бы избавлен от некоторых ошибочных взглядов в области теории. И поэтому я от души приветствую издание английского перевода «Диалектики природы» и надеюсь, что будущие поколения ученых оценят, насколько эта книга поможет им выработать гибкость мышления.

Не следует считать, что «Диалектика природы» представляет интерес лишь для ученых. Любой образованный человек, и в особенности человек, интересующийся вопросами философии, найдет здесь много интересного, особенно в главах I, II, VII, IX и X. Одна из причин, объясняющих, почему Энгельс был таким великим писателем, состоит в том, что он, по всей вероятности, был одним из наиболее широко образованных людей своего времени. Он обладал не только глубокими познаниями в области экономики и истории,

но свободно разбирался в классической латыни, в таких вопросах, как брачное право в древнем Риме, или мог пускаться в рассуждения о процессах, происходящих в куске неочищенного цинка, погруженного в серную кислоту. Удивительно, что он умудрился накопить столь обширные познания, не будучи по натуре человеком замкнутым, занятым лишь наукой. Ведь наряду с этим он принимал активное участие в политической жизни, стоял во главе промышленного предприятия и даже увлекался охотой на лис!

Энгельсу необходимы были эти знания в силу того, что диалектический материализм — философское учение, которое он обосновал и разработал совместно с Марксом, — это не только философия истории, но учение, которое проливает свет на все события, какой бы природы они не были: от падения камня до воображения поэта. Особое значение эта философия придает взаимосвязи всех процессов, а также искусственному характеру разграничений, внесенных человеком, что наблюдается не только в случае разделения на позвоночных и беспозвоночных животных, или деления на жидкости и газы, но и при разграничении разных областей человеческих знаний, таких как экономика, история и естественные науки.

Глава II представляет общий обзор этого философского учения в приложении к естественным наукам. Главными источниками для изучения диалектического материализма служат труды Энгельса «Людвиг Фейербах», «Анти-Дюринг» и работа Ленина «Материализм и эмпириокритицизм», а также ряд отрывков из работ Маркса. Именно потому, что эта живая фотография с бесчисленным множеством конкретных приложений, полное осознание ее действенности и значения может быть достигнуто лишь постепенно, в ходе ее применения к вопросам истории науки или в отношении какой-либо другой области знаний, представляющей для нас наибольший интерес. Ознакомившись с этой философией, читатель, интересующийся главным образом вопросами политического или экономического порядка, вновь вернется к области своих непосредственных интересов и обнаружит, что после изучения того, как Энгельс применял диалектику к изучению явлений природы, он стал более зрелым материалистом, диалектиком, а следовательно, более дальновидным политическим деятелем или экономистом.

Ясность мышления жизненно необходима, если мы хотим разобраться в исключительно сложной обстановке текущего момента, в которой находится все современное человечество, в частности наша собственная страна, и если мы хотим наметить пути построения лучшего мира. Изучение трудов Энгельса поможет нам уберечься от некоторых поспешных и скороспелых решений вопросов, выдвигаемых текущими событиями, и будет способствовать тому, что мы сознательно и мужественно сможем участвовать в великих событиях нашего времени.

Ноябрь 1939 г.

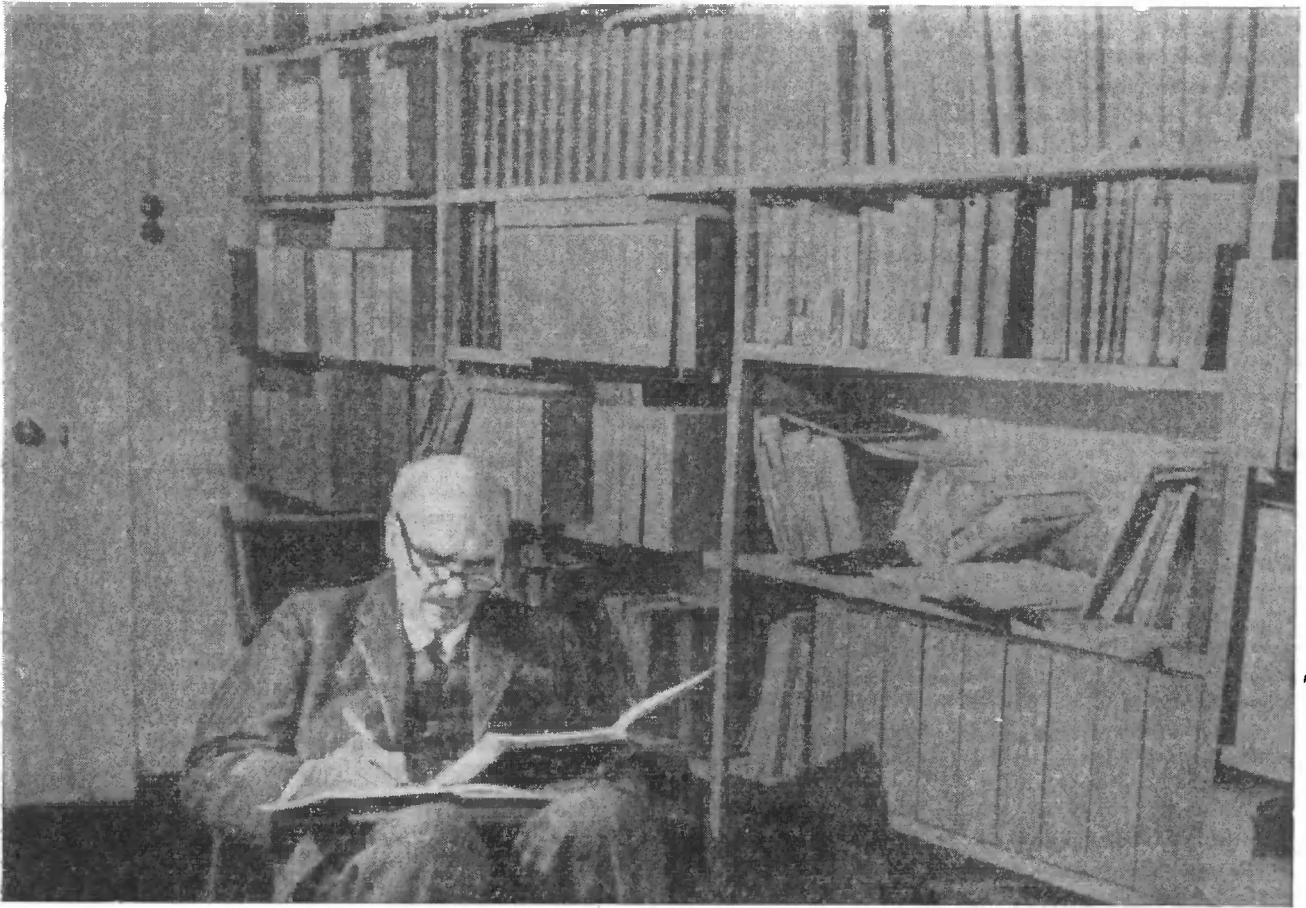
Дж. Холдейн о «Диалектике природы» Энгельса

Академик Б. М. Кедров

Публикуемая впервые в русском переводе статья недавно скончавшегося известного английского ученого и общественного деятеля Дж. Б. С. Холдейна¹ — это предисловие к «Диалектике природы» Ф. Энгельса, напечатанной в переводе на английский язык в США в 1940 г. под редакцией Холдейна. Издание классической работы Энгельса явилось большим событием для ученых и рабочих тех стран, где говорят на английском языке, прежде всего Великобритании и США, а также для всех, кто изучает революционную теорию марксизма-ленинизма. Эта книга, наряду с другими произведениями Маркса, Энгельса и Ленина, переведенными на английский язык и выпущенными в свет в свое время «Международным издательством» в США, дала возможность читателям познакомиться с необычайно богатым по глубине и многогранности учением диалектического материализма вообще, а также с его применением к проблемам естествознания и его истории. В предисловии редактора перевода (Холдейна) дана общая характеристика марксистского метода, причем Холдейн специально разъясняет ошибочность распространенного за границей мнения, будто марксизм имеет отношение лишь к общественным явлениям. На самом деле Маркс и Энгельс видели в диалектике науку об общих законах изменений, происходящих не только в обществе и человеческом мышлении, но и в природе (Холдейн говорит — во внешнем мире, имея в виду именно природу).

Холдейн показывает, что марксизм как целостное мировоззрение имеет самое близкое отношение к теоретическому естествознанию (к так называемой чистой науке), например к проблемам таутомерии в химии или индивидуальности в биологии. Подвергая острой

¹ Очерк о жизни и деятельности Холдейна опубликован в «Природе», 1968, № 5.



Дж. Б. С. Холдейн за работой в библиотеке газеты «Дейли Уоркер» (1943 г.) — органа ЦК компартии Великобритании. В 1938—1948 гг. он был председателем редакционного совета этой газеты

критике ошибочные утверждения некоторых людей, называющих себя «марксистами», но отвергающих важность изучения философских и естественнонаучных проблем, Холдейн ссылается на пример В. И. Ленина. Он рассказывает зарубежным читателям о том, что после поражения первой русской революции Ленин создал книгу «Материализм и эмпириокритицизм». В ней он не только подверг критике взгляды махистов, но и проанализировал общеполитическое значение открытий, сделанных физиками, в числе которых значились Г. Р. Герц, Дж. Дж. Томсон, А. А. Беккерель, П. Кюри. Холдейн подчеркивает, что книга Энгельса представляет интерес не только с точки зрения истории естествознания и философии, но имеет актуальное значение и для современной науки и политики. Поэтому, считает он, ее должны прочитать все, кто хочет выработать правильный подход как к явлениям природы, так и к сложнейшим событиям текущей жизни общества. В процессе разработки метода марксизма Энгельс обращал особое внимание на внутреннюю связь всех процессов и на относительном (Холдейн относительное называет здесь искусственным) характере тех различий, которые проводятся человеком между позвоночными и бес-

позвоночными или жидкостями и газом, а также между различными областями человеческого знания (в последнем случае речь идет о классификации наук).

Холдейн особо останавливается на том, что Энгельс был одним из наиболее образованных людей своего времени. И эти огромные знания он смог накопить, хотя отнюдь не вел замкнутой жизни ученого, а принимал самое деятельное участие в политической жизни. Зачем же Энгельсу нужны были все эти знания? Холдейн отвечает: потому, что диалектический материализм, основоположником которого он был вместе с Марксом, освещает не только события истории, но и все явления вообще, каковы бы они ни были — от падения камня до воображения поэта.

Выход в свет «Диалектики природы» на английском языке Холдейн связывает с политической обстановкой тех лет, стремясь показать читателю, какое мощное теоретическое оружие представляет эта книга. Он пишет, что людям особенно необходимо ясное мышление, если они хотят понять исключительно сложную обстановку, в которой оказалось тогда все человечество, и

в частности английский народ, если они хотят найти дорогу к лучшей жизни. (Вспомним еще раз, что предисловие писалось в конце 1939 г., когда уже вспыхнула вторая мировая война и полчища немецких фашистов вступили на польскую землю, а еще раньше захватили Австрию и Чехословакию.) В этой тревожной обстановке и прозвучали слова Холдейна, призывавшего изучать работу Энгельса, так как, по его глубокому убеждению, это могло предостеречь от упрощенных решений и помочь сознательно и мужественно участвовать в грандиозных событиях того времени.

К «Диалектике природы» Холдейн подошел как творчески мыслящий ученый, который за отдельной буквой марксизма находит и понимает его суть, его «душу», а за устаревшей в ряде мест естественнонаучной формой воззрений Энгельса — их живое, революционное содержание. Вполне понятно, что за время, истекшее после того, как Энгельс писал свою работу, естествознание продвинулось далеко вперед, а потому некоторые частные положения, касавшиеся отдельных отраслей естествознания, не могли не устареть. Свою задачу Холдейн видел в том, чтобы указать на эти устаревшие моменты в «Диалектике природы» и со всей ясностью показать, что метод Энгельса, его подход к изучению и толкованию данных естественных наук не устарел, а полностью сохранил значение и в условиях современного естествознания.

Такого именно принципа историзма Холдейн придерживается и в своем предисловии и в многочисленных подстрочных примечаниях, которыми он снабдил перевод книги Энгельса (эти примечания нами не публикуются). В них он разъясняет, какие именно (и почему) отдельные положения и факты, упоминаемые Энгельсом в «Диалектике природы», требуют пересмотра и уточнения, а иногда и полного отказа от них. Приведу несколько примеров. В связи с заметкой об эфире он указывает: в отличие от того, что было в физике во времена Энгельса, только немногие ученые верят теперь в эфир. Это понятие было отброшено после того, как было найдено, что движение тел относительно эфира невозможно обнаружить. Поэтому данная заметка, отмечает Холдейн, интересна лишь как характеристика идей того времени.

Подобными же замечаниями Холдейн снабжает статью Энгельса об электричестве, которая содержит в значительной степени устаревший с фактической точки зрения материал. В 70-х годах прошлого века сущность электричества была еще не выяснена, и поэтому формулировка Энгельса: «Обмен атомов в соседних молекулах — вот что такое ток», — неверна. Холдейн поясняет, что электрический ток трактуется теперь как результат движения электронов (в металлах) или ионов растворенного вещества (в электролитах). В этой связи стоит объяснить, данное Холдейном тому факту, что А. Эйнштейн не нашел в рукописи Энгельса «Диалектика природы» ничего интересного с точки зрения современной физики. Холдейн высказывает предположе-

ние, что, по всей видимости, Эйнштейн читал только те заметки Энгельса, где говорится об электричестве, а именно они-то и содержат устаревшие данные.

В своих примечаниях Холдейн касается также заметки Энгельса о делимости материи, где сказано, что атомы всегда находятся в соединении, образуя молекулы. Холдейн говорит по этому поводу: «Это не совсем правильно, хотя пятьдесят лет назад (сейчас уже 80 лет назад.— Б. К.) обычно так думали. Немногие элементы, например неон и ртуть, существуют в виде одиночных атомов при комнатной температуре, но все элементы существуют в этом виде при очень высокой температуре».

К тем условиям, которые должны быть налицо для того, чтобы могло проявиться капельно-жидкое состояние воды в интервале от 0 до 100° С (Энгельс видит в этом доказательство вечности законов природы), Холдейн добавляет еще одно: «Вода должна быть стандартной смесью легкой и тяжелой воды. Нет сомнения, — добавляет он, — что наши преемники откроют еще больше условий, необходимых для этого».

В примечаниях Холдейна указывается на устарелость в настоящее время ряда теорий и гипотез, получивших признание во времена Энгельса, а также отмечаются «открытия», впоследствии не подтвердившиеся, например «открытие» так называемых «монер». Некоторые биологи конца XIX в. склонны были видеть в них простые белковые комочки, не имеющие органической структуры, которая присуща, скажем, живой клетке. Не подтвердились, как на это указывает Холдейн, так же и «открытия» ископаемого Эозоона Канадензе¹, геккелевского батибия² и других, на которых есть ссылки в «Диалектике природы».

Ряд серьезных замечаний Холдейн делает к заметке Энгельса «Работа», к его статье «Приливное трение» и к другим местам книги Энгельса. В этих своих замечаниях он ссылается на новейшие тогда научные данные, показывая необходимость пересмотра тех или иных положений или формулировок у Энгельса и недопустимость догматического подхода к ним. Касаясь некоторых устаревших высказываний Энгельса в разделах о звездах и о протистах, он поясняет: «Нельзя порицать Энгельса за то, что он следовал за некоторыми из лучших астрономов и зоологов своего времени. Техническое усовершенствование телескопа и микроскопа, несомненно, много прибавило к нашим знаниям за

¹ Эозоон — так называли в XIX в. особые шишковатые, обладающие правильным внутренним строением выделения серпентина, открытые в известняках Канады. Первоначально этим выделениям приписывалось органическое происхождение; впоследствии это не подтвердилось.

² Батибий (от латинского *bathybius*) означает «живущий на глубине». Назван в честь Т. Г. Гексли, описавшего извлеченную со дна океана вязкую слизь, которую он принял за первичную бесструктурную протоплазму. Впоследствии оказалось, что батибий неорганического происхождения.

последние шестьдесят лет» (теперь надо было бы сказать — 90 лет.— Б. К.).

Однако, как это подчеркивает Холдейн, не к этим частным, устаревшим уже положениям, сводится то главное, что составляет основу «Диалектики природы». Главное в ней — марксистский диалектический метод, с таким мастерством примененный Энгельсом к естествознанию и его истории. Вот почему Холдейн совершенно правильно видит ценность работы Энгельса не в детальной критике частных теорий, многие из которых утратили ныне свое значение, а в том, как Энгельс ставил научные проблемы.

В той же статье об электричестве, которая содержит много устарелого материала, помешавшего Эйнштейну правильно оценить значение всей работы Энгельса, Холдейн разглядел замечательные предвидения, свидетельствующие о прогнозирующей силе и познавательной мощи диалектического метода. Он ссылается на заключительные слова Энгельса, что понимание тесной связи между химическим и электрическим действием (этой связи не видели и не понимали многие современники Энгельса.— Б. К.) приведет к крупным результатам в обеих этих областях исследования. По этому поводу Холдейн отмечает в своем предисловии, что пророчество Энгельса, без сомнения, полностью сбылось: ионная теория Аррениуса преобразовала химию, а электронная теория Дж. Дж. Томсона революционизировала физику.

К словам Энгельса о том, что в области электричества еще только предстоит сделать открытие, подобное открытию Дальтона, открытие, дающее всей науке средоточие, а исследованию — прочную основу, Холдейн делает примечание: «Центральным открытием было открытие электрона Дж. Дж. Томсоном».

В свете сделанных Холдейном замечаний читателю должна была стать совершенно ясной справедливость общего вывода: большим уроном не только для марксизма, но и для всех отраслей естествознания было то, что Бернштейн (известный оппортунист), в руки которого попала рукопись Энгельса, не опубликовал ее. Исключительно важно признание Холдейна, что если бы метод мышления Энгельса был знаком естествоиспытателям, то преобразование физических представлений, которое имело место в XX в., прошло бы более гладко. Этим Холдейн подтверждает положение Энгельса о том, что теоретические обобщения в области естествознания делаются быстрее и глубже в том случае, если навстречу диалектическому характеру естественнонаучных фактов нести понимание законов диалектического мышления.

В этой связи Холдейн показывает и прослеживает, каким образом современная наука подтвердила идеи и предвидения, выдвигавшиеся в свое время Энгельсом на основе принципов материалистической диалектики. На примере математики, астрономии, физики, химии, биологии Холдейн показывает, что если отдельные ес-

тественнонаучные положения, высказанные Энгельсом, в результате бурного прогресса науки устарели, то его общий метод и сегодня сохранил свое значение.

Силу предвидения у Энгельса Холдейн демонстрирует многочисленными фактами. Разъясняя, что «дальнейшие наблюдения над Солнцем покажут, насколько при этом теплота превращается в электричество или в магнетизм», Холдейн указывает на открытие огромных магнитных полей в солнечных пятнах и на то, что материя, как стало известно, выбрасывается на поверхность Солнца в электрически заряженном состоянии. «Оба эти факта,— подчеркивает Холдейн в своем примечании,— когда о них писал Энгельс, и не подозревались если не всеми астрономами, то большинством из них». Холдейн отмечает далее, что современная атомистическая теория подтвердила мысль Энгельса о неразрывности материи и движения, высказанную в заметке «Диалектика естествознания». По поводу высказывания Энгельса насчет того, что константы физики суть узловые точки, Холдейн констатирует: «Здесь, как и во многих других случаях, Энгельс шел впереди своего времени... Мы знаем теперь, что цвета представляют серию узловых точек». Далее следует разъяснение того, как физика связывает окраску тела со способностью его молекул поглощать свет той или иной частоты.

В другом примечании Холдейн комментирует мысль Энгельса о том, что вместо трех следует принять только один вид лучей, оказывающих различное (в зависимости от длины волны), но совместимое в узких границах действие. Он пишет: «Это, несомненно, правильно. Здесь имеется непрерывный ряд лучей, от радио- до гамма-лучей, в котором количественные изменения в длине волны проявляются в значительных качественных различиях. Но это было открыто только после смерти Энгельса».

Трактовка Энгельсом солнечной теплоты как отталкивания снабжена ссылкой на открытие П. Н. Лебедевым светового давления. Этой ссылкой Холдейн хотел сказать, что в общей форме Энгельс предвидел открытое (измеренное) позднее Лебедевым давление света. Поэтому Холдейн подчеркивает, что Энгельс и здесь опережает свое время.

Холдейн показывает, что позднейшие открытия науки подтвердили правильность общей формулировки закона перехода количества в качество, данной Энгельсом применительно к явлениям неорганической природы. Соответствующие примечания гласят: «Алмаз и графит представляют аллотропические формы углерода. То, что они имеют различный запас энергии, предвидел Энгельс, но доказано это было только после его смерти». Подтвердились также предположения Энгельса в области кинетической теории газов, равно как оправдались его сомнения в вечности химических элементов и осуществились многие другие его смелые предсказания и предвидения.

Все это дает Холдейну основание сделать общее заключение, что «Энгельс указывал пути, по которым физика действительно двигалась вперед». В предисловии он замечает по этому поводу, что достойно удивления, насколько точно мог Энгельс предвосхитить дальнейший прогресс науки.

Свежими, чрезвычайно интересными примерами Холдейн поясняет ряд мыслей Энгельса. К фрагменту «Движение и равновесие» он делает примечание: «Истинность этого положения вновь и вновь подтверждается. Например, найдено, что кости, кажущиеся такими твердыми, в продолжение жизни постоянно обмениваются своими атомами фосфора с кровью». Фактами из астрофизики иллюстрируется мысль Энгельса, что уже на Солнце отдельные вещества не различаются по своему действию, так как они диссоциированы. Относительно этого Холдейн замечает: «На Солнце (за исключением немногих составных частей в его наружных слоях) вся материя диссоциирована на атомы, а атомы могут терять часть электронов. Таким образом, все виды вещества имеют одинаковые механические свойства, а именно свойства горячего газа».

Очень нагляден, прост (и в то же время глубок) пример с зажиганием спички, приведенный в примечаниях Холдейном. Он поясняет мысль Энгельса о переходе количества в качество: на известной ступени своего количественного нарастания механическое движение переходит в тепловое (молекулярное) и далее в химическое (атомное). В самом деле, говорит Холдейн, если спичку трут слегка, она нагревается, если трут ее сильнее, она загорается.

В предисловии сказано, что стремление математиков дать непротиворечивое обоснование дифференциального исчисления не устранило основных диалектических противоречий, свойственных этому разделу математики и отмеченных Энгельсом, а только передвинуло рассмотрение этих противоречий в область математической логики.

Очень интересны комментарии к биологическим разделам книги, тем более, что сам Холдейн был по специальности биологом, химиком и математиком. Сошлюсь на его попытку разобрать позднейшие открытия в биохимии и микробиологии в свете энгельсовского определения жизни как способа существования белковых тел. В предисловии говорится, что большинству биохимиков это определение казалось односторонним, так как любая клетка, наряду с белками, содержит много других сложных органических веществ. Только в конце 30-х годов нашего века оказалось, отмечает Холдейн, что некоторые чистые белки обнаруживают одну из наиболее существенных черт живых тел, производящих себя в самой разнообразной среде. Холдейн имеет здесь в виду открытие в 1935 г. вирусных белков.

Ссылкой на открытие вирусов Холдейн поясняет также

мысль Энгельса о том, что бесклеточные начинают развитие с простого белкового комочка. В примечании к фрагменту Энгельса «Протисты» Холдейн пишет: «Этот общий очерк основывается на наблюдениях, которые только частично правильны. Развитие микроскопической техники позволило установить, что простейшие организмы, достаточно большие для того, чтобы быть видимыми, имеют сложную структуру. Все организмы, которые Энгельс разбивает на группы 1 и 2, являются ядерными. С другой стороны, некоторые из ультра-микроскопических вирусов — простые белковые молекулы, то есть они не имеют иной структуры, кроме химической, присущей им как протеинам».

К замечанию Энгельса о том, что уже у бесклеточных обнаруживается стремление к формированию, свойственное всем белковым телам, Холдейн сделал примечание: «Белковые молекулы могут агрегироваться в кристаллы, волокна, или так называемые тэтоиды, которые напоминают органическую структуру и примерами которых фактически служат многие органические структуры внутри клетки». Указывая при этом, что Энгельс мог ошибаться в частности, поскольку биохимия не располагала в то время достаточно точными данными, Холдейн снова подчеркивает его правоту в смысле общей постановки вопроса. Например, микророкки, вибрионы и т. п. оказались не просто белковыми комочками, как думали раньше биологи (и Энгельс вместе с ними), но более сложными образованиями. Однако, если аргументацию Энгельса применить к фильтрующимся вирусам, то по существу она окажется правильной, что и констатирует Холдейн.

Весьма характерны слова Холдейна о том, что если бы заметки Энгельса о дарвинизме были известны ему раньше, то благодаря этому он, Холдейн, избежал бы ряда неясных мыслей. Поэтому он от всего сердца приветствует издание английского перевода «Диалектики природы» и надеется, что будущим поколениям ученых она поможет выработать гибкость мышления.

Эти слова как нельзя лучше иллюстрируют положение Энгельса о значении материалистической диалектики для естествоиспытателей.

Самые короткие световые импульсы

П. Г. Крюков

Кандидат физико-математических наук
Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР
Москва

Научные сообщения

В настоящее время многие лаборатории мира весьма интенсивно занимаются исследованием оптических квантовых генераторов, способных излучать ультракороткие мощные импульсы света. Интерес к этим исследованиям вызван тем, что такие импульсы с длительностью от 10^{-9} до 10^{-12} сек. могут найти широкое применение в науке и технике — для нагрева плазмы, изучения нелинейных оптических процессов, высокоскоростной фотографии, создания оптических локаторов с высокой точностью. Например, при использовании таких импульсов в локаторах точность измерения расстояний в многие километры составила бы доли миллиметра. Ультракороткие световые импульсы могут также приме-

няться в световых счетных машинах с высокой скоростью счета.

В журнале «Science» (т. 156, 1967, № 3782) опубликована статья американских физиков Де Мария, Стетсера и Гленна, посвященная обзору последних достижений в области генерации оптических импульсов исключительно высокой мощности (приблизительно 10^{11} вт) и крайне короткой длительности (порядка 10^{-12} сек). Способ получения таких импульсов основан на своеобразном интерференционном эффекте. Известно, что резонатор Фабри — Перо, являющийся важной частью оптических квантовых генераторов, имеет набор собственных резонансных частот или, как их часто называют, мод. Причем разность между двумя соседними модами есть определенная величина, зависящая от расстояния между зеркалами резонатора Фабри — Перо.

Как правило, излучение квантового генератора происходит на одной или нескольких модах, для которых усиление максимально, хотя другие моды также могли бы генерировать, поскольку в контур полосы усиления попадает обычно большее число мод. Происходит это из-за того, что моды, на которых началась генерация, забирают энергию, не оставляя ее другим модам. Можно сконструировать резонатор Фабри — Перо таким образом, чтобы все моды находились в равных условиях — тогда в генерации сможет участвовать большее число мод. Если бы удалось добиться, чтобы различные моды были связаны определенными фазовыми соотношениями, то общее излучение генератора оказалось бы про-

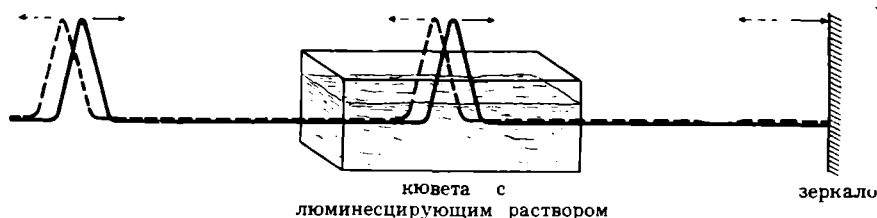


Схема измерения длительности импульса

модулировано импульсами, длительность которых тем меньше, чем больше связанных мод участвует в генерации. Такая модуляция происходит в результате наложения мод, как это следует из теоремы Фурье о разложении периодического импульса в ряд синусоид.

На практике связывание мод осуществляется применением специального вещества, способного изменять свою прозрачность под действием излучения оптического генератора. Будучи помещенным внутри резонатора, такое вещество автоматически приводит к тому, что генератор начинает излучать серию ультракоротких импульсов.

Длительность импульсов настолько мала, что ее не удастся измерить, даже применяя самые высокоскоростные электронные приборы. Поэтому были предложены остроумные методы измерения длительности, основанные, по существу, на мгновенном измерении длины импульса в пространстве. 10^{-12} сек — это время, за которое свет проходит три сотые доли сантиметра, и, следовательно, волновой пакет такого импульса занимает в пространстве несколько десятых миллиметра.

Один из способов измерения длительности импульса заключается в следующем. Импульсы света пропускаются через кювету с люминесцирующим веществом, затем попадают на зеркало и, отразившись, снова проходят через кювету (см. рисунок). Кювета заполнена веществом, способным люминесцировать за счет двухфотонного поглощения света. При этом интенсивность люминесцентного свечения пропорциональна квадрату интенсивности падающего излучения. Благодаря этому интенсивность люминесцентного свечения выше в той области, где отраженные импульсы света встречаются с импульсами, бегущими вперед. Действительно, в том месте, где встречаются импульсы, интенсивности складываются и, следовательно, яркость свечения больше, поскольку она пропорциональна квадрату интенсивности возбуждающего света. Осуществляется только сфотографировать све-

чение. Затем, измерив длину участка с повышенной яркостью и поделив ее на скорость света, можно вычислить длительность импульса.

УДК 621.375.9

Дерево — летописец климата

В. Е. Рудаков
Ялта

Не так давно на Памире были исследованы годовые кольца арчи для выявления хода колебаний климата за последние столетия. Анализ кривых хода годового прироста арчи дал возможность установить, что минимальные приросты всегда совпадали с засушливыми годами. Однако общее направление хода кривых годового прироста показывает, что значительного изменения климата на протяжении девяти веков в сторону большей сухости нет.

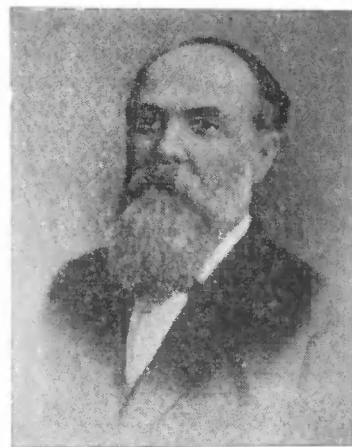
Почему же ученым понадобилось обращаться к годовым кольцам на срезах дерева для выяснения изменений климата? И каким образом дерево может помочь установить эти изменения? К настоящему времени наиболее длительные инструментальные метеорологические наблюдения накоплены по температуре воздуха, точные измерения которой в Европейской части России были начаты раньше всего в Петербурге (с 1743 г.), Москве (с 1790 г.), Риге (с 1796 г.), Таллине (с 1806 г.), Казани (с 1812 г.) и Архангельске (с 1813 г.). За остальными метеорологическими элементами, в том числе за атмосферными осадками, наблюдения были начаты позже.

В 1868 г. на территории России была всего 31 метеорологическая станция.

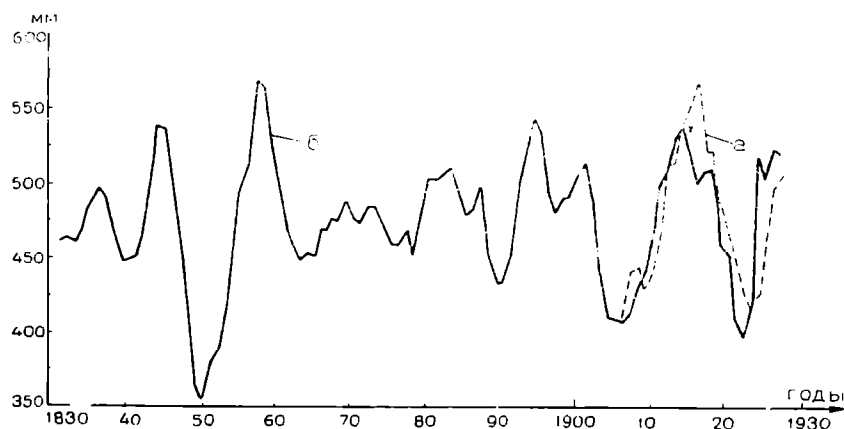
Теперь, спустя сто лет, в СССР их уже несколько тысяч. Но большинство метеорологических станций имеют короткие ряды наблюдений, так как они были созданы только после организации в 1929 г. Гидрометеорологической службы Советского Союза.

Имеющиеся же в исторических документах сведения о чрезвычайных явлениях природы не могут считаться исчерпывающими. Летописцы обычно ограничивались лишь описанием наиболее сильных засух, наводнений и тому подобных явлений. Поэтому число таких записей недостаточно для характеристики (в климатическом отношении) большого отрезка времени — с IX по XVII век. Записи о явлениях природы в XVIII в. можно почерпнуть лишь в литературных произведениях. Вот почему получение дополнительных достоверных сведений, которые бы продлевали в глубь веков непрерывные данные инструментальных метеорологических наблюдений, представляет большой интерес. И в этом отношении немалую помощь оказывает нам дерево.

В умеренных широтах, при резко выраженной смене времен года, весной и летом у деревьев образуются крупные клетки древесины, с тонкими оболочками. Древесина, состоящая из таких клеток, называется ранней, или весенней. В дальнейшем образу-



Профессор Ф. Н. Шведов (1841—1905) — основоположник отечественной дендроклиматологии



Ход колебаний осадков в Бузулукском бору: а — по данным метеорологической станции; б — по приросту сосен

ется более плотный слой древесины из более мелких клеток с толстыми оболочками, носящий название поздней, или осенней древесины. Эти два слоя прироста и образуют одно годичное кольцо. Слой поздней древесины отделяет древесину данного кольца от более светлой, ранней древесины кольца следующего года.

Чередование ранней и поздней древесины образует годичные кольца на поперечных срезах стволов. Наиболее ясно мы видим их у хвойных деревьев; у лиственных древесных пород годичные кольца не всегда достаточно четко выражены. Эти слои, ежегодно образуемые деревом по периферии ствола в результате жизнедеятельности камбия в слое, и служат своеобразной летописью.

Иногда бывает — реже у хвойных и чаще у лиственных пород — удвоение, или расщепление годичного кольца. Оно наблюдается обычно тогда, когда начавшийся рост дерева и отложение рыхлой древесины в конце весны или летом под влиянием каких-либо внешних неблагоприятных воздействий (объединение листьев или хвои насекомыми, гибель листьев из-за заморозков, резкого изменения погоды и т. п.) вдруг замедляется, и камбий откладывает более плотную древесину с менее широкопросветными элементами.

Когда же на дереве появляются новые листья или когда погодные условия изменяются в более благоприятную сторону, жизнедеятельность камбия повышается и в результате снова начинают откладываться более рыхлые, широкопросветные элементы древесины. Таким образом, годичный прирост древесины бывает представлен двумя кольцами, из которых первое, внутреннее, называется «ложным кольцом». Оно обычно имеет не резко выраженную границу, представленную прослойкой клеток с чрезвычайно тонкими стенками. Часто внутреннее, ложное кольцо не образует полного круга, а местами постепенно теряется в настоящем годичном слое. Такие ложные (раздвоенные) кольца обычно удается выявить довольно легко.

Итак, сосчитав количество годичных колец, можно определить возраст деревьев. Но рост дерева характеризуется не только образованием годичного кольца. Не менее важно и то, какой толщины оно образуется.

Если внимательно взглянуть на поперечный спил ствола или пень дерева, то даже невооруженным глазом можно заметить, что годичные кольца имеют различную толщину. Но видна и такая закономерность: в начале жизни дерева образуются более тонкие годичные кольца. Затем их

толщина увеличивается. Однако позже, с увеличением возраста дерева, толщина годичных колец постепенно уменьшается. Если бы на рост дерева влиял только возраст, то ход роста был бы плавным и следовал бы широко известной, упомянутой выше закономерности, а именно, в начале жизни дерева толщина годичных колец равномерно увеличивалась бы, затем, после достижения наибольшей величины прироста, постепенно уменьшалась. Так было бы в том случае, если бы дерево росло в оптимальных (неизменных) условиях. Но таких условий в умеренных широтах нет, поэтому виден неравномерный ход роста дерева: одни кольца уже, другие — шире, даже если они и расположены рядом.

Эти колебания в толщине годичных колец нельзя объяснить возрастом дерева. Но они хорошо объясняются решающим влиянием на его рост колебаний метеорологических факторов. Действительно, недостатки влаги, тепла и другие подобные явления задерживают прирост древесины; если же того и другого достаточно, то это, наоборот, ускоряет прирост. Правильность таких наблюдений подтверждается результатами исследований как отечественных, так и зарубежных ученых.

Общая закономерность колебаний толщины годичных колец деревьев

такова: на юге СССР, где много тепла, но мало осадков, изменения в ширине годовых колец деревьев зависят главным образом от количества осадков. На севере, где много влаги, но недостаточно тепла — от температуры воздуха.

Существование такой зависимости и дает возможность по изменениям ширины годовых колец деревьев устанавливать ход колебаний ведущих метеорологических факторов: на юге — осадков, на севере — температуры воздуха. Это возможно потому, что сохранение жизнедеятельности в тех или иных условиях вынудило не только деревья, но и все растения, весь процесс роста и развития сочетать с изменениями внешней среды. Следовательно, по колебаниям величин годового прироста слоя можно судить о тех изменениях внешней среды (в частности, о колебаниях метеорологических факторов), которые вызвали неравномерный прирост. Поэтому ход прироста и представляет собой своеобразную историю климата данной местности.

Первой работой в России, в которой удалось получить от деревьев сведения о засушливых годах, было исследование профессора Одесского университета Ф. Н. Шведова, начатое им в 1881 г. и опубликованное в 1892 г. в журнале «Метеорологический вестник». Оно так и было озаглавлено — «Дерево как летопись засух». На большой метеорологический интерес этой работы в свое время указал Д. И. Менделеев. При этом он справедливо подметил, что много раз разбирался вопрос о влиянии леса на климат, но мало изучалось влияние климата на лес.

В наше время дендроклиматологии¹ стало уделяться значительное внимание, как у нас, так и за границей. Это дало возможность использовать толщину колец деревьев для суждения о характере метеорологических условий в прошлом. Важные работы были выполнены советскими учеными в Средней Азии. Исследование годовых колец арчи на спилах с торцов арчевых балок, вложенных в

кладку зданий в Самарканде в XIV—XVII вв., дало возможность установить, что на каждое столетие приходилось примерно по три влажных и три засушливых периода, с интервалами между ними от 20 до 30 лет.

Исследования годовых колец деревьев, проведенные сотрудниками Ботанического института АН СССР на Среднем и Южном Урале, а также в Восточной Сибири, привели ученых к выводу, что в настоящее время климатические условия становятся здесь более благоприятными для деревьев, что способствует продвижению лесов на север и вверх в горы.

Недавно к таким же выводам пришел и сотрудник Института экологии растений и животных Уральского филиала АН СССР С. Г. Шиятов. Он установил причину смещения границы леса на восточном склоне Полярного Урала. Оказалось, что прирост сибирской лиственницы, произрастающей на верхнем пределе своего существования, обусловлен в основном изменениями климатических условий, в частности повышением температуры воздуха. Полученные С. Г. Шиятовым результаты исследования подтвердили, что снижение верхней границы леса происходило до 30-х годов нынешнего столетия, после чего началось ее поднятие в связи с потеплением климата.

В Воронежской области изучение годовых колец дубов дало возможность установить повторяемость влажных и засушливых лет с 1730 по 1950 г. Оказалось, что в десятилетие в среднем наблюдалось три влажных и три засушливых года.

Развивая идеи Ф. Н. Шведова, мы разработали математический метод получения от дерева не только качественных характеристик метеорологических условий в прошлом (какие годы были засушливыми или влажными), как это было сделано в предшествующей работе, но и количественных значений осадков, выраженных в миллиметрах. Это стало возможным благодаря преобразованию величин ширины годовых колец деревьев в безразмерные относительные величины — модульные коэффициенты годового прироста.

После такого преобразования кривые роста различных по возрасту и диаметру деревьев становились сравнимыми, так как характерная кривая роста дерева выпрямляется и относительно нее ярко выделяются колебания прироста, на который влияние возраста не прослеживается на всем протяжении жизни дерева.

Модульные коэффициенты годового прироста сопоставлялись затем с метеорологическими факторами, полученными на метеорологических станциях. В результате этого удалось выявить, что изменениям метеорологических факторов соответствуют изменения модульных коэффициентов годового прироста, т. е. зависимость прироста от метеорологических факторов очевидна. Это наиболее четко проявляется в условиях недостаточного увлажнения на юге, когда дерево очень резко реагирует на колебания количества выпадающих осадков, или на севере, где дерево резко реагирует на колебания температуры воздуха в течение вегетационного периода.

Используя числовые значения модульных коэффициентов годового прироста и осадков по данным метеорологической станции в Бузулукском бору, мы установили математическим путем прямую зависимость колебаний величин прироста от колебаний осадков. По годовым кольцам сосен Бузулукского бора нам удалось получить сведения об осадках с 1903 до 1829 г. Это больше чем вдвое увеличило наши знания об осадках в этом районе, так как наблюдения за осадками в бору велись лишь с 1903 г., с момента организации метеорологической станции.

Насколько соответствует ход кривых прироста годовых колец у сосен и осадков, можно судить по графику. Он свидетельствует о высокой точности «регистрации» деревом осадков, выпадающих в зоне недостаточного увлажнения, в которой расположен Бузулукский бор.

Используя наш метод исследования, сотрудник Лаборатории лесоведения АН СССР Л. Г. Динесман выявил влияние осадков на прирост древес-

¹ К. В. М а с с а л е в. Годовые кольца и сверхдолгосрочные прогнозы. «Природа», 1964, № 4.

но-кустарниковой растительности на северо-западе Прикаспийской низменности, а географ В. Н. Адаменко по годичным кольцам лиственницы сибирской установил, какие были температурные условия в районе современного горного оледенения на Полярном Урале за 120 лет до начала наблюдений на метеорологической станции.

Знание колебаний климата в прошлом в некоторой степени способствует прогнозу его будущих колебаний, что представляет не только большой научный, но и практический интерес для планирования развития многих отраслей народного хозяйства СССР.

Ультразвук обрабатывает камни

А. Х. Лазарян
Ереван

Армения чрезвычайно богата декоративными камнями. В республике представлены почти все возможные разновидности природного камня: только разведанных месторождений различных туфов насчитывается более 80. Разнообразие структуры, окраски, декоративность, достаточная прочность и стойкость каменных пород создают широкие возможности для применения их в строительстве, в архитектурном оформлении зданий; из камней можно изготавливать различные украшения, предметы обихода, отделанные прекрасной резьбой.

Армянские каменотесы с древнейших времен славились умением обрабатывать природные камни. Они выкладывали из них великолепные мозаичные рисунки, применяли разноцветные камни для гравюр, барельефов, миниатюр, скульптур. Древние мастера владели искусством сочетания обработки камня и металла. При раскопках выдающегося памятника древности — знаменитого города Аргиштихили, основанного в 776 г. до н. э. на левом берегу среднего течения Аракса, в центре Арагатской долины, найдены орудия каменотеса, высокохудожественные изделия, ониксовая печатка, архитектурные сооружения своеобразного стиля.

Большой интерес представляют клинописные материалы, обнаруженные за последние десятилетия во время раскопок в юго-восточной части го-

рода Еревана — Арин-Берде. Царь Аргишти I (780—760 г. до н. э.), сын царя Урарту — Менуа, в клинописи сообщает, что в 781 г. он построил город Эребуни и его крепость. Ныне общепризнано, что Ереван — это видоизмененное название Эребуни. Сведения, донесенные до нас в каменной клинописи, дают возможность осенью 1968 г. отметить 2750-летний юбилей города Еревана.

Резьба на твердых породах камня, особенно таких, как агат, оникс, мрамор, требует не только высокой квалификации, но и большой затраты времени. Даже теперь обработка армянских декоративных камней — весьма сложный и трудоемкий процесс. Вот почему работы лаборатории Института камня и силикатов (Ереван) (исполнители темы И. А. Тер-Азарьев и П. Сувалян) по применению ультразвука в обработке каменных пород представляют не только научный, но и большой практический интерес. Использование ультразвука для обработки камней получает распространение на ряде предприятий нашей республики.

Зеркальное изображение рельефного рисунка колеблется с ультразвуковой частотой и с определенным усилием прижимается к обрабатываемому камню. В рабочую зону подается абразивная суспензия или вода. Ультразвуковые колебания торца инструмента трансформируются в быстрые движения зерен твердого абразива или взвешенных в воде выбитых частиц самого обрабатываемого камня. В результате на поверхности камня появляется негативное изображение профиля инструмента.

Туфы легко обрабатываются ультразвуком без применения абразивных материалов лишь в водной среде. При этом производительность обработки не понижается, а в некоторых случаях повышается. Так, туф анийского типа обрабатывался в абразивной среде со скоростью 25 мм/мин, а в воде — 28 мм/мин. Производительность обработки туфа ереванского типа в абразивной среде ниже, чем в воде, на 40%.

При обработке туфов в воде удары колеблющегося с ультразвуковой ча-

стотой инструмента разрыхляют его поверхность и ослабляют связи между частицами. Мелкие частицы туфа — обломки вулканического стекла, плагиоклаза, моноклинных амфибол, биотитов и др. — высвобождаются и начинают действовать как абразив для дальнейшей обработки. Одновременно вода удаляет продукты разрушения из рабочей зоны, поэтому пористая поверхность камня не портится и не пачкается. Немаловажное значение имеет при таком способе ультразвуковой обработки действие кавитации.

Основная часть установки для обработки каменных пород — ультразвуковой генератор, возбуждающий колебательную систему. Эта система преобразует электрические колебания ультразвуковой частоты при помощи магнитострикционного сердечника в механические колебания той же частоты, которые от него передаются инструменту.

Художественную обработку камней можно производить на универсальных станках, выпускаемых для инструментального производства. Однако, когда не требуется большой точности, в дело могут быть пущены сверлильные станки, серийно выпускаемые ультразвуковые генераторы и магнитострикционные вибраторы. В этих случаях стоимость ультразвуковой установки в несколько раз уменьшается.

Нанесение на камни различных изображений, изготовление предметов технического назначения, сувениров, настольных и других украшений, использование декоративных камней для наружной и внутренней отделки зданий приобретает все большее народнохозяйственное значение. Новый способ позволяет также получать точные копии графических рисунков, уникальных изделий древних мастеров.

Экономическая целесообразность ультразвуковой обработки камня не вызывает никаких сомнений, а простота и рентабельность предложенного учеными Армении метода дает возможность широко внедрить его на камнеобрабатывающих и других предприятиях.

УДК 621.024.4-8

Музей минеральных вод

Н. И. Долуханова
Кандидат геолого-минералогических наук

Э. С. Халатян
Ереван

Тысячелетиями в Армении поклонялись воде. О культе воды свидетельствуют и статуи языческой богини Нар, и каменные стражи водоемов — вишапы, и крепости у истоков рек. Хвалой воде полна и армянская поэзия.

Как и во всякой горной стране — стране с богатым геологическим прошлым, вспышками вулканической деятельности, — в Армении чрезвычайно много различных полезных ископаемых. Среди них одно из главных мест занимают ценнейшие минеральные воды. Запасы их практически неисчерпаемы.

Армению можно назвать своеобразным музеем минеральных вод, различных по происхождению, химическому и газовому составу. Зная целебные свойства многих вод, местное население издавна называло их «саламат», что означает «здоровье», или «кенсали» — «полный жизни».

Каменные орудия, наконечники стрел, найденные в отложениях минеральных вод (травертинах) у с. Арзни, говорят о том, что Арзнинские минеральные источники были уже известны человеку каменного века. В VII в. люди знали Двинские минеральные воды. По свидетельству исто-

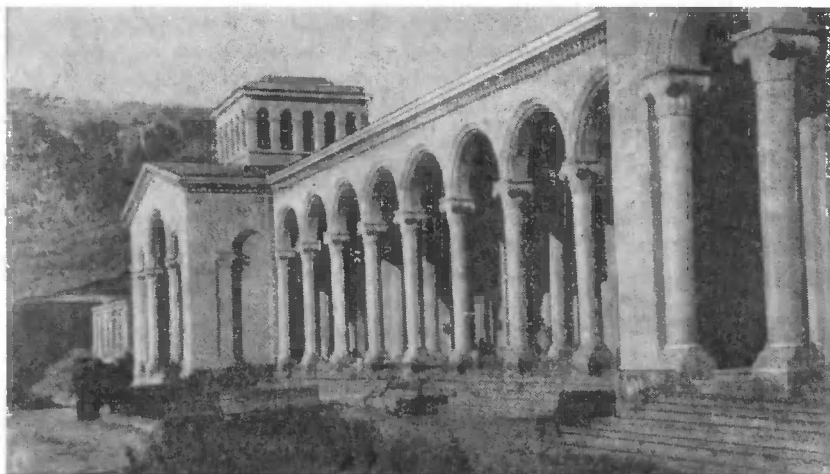
рика XIII в. Степаноса Орбеляна, во всем мире славилась многие источники Даралагеза. В раннем средневековье были широко популярны минеральные источники Сюника. Более тысячи лет назад армяне пользовались и минеральными водами в окрестностях Татевы.

В Армянской ССР известно около 700 источников и буровых скважин, фонтанирующих минеральной водой.

Расход воды в отдельных группах источников граничит с дебитом горной речки. Это Араратские, Арагацские, Джермукские, Анкаванские, Арзнинские, Татевские и др. источники. Но у большинства все же сравнительно небольшой дебит — от нескольких тысяч и до 50—70 тыс. литров в сутки.

Температура минеральных источников Армении колеблется в широких пределах — от 4° С (Гридзор) до 64° С (Джермук). Однако основная часть все же холодные (до 20°С), остальные — теплые и горячие. Мы выделяем четыре группы вод: Араратские, Татевские и др. источники с температурой 24—26°С; Анкаванские термы и источники на р. Бугур с температурой от 30 до 35°С; Бжнинские и Азатаванские термы — 40—42°С и, наконец, Джермукские термы — 55—64°С. Ценность минеральных вод состоит не только в их лечебных свойствах: они могут также служить источником природного тепла. Теплые воды второй и третьей групп пригодны для обогрева парникового грунта и для других хозяйственных целей. Водами четвертой группы можно отапливать помещения. Очень горячих вод, которые годились бы для получения электроэнергии в теплосиловых установках, в Армении пока еще не встречено, но поиски их продолжаются.

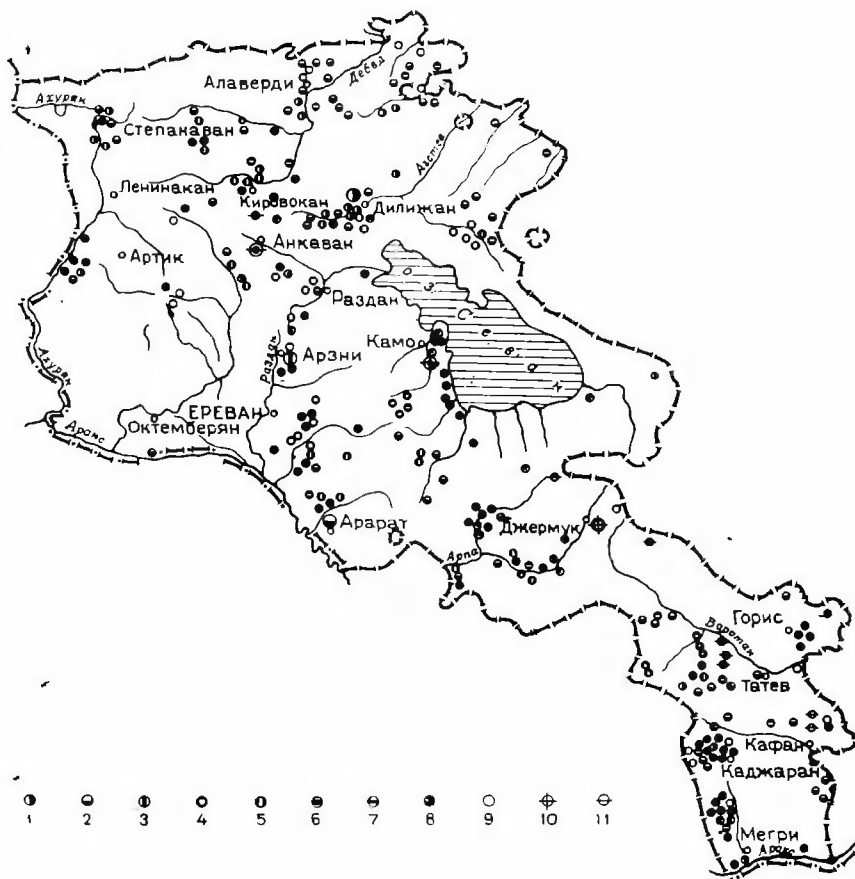
Многие минеральные источники Армянской ССР по своему химическому составу и температуре близки к водам различных всемирно прославленных курортов. Джермукские, Арзнинские и Анкаванские воды даже экспортируются в зарубежные страны. Но пока в курортном деле используется только ничтожная доля этих богатств.



Джермук сегодня

Каждая группа источников имеет свой «букет», определяющий ее лечебные свойства. Например, Джермукские минеральные воды, которые находятся в Айоцдзоре, аналогичны водам знаменитых Карловых Вар; это — углекисло-содово-глауберовые или гидрокарбонатно-сульфатные натриевые воды. Общее количество растворенных в них веществ колеблется в пределах 3,5—4,0 г/л. Джермукские источники содержат такие важные микроэлементы, как кремний, иод, бром, фтор, бор, марганец и медь, что придает им еще большую лечебную ценность.

На курорте Джермук лечатся не только больные с хроническими заболеваниями печени, желчного пузыря, желчных путей и поджелудочной железы, желудочно-кишечного тракта и обмена веществ. Здесь можно также лечить заболевания перифе-

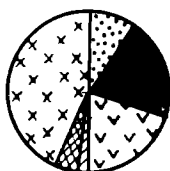


Схематическая карта выходов минеральных вод Армении: 1 — гидрокарбонатные натриевые; 2 — гидрокарбонатные кальциевые и кальциево-магниевого; 3 — гидрокарбонатные хлоридные натриевые; 4 — гидрокарбонатные сульфатные натриевые; 5 — гидрокарбонатные натриево-кальциевые; 6 — гидрокарбонатно-хлоридные натриево-кальциевые; 7 — гидрокарбонатно-сульфатные натриево-кальциевые; 8 — смешанного состава, 9 — сульфатного состава, редкие для Армении; 10 — термальные источники; 11 — субтермальные источники. Эксплуатируемые источники выделены крупно

Джермук



Карловы Вары



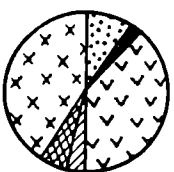
Арзни



Зоден-Антаунс



Дилижан



Боржоми



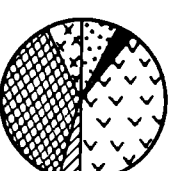
Анкаван



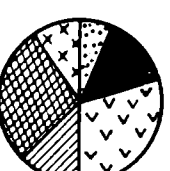
Ессентуки



Татев



Кисловодск



1



4



2



5



3



6

Химический состав вод главнейших минеральных источников Армении и их аналогов: — хлор, 2 — сульфат ион, 3 — гидрокарбонат, 4 — магний, 5 — кальций, 6 — натрий

ческой и центральной нервной системы и различные невроты при отсутствии нарушений психики. Джермукская вода — прекрасный столовый напиток, он приятен на вкус и хорошо утоляет жажду. К сожалению, сейчас используются не все возможности этого курорта. Ведь вокруг Джермука выходит много других минеральных источников, ценные воды которых также могли бы принести пользу людям. Курорт, несомненно, надо расширять, для этого есть все возможности.

Бальнеопитьевой курорт Арзни возник на базе большой группы минеральных источников, выходящих в каньоне р. Раздан — единственной реки, вытекающей из оз. Севан. Выщелачивая соленосные породы, арзинские воды приобретают свой хлоридно-гидрокарбонатный натриевый состав. Из микроэлементов в них обнаружен иод, бром, литий, мышьяк, марганец, фосфор, кремний, бор и стронций. Общее количество растворенных в минеральной воде Арзни веществ достигает больших величин (8,3 г/л), что объясняется легкой выщелачиваемостью соленосной толщи.

Воды типа Арзни встречаются в природе очень редко, во всяком случае, на обширной территории Советского Союза таких вод до сих пор не было обнаружено. Некоторые исследователи считают их близкими по составу к знаменитым Наугеймовским и Висбаденским источникам. Курорт Арзни функционирует круглый год. Здесь лечат болезни сердечно-сосудистой системы, желудка и кишок, желчно-каменной болезни и воспаления желчного пузыря, хронических воспалений почечных лоханок, мочеислого диатеза, диабета, болезней нервной системы и органов движения. Вода одного из источников Арзни служит прекрасным столовым напитком.

На юге Армянской ССР (в 50 км к юго-востоку от Еревана, в широкой долине р. Аракс) находится Арагатская группа минеральных источников. Они выщелачивают мощную известняковую толщу. Воды их богаты стронцием, бромом, иодом, а также

медью, железом, серебром и свинцом. Самый крупный источник в районе, да, пожалуй, и во всей Армении — источник Ахгел. Он образует небольшое озеро кристально-чистой воды, со дна которого выделяется газ, состоящий из азота с небольшой примесью углекислоты. Дебит этого источника был настолько велик, что силой воды местные жители приводили в движение мельницу. Затем здесь был сооружен искусственный бассейн для лечебного купания.

Слабо минерализованные гидрокарбонатно-кальциевые теплые воды Арагатских источников по своему составу и бальнеологическим свойствам близки к Вильдунгенским кальциевым источникам и к водам Цхалтубо. Среди армянских минеральных вод они выделяются по составу природного газа. Если почти во всех источниках Армянской ССР углекислый газ составляет 98—99% растворенного природного газа, то здесь содержание его падает до 32,5—33,5% за счет увеличения содержания азота, которое в сумме с благородными газами достигает 61—62%.

Предварительно клинические наблюдения над больными, принимавшими арагатскую воду, показывают, что она с успехом может быть использована для лечения почечных заболеваний, подагры, хронического мочеислого диатеза, диабета, ряда детских заболеваний, при которых необходим прием кальция, женских болезней, хронического суставного ревматизма, невритов и невралгии. Таким образом, и по целебным свойствам арагатской воде принадлежит особое место среди минеральных вод Армянской ССР. Лечению водами способствует сухой климат Арагатской долины. Прекрасные виноградные сады дают возможность попутно организовать виноградолечение. Есть все основания, чтобы создать здесь курорт для лечения почек, ревматизма, рахита.

Не менее важны и такие источники минеральных вод Армении, как Анкаван, Дилижан, Севан, Личк, Ахурянская группа, близкие по своему составу и лечебным свойствам к Ессентукам, Боржоми и другим известным водам.



Вишاپ, найденный в Гегамских горах. Чаще всего вишапы имели форму рыб и устанавливались у истоков рек, родников или около ирригационных сооружений

Следует хорошо изучить наиболее перспективные источники — в Татеве, Уруте, Шамбе, Куйбышеве (на Черной Речке), в Аргичи и многие другие. Прежде всего нужно, конечно, заняться Татевскими источниками. Они сходны с Кисловодскими. Недалеко

от них находятся крупные промышленные центры Кафан и Каджаран, жители которых могут лечиться и отдыхать в Татеве. Но при строительстве курорта здесь нельзя нарушать редчайшей естественной красоты природы.

Необязательно строить возле всех минеральных источников комфортабельные курорты. Можно на базе этих вод силами колхозов, совхозов, местных хозяйственных и промышленных организаций (с привлечением местных органов здравоохранения) построить водолечебницы, организовать бальнеопитьевые станции.

В Армении сильно возрос розлив минеральной воды. Например, в 1950 г. по республике разлито 7,7 млн бутылок, в 1959 г. — 47,8 млн бутылок, в 1960 г. — 56 млн бутылок. Но за последние годы намечается некоторый спад. Нужно, чтобы вступали в строй новые заводы минеральных вод, чтобы появились бутылки с этикетками «Татев», «Урут», «Арагат», «Аргичи» и др.

В республике за год разливается минеральной воды почти в два раза меньше, чем дают недра за одни только сутки! На такой мощной ба-

зе можно создать не только здравницы и заводы по розливу лечебных и столовых вод, но и получать из минеральных источников ежегодно более полутора тысяч тонн углекислого газа. Высокое содержание в минеральных водах отдельных микроэлементов позволяет либо извлекать их, либо использовать такие воды в сельскохозяйственных целях. Так, например, некоторые воды Армении после соответствующих разбавлений применялись в сельском хозяйстве в виде удобрений. Как показали эксперименты, проведенные в Институте агрохимии и почвоведения, Институте виноградарства и виноделия, в Ереванском зооветеринарном институте, урожайность зерновых, плодово-ягодных культур и травяных растений может возрасти на 25—30%. Отметим, что, применяя боронозные воды, можно регулировать состав трав, повышая сахаристость, изменять вкусовые качества плодово-ягодных культур, а также увеличивать вес, размер ягод, менять их яркость и цвет.

Большой интерес представляют мощные скопления травертинов, свидетельствующих о широком распространении минеральных вод в прошлом. Достаточно отметить, что на базе травертинов работает Арагатский цементный завод. «Неравнодушна» к травертинам и химическая промышленность, а в сельском хозяйстве травертины можно использовать для известкования кислых почв. Арагониты и ониксы, добываемые в Армении, применяются для декоративной отделки. Они украшают, например, станцию «Киевская» московского метро, отдельные здания в Ереване.

Армения имеет все возможности, чтобы выйти на одно из первых мест в Советском Союзе по курортному строительству, по выпуску и экспорту минеральных вод, а ее гидроминеральные богатства должны найти более разностороннее применение.



Так выглядят современные выходы родниковых вод

Тайны Шамана

Профессор А. П. Нечаев
Хабаровский педагогический
институт

Охрана природы

Близ села Софийска, где могучий Амур прощается с последними отрогами Сихотэ-Алиня, там, где за песчаными косами раскинулось озеро Большое Кизи, вознесся к небу горный массив Шаман, поднимающийся на 1181 м над ур. м. С высоты птичьего полета массив по форме напоминает гигантскую подкову.

...Массив особенно красив ранним летним утром на фоне загорающей зари. В этот миг его нижняя часть еще кутается в покрывало из седого тумана. В воздухе парит двуглавая вершина; из глубоких трещин, будто из жерл вулканов поднимаются клубы белой ваты. Сквозь них видно, как возникают и исчезают пятна темного леса, разноцветных скал или пестрых осыпей каменных развалов.

Но вот проснувшийся луч солнца скользнул по обнаженным вершинам. Тотчас над ними затрепетал чуть заметный мираж. На глазах тускнеет туман, прозрачными становятся горы, оживает зелень лесистых склонов. И вскоре Шаман, умытый туманами, грозный и недоступный, встречает дневное светило, выходящее из-за зубчатых гор.

Перед дождливой погодой Шаман нахлобучивает мохнатую папаху из рваных туч, долго хмурится, притягивая плывущие мимо легкие облачка.

Вскоре плотное покрывало целиком скрывает каменную громаду. Еще немного — и от массива во все стороны отплывают армады низких черных туч. От них до земли, словно гигантские сети, протянулись косые драпировки ливней.

Древний вулканический конус Шамана изборозжен глубокими трещинами. По ним сбегая вниз шумливые речки с прозрачной водой. Между вершинами, в седловине, притаилось небольшое озеро с темной холодной водой. Из озера через узкую перемычку белой пеленой рушится водопад, дающий начало быстрой речке Хальдже. Поток пробегает мимо крутых склонов по каменистому ложу внутри подковы и по выходе из гор попадает на заболоченную низменность, где соединяется с рекой Яй. С западного склона Шамана в Амур текут речки Каменка и Юдинка.

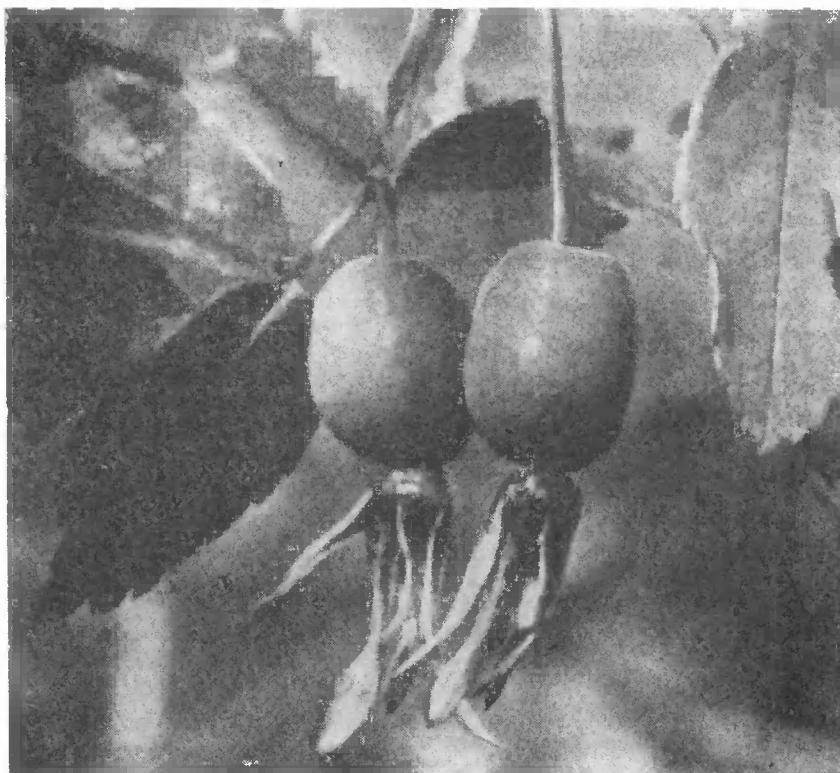
К северу от горного массива тянется Удыль-Кизинская низменность. Местные жители называли ее страной тысячи озер. Низина прорезана руслом Амура и многими его протоками, усеяна старицами. У подножья Шамана, будто усыпанное рыбьей чешуей, блестит на солнце озеро Большое Кизи. Узкие заливы водоема глубоко вдаются в сушу. Самый длинный из них тянется на восток, к морю. Всего два десятка километров гористой территории отделяют озеро от морского берега.

В начале плейстоцена Амур через озеро Кизи впадал в залив Де-Кастри. Позднее устье реки оказалось в зоне быстрого поднятия участка земной коры. Бессильный перепилить поднимающееся базальтовое плато, могучий поток ушел в сторону, прорвался в долину Амгуни, ранее самостоятельно впадавшей в море. Амгунь превратилась в приток Амура, разделив с главной рекой каменистое ложе.

Своеобразна и неповторима природа горного массива. С конца мела и до наших дней тут существовала суша, граничившая на севере и востоке с морем. Соседство с незамерзающими морскими заливами с востока и

Плоды шиповника тупоушкового — типичного кустарника темнохвойных горных лесов Шамана.

Фото А. П. Нечаева



Креставник пальмолистный — обычное растение у горных ключей и представитель высокотравья.

Фото А. П. Нечаева



с теплой струей амурского потока с запада во все геологические эпохи приводило к смягчению климата, повышению ресурсов тепла и влаги.

Под влиянием изменения природных условий в течение длительного времени на склонах массива то возникали, то исчезали различные лесные сообщества. От каждого из них сохранялись какие-то элементы флоры. Остатки чередовавшихся звеньев растительности накладывались, накапливались, и в результате возникла уникальная флора, не имеющая аналогов в нашей стране.

На склонах Шамана можно видеть леса с необычным сочетанием растений. К ним относятся ельники с черникой овалнолистной, распространенной только на Сахалине. Тут же ельники с подлеском из кустарникового тиса, который в Приморье и Корее растет в виде дерева. Рядом ельники с подбельниковым рододендром — эндемиком Сихотэ-Алиня. Широкие распадки рек заняты пихтовыми лесами с подлеском из спутников кедра: сирени, вишни, бересклета, чубушника, элеутерококка, лещины, кленов. Кое-где ельники и пихтарники укутаны разноцветными драпировками из листьев актинидии или лимонника, реже — винограда. Для многих из них тут проходит северный предел распространения. Лишь редкие перебиваются на противоположный, северный берег озера Кизи.

Много времени заняло бы перечисление удивительных трав. Нельзя не остановиться на гигантских травах до двух и более метров высоты. Они образуют непроходимые заросли на выходах таежных ключей. Особенно поражает камчатский лизихитон, достигающий Амура и южного предела распространения лишь на этом участке суши. На Шамане он повстречался со своим собратом по семейству ароидных — симплокарпусом, обычным для Приморья, для которого тут самый северный предел. Оригинальна нардосмия с зонтиками метровых листьев, торчащих из воды на толстых двухметровых черешках. Опасен борщевик, обжигающий и оставляющий на теле человека следы на многие годы.

Необычны густые заросли папоротников в ельниках. Тут найдены сибирский камптосорус и пыльный плаун, близкие виды которого растут в горах Индонезии. К эндемикам относятся зонтичная зимолюбка, сапрофитные орхидеи и подбельник.

Выше темнохвойных лесов, вдоль верхней границы леса, протягивается узкая полоса каменноберезовых рощ, почти таких же, как на Камчатке или на Шантарских островах. Для них характерен покров яркоцветущих высоких трав. За камнеберезниками простираются заросли из кедрового стланика с примесью ольхи и березы Миддендорфа. Тут обычны вечнозеленые кустарнички: брусника, багульник, шикша, красноплодная толокнянка. На каменных развалах раскинулась нагорная тундра, застеленная коврами кустистых и листоватых лишайников. Между ними кое-где зеленеют дерновины горного папоротника — щитовника ароматного. В каменных распадках приютилось криволестье из рябины Шнейдера, вейгелы Миддендорфа, сибирского можжевельника с покровом из камнеломок.

На ограниченной площади горного массива Шаман, будто в каком-то ботаническом саду, представлена флора из различных частей Азии, Европы и Северной Америки. Многие из этих растений обычны для Приморья, Кореи, Китая, Японии и даже для Индонезии; другие встречаются в Сибири и в европейской части страны; третьи известны для Сахалина, Камчатки и Курильских островов.

Подобные связи с соседними странами обнаруживает и животный мир. На Шамане находится самая южная колония тундрной куропатки. В ельниках обитает дикуша. Ягельники Шамана привлекают северных оленей. Тут же, в ельниках, проходит северная граница распространения благородного оленя, кабана и гималайского медведя. Обильно и красочно племя мелких птиц, обитающих в долинах таежных рек, на берегах озера Кизи и в пойме Амура.

Район горного массива Шаман относится к самому северному району на правобережье Амура (и вообще в

Восточной Азии), где сохранился, хотя и обедненный, комплекс амурско-уссурийских элементов флоры и фауны. На нем же встречаются самые южные комплексы Охотско-Камчатской и самые западные комплексы Сахалинско-Курильской флоры и фауны. Нигде на Дальнем Востоке нет подобного сочетания растительного и животного мира.

Тем не менее, несмотря на всю ценность лесов Шамана для науки, здесь ведутся рубки, носящие варварский характер. Под напором современной техники подчистую сводятся лесные массивы сразу с огромной площади. Остается обнаженная от леса территория с кое-где разбросанными стволами каменных берез. С каждым месяцем топор все глубже проникает в первозданные леса Шамана. В ближайшие годы намечено обезлесить основную часть массива. Это означает, что реликтовые леса исчезнут, склоны обнажатся и станут местом усиленной эрозии.

Будущие поколения людей уже не смогут увидеть на склонах Шамана леса с уникальным набором растительных и животных видов. Ученые не смогут изучать леса на северном, южном и западном пределах их распространения, причины возникновения и дальнейшего существования исключительно разнообразного комплекса флоры и фауны.

Горный массив Шаман следует, как мне кажется, полностью (или хотя бы частично) превратить в государственный заповедник. Организация заповедника положит начало планомерному изучению природы этой части Приморья. Позднее он сыграет свою роль в работах по обогащению и восстановлению нарушенных лесных ландшафтов в низовьях Амура. Особо важно, что заповедник будет иметь научное значение в масштабе всей Восточной Азии, ибо нигде больше нет подобного сочетания флоры и фауны. Вопрос об организации заповедника надо решить в ближайшее время. Пока еще можно сохранить лесные массивы. Топор уничтожил еще не все.

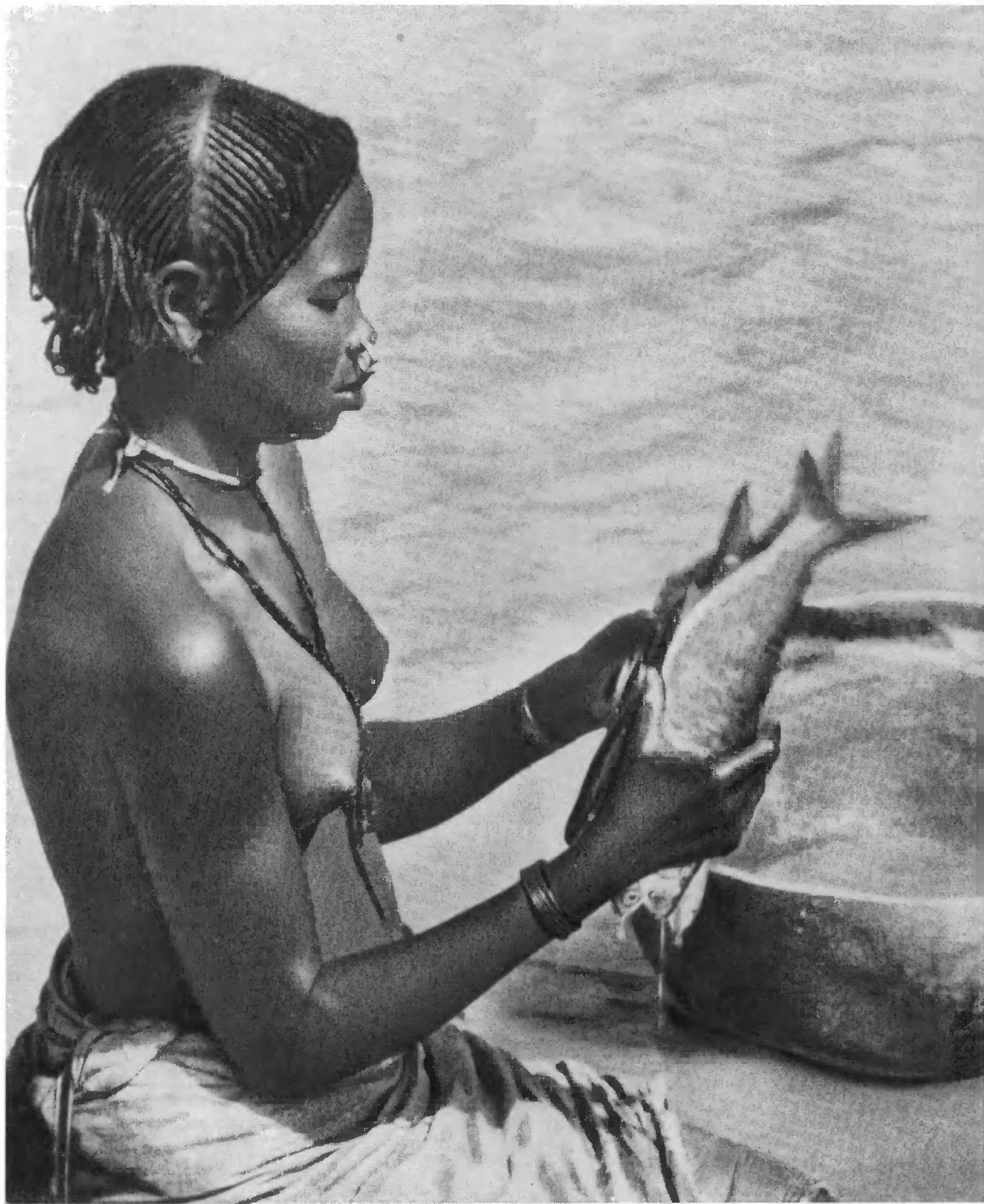


Нижний Амур. Вдали — массив Шаман



Массив Шаман. На переднем плане гольцы; справа, внизу — кедровый стланик

Фото Ф. Г. Штильмарка



Девушка из племени котоко потрошит рыбу

Очерки

На озере Чад

Ф. Куиличи

Италия

Автор книги «Тысяча огней» — итальянский кинорежиссер и оператор Ф. Куиличи — известен в нашей стране главным образом по фильму «Голубой континент» и книге того же названия. Можно только пожалеть, что советские зрители почти незнакомы с другими работами этого художника, одного из видных зарубежных кинодокументалистов нашего времени.

Сейчас советский читатель знакомится с Ф. Куиличи как с автором путевых заметок, сделанных во время нескольких киноэкспедиций по Северной, Западной и Экваториальной Африке. При этом Куиличи старался избирать такие пути, по которым до него крайне редко проходили европейцы. Результатом десятилетних странствий по Африке (1954—1964 гг.) явилась книга «Тысяча огней», которая готовится к печати в издательстве «Мысль». Публикуемые отрывки из этой книги посвящены описанию поездки автора к озеру Чад.

Существует ли озеро?

Огни мы заметили не сразу; сначала мы увидели, как ветер гонит из-за дюн густой белый дым. По запаху я тут же определил, что это горят травы на берегу озера. И в самом деле, одолев последний песчаный холм, мы сразу увидели, как мужчины племени канен, обливаясь потом, бросали в огонь охапки пахучих трав, а женщины старательно собирали золу.

Самым сильным был запах мха, и еще издали, едва его уловив, я сразу понял, что мы уже возле самого озера Чад. Несколько лет назад на его берегу я видел, как канены жгут особые травы, из золы которых потом добывают соль. Тогда я долго прожил среди негров этого племени и узнал, что когда они находят эту ценнейшую траву, то не успокаиваются, пока не соберут ее всю и не сожгут, чтобы потом иметь запас соли. Запах дыма и золы слился у меня в единое целое с представлением об огромном озере. Поэтому теперь я сразу догадался, в каком направлении нужно ехать, чтобы добраться до берега. А мы уже целую неделю мчались в джипе из Агадеса к Чаду.

За линией огней, сразу за последней цепочкой дюн озерная гладь предстает вашим взорам внезапно, и нужно самому долгими днями нестись по бесконечным пескам, чтобы потом вдруг застыть, словно зачарованному. Именно так и случилось с нами, когда в июне 1963 г. мы увидели на горизонте Чад. И хотя я уже побывал до этого на озере и знал, что оно возникает совершенно неожиданно, я снова был потрясен и застигнут врасплох. Когда мы снова двинулись в путь по берегу озера, то вскоре убедились, что горизонт здесь похож на горизонт Сахары. В лучах солнца вода казалась такой же желтой, как пески пустыни, на небе ни облачка, а ветер такой же колючий и паляще-жаркий. Но все же разница была и притом огромная — здесь воздух все же был немного влажным и, когда вы касались руками лица, то это были настоящие руки и лицо, а не одинаково загрубелая потрескавшаяся кожа.

Как я уже упоминал, первое мое путешествие на озеро Чад относится к июню-июлю 1960 г. Самолет доставил нас за ночь из Рима в Форт-Лами, столицу республики Чад. Разумеется, во время полета мы ровным счетом ничего не видели, включая и само озеро, над которым в полной темноте пролетали на высоте пяти тысяч метров.

— Что стало с озером? — спрашивали мы буквально у всех в первые дни после прибытия в Форт-Лами.

— За последние пять лет уровень воды в озере сильно упал, но теперь снова поднимается, — говорили одни. — Вот уже пять лет уровень воды в Чаде повышается, — утверждали другие.

Вскоре мы убедились, что, если судить по рассказам местных жителей, не было ничего более изменчивого, противоречивого и странного, чем озеро Чад. Берега, уровень воды в нем, сами размеры озера менялись не только в зависимости от района и времени года, но и от погоды. Больше того, если верить рассказам европейцев, то оставалось под сомнением само существование озера, как крупного водного бассейна.

Лишь позже мы узнали: сведения об озере были столь путанными и противоречивыми потому, что большинство европейцев и африканцев из Форт-Лами, живущих сравнительно недалеко от Чада, никогда там не бывали. Почти все они туманно говорили о понижении уровня воды, о болотистых местах и впадинах, но никто не мог сообщить что-либо с полной достоверностью.

Рассказы местных жителей о Чаде повергли нас в отчаяние. Что же это за озеро почти без воды?! Ведь мы специально прилетели из Европы, чтобы заснять это чудо природы. Было отчего прийти в уныние. Мы-то рассчитывали снять интереснейшие, живописные кадры. Мои друзья по экспедиции показывали на висевшую в холле гостиницы карту. На ней озеро было нанесено пунктирными линиями.

— Смотри! — восклицали они. — На итальянских картах Чад, как и подобает настоящему озеру, обозначен большим синим пятном. А тут он дан пунктирной сеткой, словно это обыкновенное болото или бочаг. Да, наверное, так оно и есть.

В итоге я совершенно запутался в ворохе противоречивых сведений. И вот, решив положить конец всем домыслам и предположениям, я до-

говорился с пилотом местной авиалинии, что тот возьмет меня с собой в полет над озером.

— Конечно, если оно существует, — процедил тот сквозь зубы.

Полет над озером

Мы вылетели из Форт-Лами рано утром на стареньком, шумном, но вполне надежном «Бруссаре». На малой высоте пронеслись над городом, глиняные домики которого со всех сторон окружали центральный рынок. И тут меня подстерегала первая неожиданность. Сверху кварталы Форт-Лами казались спланированными очень продуманно и четко, хотя этим не занимался ни один архитектор. Толчея на улицах, нагромождение всевозможных предметов были отсюда не видны, и жизнь этого африканского города приобретала свою логику и рациональность.

Но не успел я хорошенько осмыслить свои впечатления, как пейзаж большого города уже сменился видом безлюдной саванны. Через плексигласовые стекла кабины я видел, как где-то позади исчезал Форт-Лами и надвигалось пустое безмерное пространство саванны; на фоне желтой травы крамм-крамм тонкая тень от самолета была единственным движущимся пятном.

После минут тридцати полета на малой высоте я увидел огромное заболоченное пространство. Если все озеро имеет такой же вид, то его справедливо нанесли на карту пунктиром.

Тень от самолета быстро бежала под нами по зеленому коврику. Время от времени сверкающая полоска в траве говорила нам, что внизу — вода. Внезапно, словно по мановению волшебной палочки, с зеленого ковра трав навстречу нам поднялись белые журавли, напуганные ревом мотора.

— Гиппопотам! — крикнул мне пилот.

Огромное животное подскочило от ужаса и, даже не побеговав, а заскользив по грязи, исчезло в воде.

Я посмотрел вперед. Насколько хватала глаз, кругом простирались болота. А дальше горизонт застилал гу-

стой туман. Минуты три я пребывал в неведении, началось ли уже озеро или нет. Вдруг изумрудно-зеленый ковер оборвался, а нашим взорам предстала безбрежная, как море, водная гладь. Нет, Чад не был выдумкой картографов!

Воды блеснули в лучах солнца, эту сверкающую равнину прорезали лишь узкие полоски далеких папирусовых островов. Мы переговаривались с пилотом по ларингофону и, несмотря на шум мотора, довольно хорошо слышали друг друга.

— Это из-за теплых воздушных потоков! — успокоил меня пилот, когда самолет в нескольких метрах от воды начало бросать из стороны в сторону. — Ничего, немножко попляшем.

— Но потом мы сможем подняться повыше?

— Непременно, я хочу найти хижины негров котоко.

— Хижины?

— Да, рыбаки и пастухи-котоко строят их на плавучих островах.

— Посреди озера?

— Они передвигаются вместе с островами. Ну, а острова плывут, увлекаемые течением. Плывут, куда их ветер несет.

— Как и мы, черт побери! — крикнул я.

Сильнейший порыв бокового ветра швырнул нас в сторону. Я ощутил противную пустоту в желудке. «Бруссар» показался мне взбесившимся скакуном.

— Смотрите в оба. С большой высоты эти хижины, если и увидишь, то уже не сфотографируешь.

— Селения эти большие или маленькие?

— Крохотные, зелень в зелени, травяные хижины в густой траве. Неделя-другая и их уже нет и в помине.

Новый порыв ветра. Нас подбросило на несколько метров.

— Смотрите, смотрите! — прозвучало у меня в наушниках.

Справа между двумя плавучими островами мы увидели, как на поверхности воды то появляются, то исчезают черные точки. Что это: рыбы

звери? Попробуй различить с такого расстояния.

Самолет взмыл ввысь, а затем спикировал прямо на черневшие на воде странные зернышки.

— В жизни не видел ничего подобно-го! — крикнул пилот.

Стадо буйволов переправлялось вброд через озеро. Сзади и сбоку плыли туземцы-котоко. Взмахивая длинными палками, они ударяли ими животных, понукая и подбадривая их. Они явно гнали стадо к одному из островов. С самолета на фоне огромного озера и буйволы и люди казались крохотными точками, и мы могли в полной мере оценить смелость и ловкость этих пастухов. Стоило, казалось, подуть ветру, и волны захлестнут мужественных туземцев. И тогда озеро навсегда поглотит их.

Долгое время наблюдая за «форсированием» озера, я пытался понять, куда же направляются люди и животные? Постепенно стадо вытянулось длинной прерывистой линией. Сверху казалось, будто каждое животное в отдельности и каждый человек из последних сил стараются удержаться на поверхности. Между тем переправа происходила без всяких неприятностей. Пролетев над несколькими маленькими островами, мы наконец поняли, что туземцы хотят добраться до самого большого из островов. Уже ложась на обратный курс, мы увидели, что головная часть группы подплыла к берегу острова.

— Это были котоко! — несколько раз повторил мне пилот.

— Котоко! — снова крикнул он, когда мы летели уже неподалеку от берега.

В этом районе Чада было полно рыбаков. Некоторые из них, погрузившись по горло в воду, ловко орудовали своими острыми прутьями, другие широким фронтом в двести — триста метров шли с сетями в руках. Несколько минут мы кружили над ними и увидели, что рыбаки с сетями замкнули круг, как бы взяв рыбу «в мешок».

Там, где в Чад впадает река Шари, мы опять увидели рыбаков с сетями. Но эти рыбаки плыли на больших пирогах. Сверху пироги с раздувающимися на ветру сетями казались огромными насекомыми, которые неподвижно распластались на воде, раскинув огромные крылья, готовые, однако, мгновенно взмыться ввысь и, словно шмели или осы, беспорядочно помчаться к берегу.

Я сделал несколько отличных фотографий, а потом, так как горючее было на исходе, мы возвратились в город. Едва мы приземлились на аэродроме, как сразу же возобновили прерванный разговор. И хотя мотор уже не гудел, мы с пилотом по привычке орали, словно оглашенные. — Нам повезло, — крикнул пилот.

«Еще бы, — подумал я, — ведь мы просто чудом не врезались в воду». — Очень повезло!

— Не часто случается увидеть столько пирога сразу. А уж переправу через озеро целого стада буйволов и того реже! — сказал пилот.

Он крепко пожал мне руку и попросил прислать ему фотографии, если они удались.

Персонажи Форт-Лами

Несколько дней спустя мы допоздна засиделись в гостинице на берегу Шари, мирно беседуя и попивая виски. Компанию нам составила группа местных жителей, с которыми мы успели завести большую дружбу. На воде между пирогами рыбаков плавали сотни пеликанов, в неподвижном вечернем свете казавшихся густым чернильным пятном.

Рассказывая о своем полете над озером, я то и дело поглядывал на причудливых птиц. Мы долго беседовали об обычаях и нравах пастухов и рыбаков котоко. Все же мое любопытство было удовлетворено далеко не полностью. И тогда я спросил у своих новых друзей, не могут ли и они добавить что-либо.

— Начнем с того, — сказал местный археолог, — что Чад — это даже не озеро, а море, а сам город — большой остров.

Мой друг археолог любил парадоксы. Он был человеком незаурядным и среди европейских поселенцев этой части Африки составлял редчайшее исключение. Он глубоко любил свою новую родину, хотя отлично знал все ее недостатки и противоречия. Постепенно он усвоил все вкусы и привычки местных жителей: в его работах ощущалось влияние древней африканской культуры. Он постоянно жил в Форт-Лами, в старинном арабского стиля доме. Четыре года назад он усыновил двух негритянских мальчиков.

В Форт-Лами он знал буквально каждый дом, каждую семью. Уже много лет он искал в районе озера Чад остатки поселений и одежду народности сао, жившей в десятом веке.

— Форт-Лами — остров? А где же тут вода? — полюбопытствовал я, сразу же вспомнив о желтой выжженной саванне, окружавшей город.

— Тебе надо прилетать сюда в сезон дождей. Тогда, чтобы добраться до центра города, в аэропорт впору было бы вызывать вертолет, — ответила мне Кристиан.

Кристиан была другим видным персонажем в городе. Монголка по матери и француженка по отцу, она нравилась европейцам и одновременно африканцам. Поэтому она сохраняла самые дружеские отношения с теми и другими и была как бы связующим звеном между двумя общинами, весьма дипломатичным переводчиком и посредником в самых сложных делах. Она со временем стала владелицей большого ресторана-магазина, и это было единственное в городе нейтральное место, где все могли спокойно встречаться и говорить откровенно, без стеснения, не азирая на разницу в социальном положении. А Кристиан была молчаливым беспристрастным судьей и свидетелем в весьма деликатных ситуациях.

— Теперь мне понятно, почему ты называешь Форт-Лами озером, — возобновил я прерванный было разговор. — Но почему ты сказал, что Чад это — море? — улыбаясь, спросил я, уверенный, что мой друг-археолог просто неудачно сострил.

— Да потому, что нынешнее озеро — это остатки гигантского моря площадью в триста тысяч квадратных километров, простиравшегося в доисторическую эпоху до самого Египта. В это море впадали высохшие теперь реки, берущие начало в горных массивах Эннеди и Тибести. Постепенно море уменьшилось почти наполовину и, вероятно, совсем бы высохло, если бы в последующие тысячелетия Шари по неясной причине не устремилась в древнее высохшее ложе погибавшего моря.

— Когда в Форт-Лами одни говорят, что уровень воды в озере повышается, а другие — понижается, то не знаешь, кому и верить. В зависимости от того, прошел ли дождь или с неделю стояла очень жаркая погода, уровень воды резко меняется, — вступил в беседу молчаливый грек Чир.

Подошел официант с новой батареей бутылок воды и пива. Жара, за день накопившая силы, яростно обрушилась на нас вечером. Мы никак не могли утолить жажду. Каждый глоток воды мгновенно превращался в капли пота, а минуту спустя нам снова нестерпимо хотелось пить.

— Хотя теперь Чад — уже не гигантское море, — продолжал археолог, — но оно остается неплохим водным бассейном площадью в двадцать пять тысяч квадратных километров.

«Примерно половина Адриатического моря, пять озер Гарда и почти вся Ломбардия», — мысленно прикинул я.

В сезон сильных дождей, когда вода в реке и в озере буквально вздымается, Форт-Лами бывает отрезан от всего внешнего мира и превращается в настоящий остров, окруженный со всех сторон каналами и болотами. А когда наступает засуха, воды быстро отступают к озеру, — это вступил в разговор пилот-сириец местной авиакомпания. Хотя он и не может, подобно археологу, привести точные цифровые данные и совершить экскурс в историю, зато он отлично знает Чад. В конце каждой недели он отправляется туда на рыбную ловлю, если только ему не приходит-

ся «катать» над озером туристов вроде меня, ищущих острых ощущений.

— Любопытно, что пресная дождевая и речная вода, попадая в Чад, не смешивается с соленой водой, — снова заговорил археолог. — Все пресноводные рыбы, попавшие в озеро из реки, никогда не покидают этих бурлящих водоворотов. А немногие уцелевшие морские рыбы неизменно живут в зонах соленой воды. Ни те, ни другие никогда не переступают этих подвижных, но весьма четких границ.

— Значит, — воскликнул я, — рыбы в озере перемещаются в зависимости от атмосферных условий?

— Конечно, поэтому рыбаки-туземцы волей-неволей становятся кочевниками. Котоко, которых ты видел с воздуха, — говорит Кристиан, — на своих пирогах беспрестанно снуют по реке и озеру в поисках богатых рыбой мест.

— Кочевниками стали не только котоко-рыбаки, но и котоко-скотоводы, — добавляет археолог. — На берегах Чада растительность весьма чахлая, а вот на воде покачиваются острова из папируса и других тростников и трав. А это отличные естественные пастбища для скота.

Крепкой опорой для плавающих островов служат сплетенные корни папируса и разных трав. Берега озера, повторяю, бедны растительностью, и голодным животным ничего другого не остается, кроме как вплавь добираться до этих пастбищ-островков. А так как островки эти перемещаются по воле ветра, и никто не знает, где они останутся, котоко вместе со стадом беспрестанно кочуют по озеру. Мужчины обеспечивают переправу, а женщины, дети и старики вместе со всей домашней утварью, одеждой и оружием «путешествуют» на спинах самых крепких буйволов. Выносливые животные способны проплыть не один десяток километров, неся на спине тяжелый груз. У них очень длинные, загнутые книзу полые рога. Эти своеобразные поплавки позволяют буйволам держать над водой рот и ноздри, что весьма облегчает им длительные, многодневные проплы-

вы. Ведь совсем не так просто отыскать на озере хорошее пастбище. Нередко остров оказывается всего лишь непрочным сплетением трав. Порой эти поиски становятся поистине драматическими, любая переправа может кончиться трагедией.

Тут в беседу вступили другие члены нашей компании, и так за рассказами и воспоминаниями мы провели вместе весь вечер. Я взглянул на часы — всего десять часов. А я-то думал, что уже ночь! В Форт-Лами распорядок дня остался примерно таким же, как в те времена, когда город был фортом, гарнизон которого аствовал с восходом солнца и ложился спать с закатом.

После ужина наши новые друзья покинули нас. А мы еще посидели немного, утрясая дальнейшую программу. Было решено спуститься на пароходике по реке Шари в озеро Чад.

Путешествие по озеру

Днем солнце сильно раскалило металлическую обшивку нашей посудины. Если долго оставаться на палубе, рискуешь сгореть заживо, а в крохотной кабине буквально нечем дышать. Да тут еще запах бензина. Спустившись вниз по реке, мы теперь плывем по озеру. Оно катит свои волны лениво, еле заметно и от этого жара кажется еще нестерпимее.

Нас спасла встреча с плотом негров канен, нагруженным доверху папирусовыми циновками, которые негры везли в Форт-Лами на рынок. Мы купили две циновки и укрепили их на корме. Папирусовая «хижина», конечно, не придает особенно воинственный вид катеру военно-морских сил Чада, который предоставили в наше распоряжение власти Форт-Лами. Зато у нас снова появилась совсем было угасшая надежда, что мы выдержим жару. Укрывшись под папирусовым навесом, мы обнаружили, что на озере даже дует легкий, прохладный ветерок. Теперь мы целый день проводили на палубе, не рискуя схватить солнечный удар или, как говорят местные жители, «удар раскаленной палкой по голове».

Нам встретилось множество других пирог негров канен, «кузенов» племени котоко. Канен занимаются преимущественно продажей натрона — соли, которую они добывают, разламывая минералы, оставшиеся после того, как спадет вода, или сжигая афолитные травы.

Мы спросили у них, где нам искать рыбаков-котоко. Однако было очень трудно следовать их советам, так как горизонт обыкновенно заволакивало густым туманом; а тут еще, как раз по курсу, вырастала длинная цепь островов из папируса.

Эти острова были единственной опасностью при ночном плавании по озеру. Внезапная смена ветра или течения могут приковать вашу моторную лодку к острову, сделать ее вечным узником зеленой тюрьмы. История озера знает множество примеров, когда путешественники становились пленниками папируса. Нередко, чтобы спастись, им приходилось поджигать остров. Только тогда им с великим трудом удавалось проложить себе путь через папирусы.

Наслышались мы немало рассказов и о том, как незадачливые путешественники волокли за собой весь папирусный остров, пока не добрались до места, где лодку можно было вновь спустить на воду.

Каждый вечер три моряка катера, в особенности рулевой, кормили нас этими и подобными же приятными рассказами. Им не очень-то нравилось плыть неизвестно куда, и они надеялись хорошенько запугать нас, заставив поскорее вернуться в Форт-Лами. И только старый повар-араб, обосновавшийся на корме со своей древней печкой, ничуть не беспокоился за нашу судьбу.

— Уж от голода мы не умрем, — это точно! — восклицал он каждое утро, показывая нам две плетеные корзины, полные рыбы.



Девушка из племени котоко сушит рыбу на берегу озера Чад

Достаточно вечером поудить с часок, и вы поймаете множество больших и малых рыб. Наиболее вкусная из них (причем водится она только на озере Чад) — это «гибрид» морского вырезуба и пресноводного карпа. Местные жители и европейцы называют ее «капитан».

Однако, даже если бы нам пришлось ограничиться самым скромным рационом, мы не намерены были возвращаться в Форт-Лами. Рассказы моряков с каждым днем становились все мрачнее и драматичнее, но мы твердо решили запечатлеть на пленку, как живут и ловят рыбу озерные кочевники котоко. Для этого мы установили на носу треножники, накрепко привинченные к палубе, и с утра тщательно проверяли наши кинокамеры. Наконец на третий день, когда запасы горючего были уже на исходе, мы заметили на горизонте нцеми, пироги негров котоко. У всех нас вырвался вздох облегчения, рулевой поспешно изменил курс, и через несколько часов мы подплыли к флотилии пирог, беспорядочно вытянувшихся вдоль длинного песчаного острова, еле выступавшего над водой. Совершенно очевидно, что этот остров служил местом сбора и отплытия для рыбаков котоко.

Большие нцеми с пятью-шестью туземцами на борту выстроились в линию между песчаным островом и мелководной косой. Каждая пирога вздымает к небу две мачты в виде буквы У, укрепленные на корме. Между мачтами натянута сеть, почти невидимая в белых лучах солнца. Она слегка подрагивает при каждом порыве ветра.

Туземцы на борту пирог-нцями разделили между собой обязанности: одни с помощью шестов и весел управляют лодкой, другие, маневрируя тяжелым балансиrom, опускают У-образную сеть в воду и через определенный промежуток времени ее вытаскивают. На каждой пироге — свой «бригадир», который командует и второй флотилией этого странного флота, примерно сотней маленьких пирог, расположившихся в линию в километре от больших.

Гребцы на маленьких пирогах почти сплошь мальчишки.

Маленькие гребцы громко кричат, ловко работая веслами. Они стараются расположить свои пироги точно напротив больших нцеми. Когда им это, наконец, удастся, «бригадир» наиболее выдвинутой вперед большой пироги подает условный сигнал. Он взмахивает желто-оранжевым полотнищем, и цепь маленьких пирог начинает приближаться к большим.

На каждой маленькой пироге один мальчишка гребет изо всех сил, другой же на носу колотит палкой по деревянному борту. От грохота ударов сотен палок о сотни бортов рыба совершенно шалеет и несется к нцеми, большим пирогам. На мгновение серебристой стрелкой рыбы выскакивают из воды и тут же вновь ныряют, оглушенные боем этих озерных там-тамов. Теперь в дело вступают экипажи нцеми. Единым усилием они вздымают контргруз балансира; ячеиковые сети цвета ржавчины с плеском падают в воду одна рядом с другой, образуя гигантскую ловушку для рыб. А маленькие пироги несутся все быстрее, гоня перед собой тысячи до смерти напуганных рыб. Мимо нас стаями проносятся рыбы-капитаны. Некоторые даже ударяются о борта нашего катера, стоящего на якоре в самом центре ловушки.

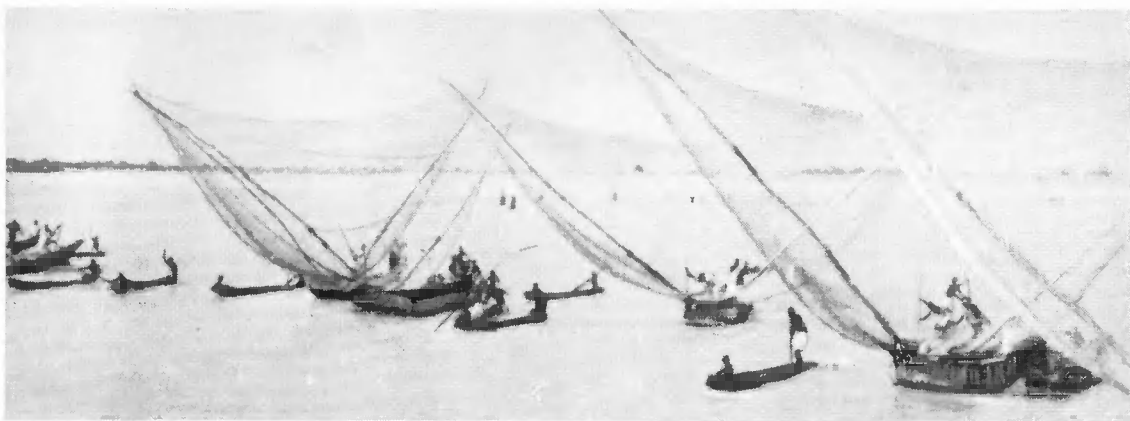
Едва малые пироги подплыли на совсем близкое расстояние от нцеми, как по громкой, перекрывающей грохот ударов команде старшины главной рыболовной флотилии котоко вскидывают балансиры и выносят из воды сети, в которых бьются и трепещут тысячи и тысячи рыб. Затем, еще не остыв после удачной ловли, экипажи больших и малых пирог направляются к песчаному острову.

Мужчины и мальчишки закончили свою работу, теперь настала очередь женщин. Они выходят из своих соломенных хижин и начинают вытаскивать рыбу из сетей. Мы покидаем катер и высаживаемся на берег. В руках у нас киноаппараты. Мы

снимаем работающих женщин, наблюдаем как они участвуют в дележе добычи, который не обходится без шумных споров. Затем женщины входят в теплую воду, принимают резать, потрошить и мыть пойманных рыб и, наконец, вешают их сушиться на солнце.

Позже те же женщины положат в деревянные ступки затвердевшие «косты» рыб и будут пестиком бить и толочь их до тех пор, пока не измельчат в муку, которую продадут кочевникам пустыни и торговцам из Форш-Лами. Здесь эта мука считается вкусной пищей и очень ценится.

Перевод с итальянского Л. А. Вершинина



Вверху — большие пироги («нцями») с развеваяющимися на ветру сетями; внизу — рыбак тщательно выбирает из сетей улов



Фрагмент малахитовой вазы с полосчатым узором. Государственный эрмитаж

Малахит в Эрмитаже

Профессор Д. П. Григорьев
Ленинград

Если мысленно обозреть цветные камни, которые украшают четыре-ста выставочных залов музея на берегу Невы, то перед нами предстанет обширный самостоятельный музей — «минералогический Эрмитаж». И без всякого преувеличения можно сказать, что это — величайшая сокровищница изделий из цветных камней, не имеющая себе равных во всем мире. Каменные экспонаты музея весьма интересны в минералогическом отношении. Выполненные из самого лучшего материала, часто из монолитов невиданной величины, зеркально отшлифованные, они представляют собой великолепные образцы минералов. На них, как нигде в минералогических музеях и даже в минеральных копях (отчасти уже исчерпанных), выявляются самые тонкие особенности цвета, блеска и структуры камней. Словом, каменные изделия, украшающие залы Эрмитажа, — это не только произведения искусства, они могут отлично служить и для ознакомления с интересными и важными вопросами науки о минералах. Здесь представлена широкая гамма цветных минералов: фиолетовый аметист и насыщенно синий лазурит, зеленые малахит и лиственит, желтая брекчия, розовый родонит (орлец), красный порфир, неповторимо разнообразные цветовые сочета-

ния яшм, пестрые наборы других цветных камней.

Изделия из малахита выставлены во многих залах Эрмитажа, но самым значительным в минералогическом отношении нам представляется знаменитый Малахитовый зал. На фоне светлых, чуть кремоватых стен (гладких — для контраста с лепным выгнутым у краев потолком, с обильно украшенными и сплошь вызолоченными дверьми) в зале хорошо выделяются, расставленные попарно, восемь малахитовых колонн с белыми мраморными постаментами и восемь пилястров, увенчанных нарядными капителями. Под зеркалами на боковых стенах зала вделаны большие малахитовые каминные. В центре расходящихся лучей паркета стоит малахитовая ваза на высоком треножнике с позолоченными крылатыми фигурами. Вдоль стен и у окон расставлены покрытые малахитовой мозаикой столы, торшеры и вазы. В витринах — разнообразные изделия из малахита. Среди предметов на столах выделяется большая малахитовая шкатулка из камня самого высокого качества и превосходной работы.

О малахите с полным основанием можно говорить как о «наиболее русском» поделочном камне. Действительно, такого его скопления, как на Урале, никогда и нигде в мире не встречалось.

История знакомства человека с малахитом уходит в далекое прошлое. Яркий, бросающийся в глаза, этот минерал еще в каменном веке использовался в ожерельях в виде бусинок. В VI в. до н. э. малахитовые украшения были сделаны для храма Артемиды в Эфесе — греческом городе на средиземноморском берегу Малой Азии. Камень знали и философы древней Эллады. Ученик Платона и Аристотеля Тиртом, известный под именем Теофраста, т. е. «божественного оратора», называл малахит «ложным изумрудом из медных рудников», так как его было трудно отличить в то время от других зеленых камней. Римский естествоиспытатель Плиний Старший, трагически погибший при извержении Везувия в 79 г., подразумеваемая сходство цвета камня

с листьями мальвы, использовал слово «молахитес» (от искаженного греческого названия растения). Оно употреблялось и в 1546 г. в сочинении Георга Агриколы — саксонского врача, виднейшего минералога и металлурга своего времени. Только в 1747 г. появилось в книге шведского минералога Валлериуса современное написание «малахит», а химический состав минерала был установлен во Франции тридцать лет спустя аналитическими работами аббата Фонтана.

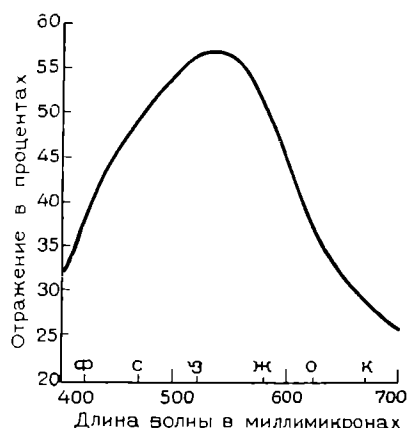
Малахит издавна служит предметом особой гордости русской минералогии, однако «тайны» камня, которые позволяют понять его выдающиеся художественные качества, наука смогла раскрыть лишь в последние годы. Красиво окрашенный, с широкой гаммой оттенков, дополняемых варьированием глубины цвета, с совершенно своеобразным рисунком структуры, малахит прекрасно обрабатывается и хорошо принимает и сохраняет полировку.

Что же такое малахит? Почему он зеленый и имеет столь своеобразный рисунок?

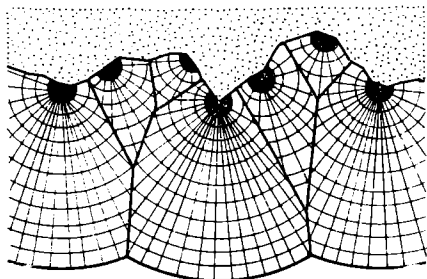
Малахит относится к числу очень простых химических соединений — это основная медная соль угольной кислоты. Его формула $\text{Cu}_2(\text{OH})_2[\text{CO}_3]$. Минерал совершенно сродни медной зелени (ядовитой!), которая образуется на старых бронзовых и медных предметах. Причиной зеленого цвета минерала служит медь. Чтобы иметь точную характеристику окраски вещества, лучше всего записать отраженные лучи на спектрофотометре. Для малахита прибор дает кривую, показывающую высокое отражение всех зеленых и близких к ним лучей; красные и фиолетовые части спектра сильно поглощаются и не попадают к наблюдателю, а синие лучи теряются, таким образом, несколько меньше, и этот цвет чуть-чуть добавляется к зеленой окраске минерала.

Малахитовые рудники

Малахит, используемый как поделочный камень, встречается исключительно на Урале, в средней части этого древнего хребта — там, где го-



Спектрофотометрическая запись цвета малахита в отраженных лучах. Буквами обозначены участки спектра: ф — фиолетовый, с — синий, з — зеленый, ж — желтый, о — оранжевый, к — красный. Отражаются сильнее зеленые и близкие к ним части спектра, красные и фиолетовые поглощаются.



Картина совместного роста сфероидов малахита и образования малахитового узора

ры понижаются и чередуются с широкими, плоскими долинами. Именно этот Урал, изобилующий рудами, цветными и драгоценными камнями, наиболее часто упоминается в учебниках минералогии.

Начало добычи малахита было положено в 1780—1790 гг. в бывшей Полевской даче, к югу от Екатеринбурга (Свердловска), где местные горщики случайно натолкнулись на зеленый камень в Гумешевском руднике. Несколько позднее, в 1810—1814 гг., этот минерал был открыт на пологом склоне горы Высокой, где расположен старинный, ныне один из крупнейших в Союзе, железный рудник, доставляющий «пищу» для доменных печей Нижнего Тагила. На этом участке горы, содержащем медную руду и потому названном Меднорудянским, и поныне находят отдельные куски поделочного малахита; Гуме-

шевский же рудник давно исчерпан. Сохранились кажущиеся фантастическими рассказы о богатстве наших малахитовых рудников. Однако и по документам известно, что вес одной глыбы малахита, найденной в Меднорудянском руднике в 1835 г., достигал... 35 000 пудов! Камень извлекали на поверхность, конечно, только по частям, и все же один из кусков весил 135 пудов. Малахит шел на украшение Зимнего дворца, на изготовление колонн в Исаакиевском соборе; его использовали для самых различных поделок; в виде сырого материала и готовых изделий отправляли за границу. Например, Александр I подарил Наполеону малахитовый «гарнитур» — стол, канделябр и вазу. В Ватикане престол Сикстинской капеллы с фресками Микельанджело украшен канделябрами и деталями, также выполненными в России из уральского малахита.

Прекрасные природные образцы попадали и в музеи, становились достоянием науки. Самая большая сохранившаяся глыба, вынутая из Гумешевского рудника в 1789 г., считается одним из наиболее ценных экспонатов музея Горного института в Ленинграде; ее вес 94 пуда (1504 кг). Замечательная по красоте цвета и рисунка, эта уникальная глыба в свое время оценивалась в 100 000 руб. ассигнациями.

В недрах гор ценный минерал добывался то из массы ожелезненной глины (в Гумешевском руднике), то с трудом извлекался из зернистого известняка (лучшие образцы Меднорудянского рудника). При этом повсюду его находили только в верхних частях меднорудных месторождений, тогда как на большей глубине в горных выработках встречался уже обычный медный колчедан.

Пропитывающие руду подземные воды химически сильно активны. Содержа в себе растворенный, заимствованный из воздуха кислород и извлеченную из окружающих пород углекислоту, воды окисляют одни минералы и отчасти или нацело выщелачивают другие. В частности, — это важно подчеркнуть — при посредстве воды от медного колчедана отнимается медь и она тут же соединяется с угольной кислотой — так возникает малахит.

Обстановка, в какой идет химическая реакция образования этого минерала, в одном отношении очень неблагоприятна. От растворенных минералов в руде остаются поры и пустоты, а кое-где даже большие полости, на стенках которых и отлагается малахит. Но так как он обычно не заполняет их целиком — между наростшими слоями минерала остаются свободные пространства. В результате получаются сильно ноздреватые желваки и глыбы неправильной формы. Сплошные выделения минерала хотя бы с голову величиной встречаются не так уж часто, несколько большего размера — считаются крайней редкостью, а крупных монолитов без пустот не бывает вообще. Откуда же в таком случае берутся малахитовые колонны, большие вазы, каминные доски, столы?



Строение корки малахита — почки —, выросшей на неровной стенке полости в окисленной медной руде (в разрезе)

Еще издавна безвестные русские мастера научились готовить каменные изделия особым способом, который справедливо получил название «русской мозаики». Малахит распиливается на тонкие мелкие пластинки, затем кусочки подбираются по узору, цвету и форме так, чтобы создавалось впечатление сплошного камня. Наклеенные на заранее сделанный из простого камня или металла остов, такие пластинки дошлифовываются по заданной форме и полируются. Приглядевшись к достаточно крупным малахитовым изделиям, можно рассмотреть на них многоугольные границы отдельных кусочков.

Малахитовый узор

Краткий минералогический рассказ о замечательном зеленом камне, казалось бы, на этом можно закончить. Но в свете новых данных минералогической науки раскрывается еще одна интересная сторона процесса образования малахита, и не какая-то второстепенная, а та самая, что придает минералу его главную особенность, делает малахит ценным камнем. Речь идет о специфической структуре — чрезвычайно прихотливом рисунке, сочетающем округлые концентрические узкие или широкие

слои и полосы с многообразными переливами зеленой окраски, отчего и зависит вся живая прелесть этого цветного камня. Ровно окрашенный гладкий минерал не мог бы идти ни в какое сравнение с узорчатым камнем. Но все сказанное еще никак не объясняет структуры поделочного материала.

Оказывается, если где-нибудь начинается образование малахита, то от центра кристаллизации растут во все стороны «лучи» — тонкие кристаллики этого минерала, и в идеальных условиях может получиться целый шар, так называемый сферолит с внутренней радиально-лучистой структурой. Удачливому минералогу иногда посчастливится найти в пустотках среди окисленной медной руды малахитовые шарики — то мелкие, словно рассыпанный бисер, то выросшие почти до величины куриного яйца.

Но так вырастают среди руды отдельные шарики. А нужный для изделия поделочный малахит развивается лишь тогда, когда сферолиты, прикрепленные к неровным, разъеденным стенкам пустоты, дорастают друг до друга.

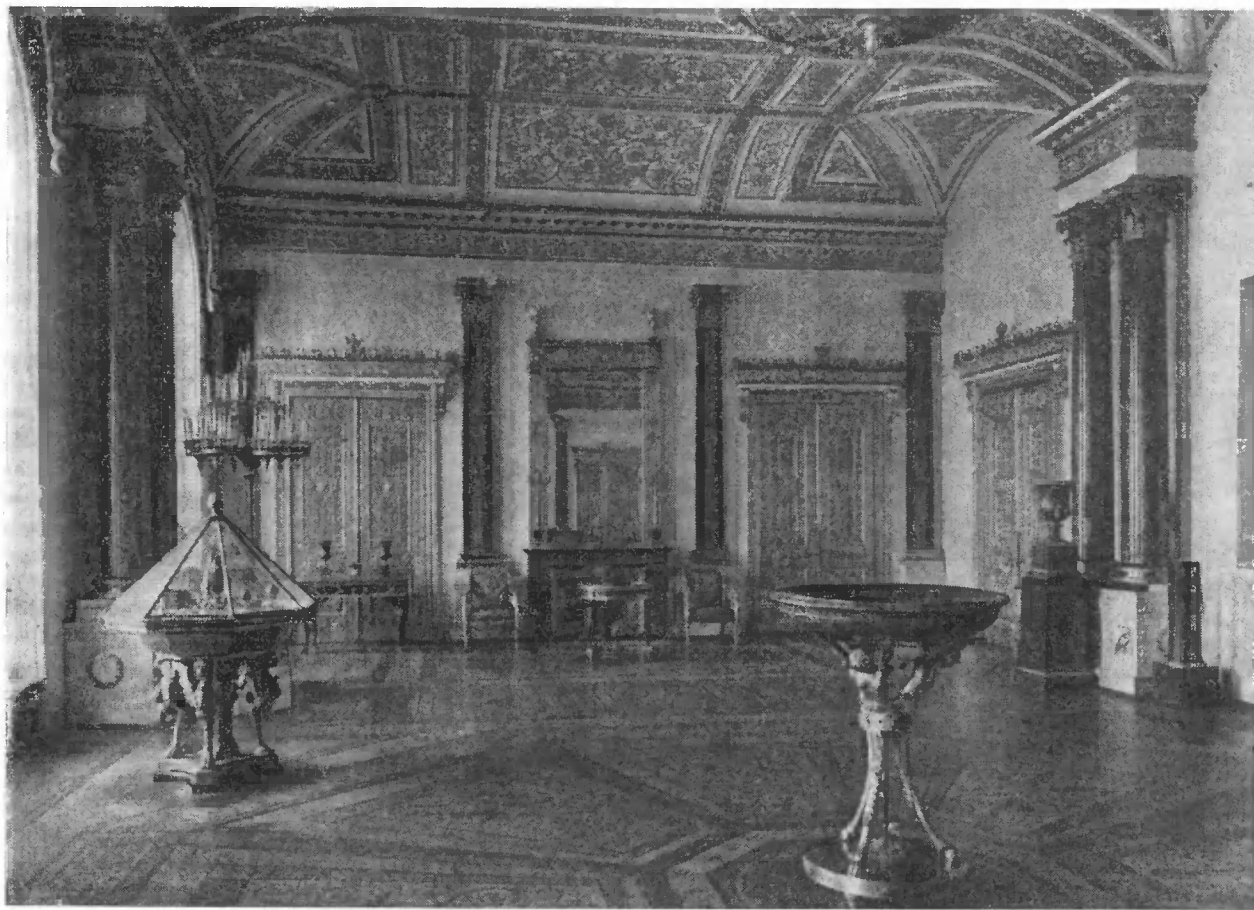
Чтобы воочию познакомиться с взаимодействием растущих сферолитов, можно в лаборатории приготовить какое-либо подходящее легко кри-

сталлизующееся вещество и следить за процессом под микроскопом, а еще лучше проецировать картину на экран. Если хорошо подобраны условия опыта, эффектное зрелище протекает так.

... Вот у неровного края препарата появились пока еще мелкие сферолиты — шарики, одни — где-то в углублениях, другие — на склонах выступов, а некоторые устроились прямо на вершинках. Стоит любым двум соседям при распространении их лучей во все стороны прийти в соприкосновение, как между ними образуется площадка, внешне похожая на ту, что бывает между прижатыми друг к другу мячами. С этого, можно сказать, рокового момента при групповом росте сферолитов вступает в силу неумолимый минералогический закон, который заранее определяет неодинаковую судьбу каждого из членов группы. На экране будет видно, как растущие сферолиты вступают в борьбу за необходимое пространство и поневоле теснят друг друга, но если одни из них свободно распускают свои лучи, как веер, то другие ограничиваются в росте и рано или поздно «задавливаются» ближайшими соседями. А в результате получается кристаллическая корочка с внутренней лучистой структурой из многих центров и внешней поверхностью, составленной из частей различных сфер; она очень похожа на образцы малахита.

По аналогии с дарвиновским законом естественного отбора в биологии, минералогический «предсказатель судьбы» именуется законом геометрического отбора сферолитов. Название удачно подчеркивает, что история сферолитов зависит от относительно-го положения (более высокого или низкого) точек начала роста зародышевых кристалликов малахита.

Возникающие таким образом сrostки сферолитов минералоги еще в старину называли почками — по виду их внешней поверхности. Наблюдаемые в почках, наряду с лучистостью, следующие один за другим слои зависят от колебаний в скорости поступления растворенной медной углекислой.



Малахитовый зал Эрмитажа. Центральная ваза. Работа Петергофской гранильной фабрики, начало XIX в.

соли в полость к растущим сфероолитам. При этом лучи в них могут быть столь тонкими, что их даже нельзя различить простым глазом, и тогда малахит внешне кажется только слоистым, концентрически полосчатым, без лучистой структуры.

Чтобы суметь полнее «прочитать» историю происхождения малахита, следует разглядеть еще одну немаловажную деталь окраски поделочного камня, чаще всего заметную на изделиях из более светлого материала. Узор местами вдруг нарушается какими-то иными выделениями. Это — густо-зеленые, но не малахитового тона и иногда впадающие в синеву кружочки, мелкие и лишь редко достигающие размера копейки. Свободно раскиданные в одних малахитовых слоях или сливающиеся, как капли,

они кое-где составляют даже целые прослойки, имитирующие формы малахита, и тут же могут находиться в виде жилок, пересекающих узоры почек.

Химические пробы не оставляют сомнения в том, что здесь среди малахита появляются другие минералы. Густо-зеленые кружочки — та же медная соль, но уже фосфорной кислоты — минерал, не напрасно получивший при первых находках в начале XIX в. название псевдомалахита (ложного малахита). А синеву камню придает другой минерал (медная соль кремневой кислоты), издавна известный под названием хризоколлы, т. е. «золотого клея», который в древности использовался при паянии золотых изделий.

Как же новые минералы могли возникнуть в массе малахита? Мы уже знаем, что при образовании малахита угольная кислота отнимает медь у медного колчедана. Но теперь уже сам малахит подвергается агрессии со стороны проникающих по трещинкам и между слоями сфероолитов подземных вод, которые изменили свой химический состав. Впрочем, нововозрождения даже нельзя считать дефектом: это скорее, хорошее дополнительное расцвечивание минерала.

Итак, не вечно мертвым камнем представляется малахит внимательному наблюдателю. Сменяясь в ходе геологического времени, одни за другими переплетаются в его «жизни» различные события, и эта сложность «биографии» целиком предпо-

ределяет декоративные качества этого минерала как узорчатого цветного поделочного камня.

Малахит в изделиях

Перебирая огромные партии сырья из уральских рудников, шлифуя минерал и затем выкладывая узоры на шкатулках и вазах, мастера-гранильщики (а не ученые-минералоги!) давно разглядели среди камней несколько разновидностей малахита, по-разному поддающихся обработке. Прежде всего были выделены темный (плисовый) и светлый (бирюзовый) камни.

Названная из-за сходства с плисом (широко известной прежде тканью), эта разновидность малахита представляет собой темно-зеленый камень с ясно различимой лучистостью и особым световым отливом. Плисовый малахит не так-то легко принимает полировку.

Вторая разновидность названа неудачно бирюзовой. Правда, цвет несколько отклоняется в сторону синего, но далеко недостаточно, чтобы минералу иметь право на одинаковое название с этим простеньким голубым камнем. В структуре такого отличия более важна роль слоистости, а лучистость может быть почти или даже совсем незаметной. Этот малахит имеет какой-то особенно ясный светло-зеленый цвет и способен приобретать самую высокую полировку.

В минералогическом отношении вторая разновидность камня, строго говоря, не является просто малахитом, так как здесь обнаруживается присутствие указанных ранее минералов-примесей. Пропитывая камень, они придают материалу повышенную плотность и позволяют достигать более совершенной обработки.

Разглядывая малахитовые изделия в разных залах Эрмитажа, можно представить себе те живописные

цели, какие ставили художники и мастера, подбирая узоры камня.

Вот ваза вытянутой яйцевидной формы высотой более полутора метров, на поверхности которой каменные плитки мозаики, особым способом подобранные в виде «кудрявого» малахита, уложены в живописном беспорядке и все вместе составляют равномерный пестрый узор. Эта вещь воспринимается как монолит, и камень в ней вполне сливается с формой самой вазы. Однородность мотива малахита не противоречит тому, что на большей части корпуса вазы выступают доли, как на освобожденном от коры апельсине.

Иного свойства ваза в форме «Медичи», называемая в эрмитажных каталогах «Колоссальной» (высота больше человеческого роста), с ручками из позолоченной бронзы в виде переплетающихся змеиних хвостов. Она выполнена из густо-зеленого плисового малахита, главная ее поверхность ровная, и на ней видны ромбические фигуры, постепенно переходящие в изогнутые линии, которые опоясывают всю вазу. Здесь внимание привлекает не только общая форма вазы, но и рисунок камня: взор невольно приходит в движение, перемещается по фигурам и линиям. Только на нижнем закруглении корпуса вазы опять видны доли, но и камень здесь с однородным мотивом.

Парная к этой ваза сделана из необыкновенно привлекательного по зеленому, особенно радостному, тону малахита. Узор камня здесь смело пересекает форму вазы по косому направлению в виде очень широких лент. В средней части ленты стручатый малахит располагается спокойными ритмически повторяющимися полосами, и, вероятно, именно о таком узоре говорит в книге Бажова уральский мастер Евлаха: «...как вешняя трава под солнышком, когда ветерком ее колышет. Так вол-

ны по зелени и ходят». Иначе этот рисунок можно воспринимать как бегущие одни за другими у отлогого берега волны морские. Но у краев лент полосы приходят в беспокойство, линии рисунка словно сталкиваются и ломаются, и здесь воображение скорее подсказывает бушевание свободной морской стихии... А сколько фантазии заключено в малахитовом одеянии других vaz — круглых, овальных и прямоугольных, простых и дополненных металлом: в узорах столешниц и чаш, колонн и торшеров, канделябров и разных поделок, украшающих залы всемирно известного музея!

Лебедевские подвалы

Профессор Д. Д. Галанин
Москва

Сравнительно недолгое существование лаборатории П. Н. Лебедева оказало тем не менее серьезное влияние на развитие физических исследований. В те годы П. Н. Лебедев много сил уделял изучению спектрального анализа в широком диапазоне частот — отсюда получили развитие труды его учеников Т. П. Кравца и К. П. Яковлева. В стенах «лебедевского подвала» родилась работа В. И. Романова о дисперсии электромагнитных волн. Новый метод измерения силы звука по его давлению описан в диссертации В. Д. Зернова. Исследования процессов в разреженных газах дали начало работам А. К. Тимирязева и П. П. Лазарева. Аналогию между световым давлением и давлением звука успешно исследовали В. Я. Альтберг и Н. А. Капцов.

История науки

Велико значение Петра Николаевича Лебедева (1866—1912 гг.) — выдающегося русского ученого — в развитии физики. Будь то теория процессов, возникающих в электромагнитных потоках большой мощности, или учение о взаимодействиях молекул и световом давлении — во многих областях он, крупный ученый и искусный экспериментатор, физик широкого диапазона, предвосхитил развитие актуальных современных идей, исследовал явления, часто недоступные физикам того времени.

Но не только блестящими научными заслугами дорого нам имя П. Н. Лебедева. Он навсегда вошел в историю русской физики как создатель в России первой физической научной школы. В публикуемых воспоминаниях Д. Д. Галанин воскрешает в памяти физиков старшего поколения некоторые детали знаменитого «лебедевского подвала», из стен которого вышло немало ученых с мировой известностью; эти заметки интересны и для современной молодежи, посвятившей себя науке. Мы являемся свидетелями того, как глубоко и плодотворно утвердился теперь в организации научных исследований пример П. Н. Лебедева по созданию научных коллективов.



П. Н. Лебедев

Впрочем, нет нужды называть удавшиеся работы всех учеников П. Н. Лебедева и проводившиеся ими исследования. Важны и интересны не только труды и достижения этой выдающейся школы, но и само ее возникновение, положившее начало организации в нашей стране плодотворных коллективных исследований в области физики.

На Моховой в 1910—1911 годах

Со стороны Моховой (сейчас проспект К. Маркса) вы входите через низкую скрипящую дверь в кирпичное здание Физического института при Московском университете. Перед вами две узенькие лестницы с простыми железными перилами. Стены давно не красились, в подьезде тесно и не очень чисто.

Лестница вверх ведет в квартиры П. Н. Лебедева и П. П. Лазарева. Петр Николаевич, несмотря на достаточные средства, живет в этой, более чем скромной, квартире давно потому, что из нее можно, не одеваясь, пройти и в свои лабораторные комна-

Запахи приготовления пищи указывают, что и здесь живут: это «обслуживающий персонал», который убирзет помещение и хранит одежду студентов, и старичок Николай, который заведует аккумуляторной и обносит практикантов, работающих в подвале, стаканами крепкого сладкого чая. Финансирование чая очень просто: все практиканты по очереди покупают полфунта чая и пять фунтов сахара — это стоит около полутора рублей.

Вы проходите дальше. Лестница, что направо, ведет вверх, а налево начинаются комнаты для научных работ, и первая (где работал я) очень оригинальна: за дверью — железный помост и лестница вниз; комната большая, с окном под потолком. В этой

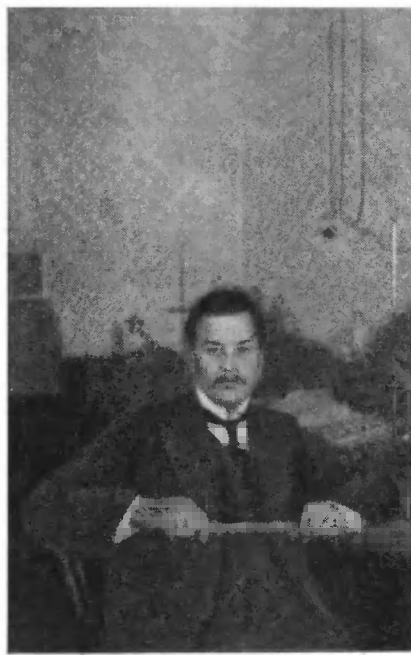
А. П. Соколова, и в 1905 г. прославился тем, что в книжке под названием «Лабораторная техника» описал изготовление простейших бомб.

За этой комнатой расположена парадная лестница, замечательная тем, что с любого этажа на ней можно зажечь и потушить свет. Лестница служит П. Н. Лебедеву, чтобы из своей лаборатории спускаться в подвал.

Дальше с левой стороны — комната, где работают с вакуумом А. К. Тимирязев и П. П. Лазарев. У них беспрерывно шумят водоструйные насосы, откачивающие форвакуум для двух шпренгелевских ртутно-струйных насосов, выписанных из Германии. Имевшиеся тогда насосы Геде — мас-



П. П. Лазарев



Т. П. Кравец



А. К. Тимирязев

ты на втором этаже, и в подвал, где работают его практиканты. П. П. Лазарев поселился здесь недавно; для него еще все в будущем — сейчас он только приват-доцент.

Лестница вниз ведет в подвал. Спустившись, вы открываете дверь и попадаете в большой, почти темный коридор с черным зсфальтовым полом.

же комнате стал потом налаживать свою установку В. К. Аркадьев.

Эта ультраподвальная комната имеет в потолке разборный люк, и над ней во всех этажах помещаются мастерские с таким же разборным полом. Над нами в башне работает Е. А. Гоппиус. Он заведует общим практикумом, находящимся в ведении проф.

ляный и ртутный — были в лаборатории в одном-двух экземплярах. Ртуть тогда не боялись.

Следующая комната маленькая и темная. Не помню, имела ли она окно. Она принадлежала В. И. Романову и почти вся была занята установкой с лехеровской системой и сверхчувствительным гальваномет-

ром. В эту комнату, постучав, приходится часто заходить, так как Вячеслав Ильич — хозяйственный лаборант. Мелочи, нужные для работы, практиканты покупают на свои деньги и берут счет, который Вячеслав Ильич оплачивает, не придираясь к его содержанию.

Мне больше всего были нужны латунные прутки разных сечений, а их можно было купить «у Красавина», против Иверской часовни. Там в подвале был склад, и приказчик отпиливал любой прутки по вашему указанию. Инструменты, конечно, каждый заводил свои.

После комнаты Романова коридор раздваивался: прямо была учебная электроизмерительная лаборатория

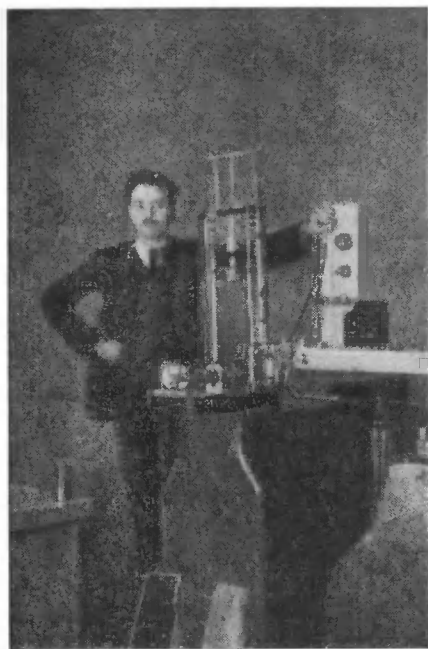
строил инфракрасный спектрограф и работал часов с восьми утра до десяти-одиннадцати вечера.

Получив первое задание, я был помещен в этой комнате и когда бы ни пришел — Константин Павлович всегда был уже за работой, в тонкой белой рубашке с засученными рукавами и меланхолическим выражением красивого лица, обрамленного светлыми волосами. В мастерской были довольно разбитый токарный станок Лорх-Шмита без самоходки, наковальня, тиски, паяльный столик. Хозяина этого имущества не чувствовалось: оно было не в блестящем состоянии.

Из мастерской можно войти в комнату, где работали Н. К. Щодро,

голову использовать явление электрострикции кварца или магнитострикции никеля.

Старшим среди этих трех научных работников был, конечно, Н. К. Щодро. Всю свою жизнь он отдал физике. У него была какая-то стесненность речи, но, занимаясь чем-нибудь в мастерской, он весь уходил в работу и распевал старинный романс: «Я грущу, если можешь понять мою душу доверчиво-нежную...». Н. П. Неклепаев был моим однокурсником. Сын сормовского инженера, он сам оказался хорошим мастером, и его установка выглядела тщательно отделанной. Когда Лебедев приходил в отсутствие Неклепаева, то хвалил его работу, а при нем обычно «ругался» и предлагал ему сделать полированную ручку, чтобы легче было выбросить созданный им прибор. Этим



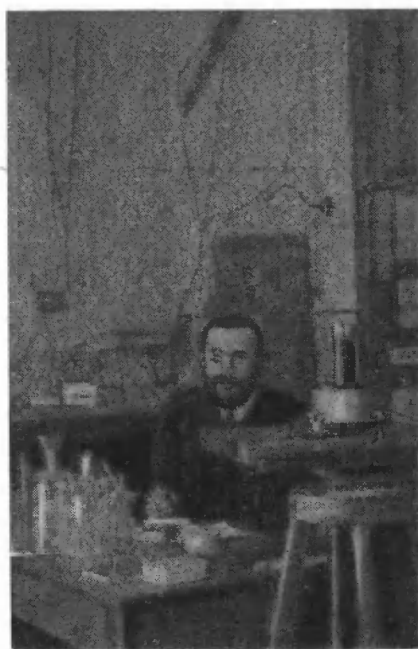
К. П. Яковлев

Н. А. Умова, которой заведовал милейший П. К. Мейер, а коридор, отходящий от главного, вел в большую мастерскую. Налево по нему была тоже большая комната, где работали К. П. Яковлев и сначала В. И. Эсмарх, а потом, если не ошибаюсь, Н. А. Капцов. К. П. Яковлев



В. К. Аркадьев

Н. П. Неклепаев и Б. Ф. Розанов. Все они занимались электромагнитными колебаниями как источником высокочастотных звуковых волн (источником колебаний служила тулсирующая вольтова дуга). Сейчас кажется удивительным, как П. Н. Лебедеву или кому-нибудь из них не пришло в



Д. Д. Галанин

Петр Николаевич хотел подчеркнуть, что прибор, впервые создаваемый, очень редко удается сразу, не требуя переделок (сколько приборов пришлось переделать ему самому для обнаружения давления света на поглощающие газы!). Вернемся теперь в главный коридор и пройдемся

по комнатам, оставшимся направо, когда мы шли от входа.

Напротив учебной лаборатории Н. А. Умова была комната, обычно запертая, где стояла занимавшая почти всю ее установка для определения скорости звука, над которой работал А. Б. Млодзеевский.

В следующей комнате работали Т. П. Кравец и Н. Е. Успенский. У Ториана Павловича в углу стоял столик со спектрофотометром Кёнига — Мартенса и набором разных красителей. Те, кто сам мучился над постройкой установок, завидовали ему, имевшему в своем распоряжении великолепный прибор.

Далее была комната, в которой М. В. Вильборг трудился над миниатюрным приборчиком, предназначенным для определения тонких особенностей разных газов, вроде явления Томсона. Михаил Васильевич был «искусен на все руки», но не очень настойчив, и приборчик бесконечно «передельвался», не будучи ни разу доведен до конца.

В этой и следующей комнатах работали еще молодые практиканты, о которых память ничего не сохранила. Тому прошло уже пятьдесят семь лет — срок, в который физические идеи и все основные понятия получили огромное развитие, да и экспериментальные средства ученого-физика в корне изменились. Все же хочется сделать несколько замечаний об организации работы в знаменитом «лабедевском подвале».

Первое, что приходит на ум: помощь практиканту при изготовлении приборов оказывалась только в исключительных случаях. Нужную деталь или весь прибор практикант мог по своей инициативе «заказать» или мастеру, работающему в Техническом училище¹, или на Высших женских курсах

Н. П. Неклепаев, занимавшийся ультразвуковыми волнами, получил отрицательные результаты, и успех его работы был спасен только статьей самого Петра Николаевича о поглощении в воздухе высокочастотных звуковых волн. А ведь известно, что отрицательные результаты самоотверженной работы, которой молодой человек отдает все свои силы и время, не только расхолаживают, но и приводят к потере веры в свои способности.

Третье — это очень скромный, кустарный темп работы, не идущий ни в какое сравнение с нынешним.

Ночной разговор

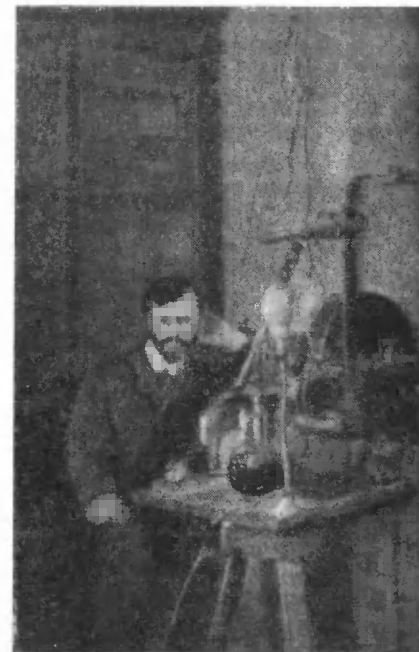
Как-то я заработался в подвале допоздна. Было, наверное, больше по-



Б. Ю. Порт



Н. П. Неклепаев (сидит) и Б. Ф. Розанов



Е. А. Гопиус

торным приборчиком, предназначенным для определения тонких особенностей разных газов, вроде явления Томсона. Михаил Васильевич был «искусен на все руки», но не очень настойчив, и приборчик бесконечно «передельвался», не будучи ни разу доведен до конца.

«у Эйхенвальда», или еще где-нибудь на стороне. Как правило, практикант должен был делать все сам и на очень слабой технической базе.

Второе — это далеко не полная ясность цели и возможностей работы.

¹ Ныне МВТУ им. Н. Э. Баумана.

ловины двенадцатого. Я сидел за столом внизу с настольной лампой, а вся комната была почти темной. Вдруг кто-то отворяет дверь наверху на железной площадке, куда выходит лестница. Я поднимаю голову и вижу Петра Николаевича, опершегося на балюстраду. Поднимаюсь к нему, и

нам приходится стоять очень близко друг от друга на небольшой площадке. Я много выше Петра Николаевича, и это еще более увеличивает мое смущение. Он в своей знаменитой, достаточно поношенной вельветовой куртке. Куртка распахнута, и видна тонкая белая рубашка, незастегнутая у ворота.

Я еще гимназистом много раз видел Петра Николаевича и знаю, что он много занимался спортом — греблей и велосипедом. Но, видя его впервые так близко, я как-то по-особенному воспринимаю красоту его правильного лица и мощь фигуры, особенно груди, развитой греблей.

Без всякого предисловия, как бы вдруг, Петр Николаевич стал ругать В. К. Лебединского, известного в те времена электротехника. Я не знаю, что отвечать на возбужденную речь Петра Николаевича — ведь я только молодой практикант. А он, все больше и больше распаляясь, крепкими выражениями квалифицирует Лебединского как невежду.

Постепенно я начинаю понимать, в чем дело. В новом номере журнала «Электричество» Петр Николаевич только что у себя дома прочел статью Лебединского, касающуюся работы трансформатора, в которой автор, по мнению Лебедева, допустил грубую ошибку против закона сохранения энергии. Петр Николаевич так возмутился, что должен был кому-то излить свой гнев. Он спустился по парадной лестнице, зажегши свет, но в лаборатории никого уже не было, кроме меня. И вот я оказался его «жертвой». В пылу гнева он говорил так непоследовательно, что я не мог судить, прав ли он в своих нападках на Лебединского, да и вообще по молодости лет (я был тогда на четвертом курсе) вряд ли в состоянии был сделать это.

Ночной разговор многое приоткрыл мне в личности Петра Николаевича. Под внешней сдержанностью и корректностью, с какой выступал он публично и в печати, с какой читал свои лекции, в нем горела страстная, трудно сдерживаемая натура. Вероятно, нелегко давалась ему эта сдер-

жанность. А между тем его лекции отличались очень большой продуманностью и законченностью и, несмотря на сжатое изложение, были очень полноценны. Он не любил преподавания (как, вероятно, любил Н. А. Умов), но выполнял свои обязанности очень тщательно.

Обстановка побудила П. Н. Лебедева покинуть университет в 1911 г. вместе с большой группой профессоров в знак протеста против реакционных действий министра просвещения Касо. Можно представить себе, какая буря гнева и бессилия бушевала в душе Петра Николаевича, когда он решал, уйти ему из университета или остаться. Уйти — значит лишиться привычных норм жизни, удобных, десятилетиями созданных условий научной работы, лучшей части самых близких учеников и практикантов... Остаться — значит смириться с полицейским диктатом в университете...

Немудрено, что переживания в связи с уходом из университета и разгром лаборатории привели к резкому ухудшению сердечной болезни Петра Николаевича и преждевременной смерти его в следующем году.

«Физический подвал» в Мертвом переулке

Учреждением, приютившим П. Н. Лебедева после его ухода из Московского университета, был городской университет им. А. Л. Шанявского¹. На средства, предоставленные обществом им. Х. С. Леденцова, были сняты две квартиры в полуподвальном этаже дома № 20 по Мертвому переулку (ныне пер. Н. Островского) для лаборатории, а П. Н. Лебедев поселился на втором этаже этого же дома. На третьем этаже поселился П. П. Лазарев.

Войдя в подъезд, вы спускались на несколько ступенек вниз и проходили в квартиру налево. В первой ее большой комнате — лаборатория Петра Николаевича, где он пытался обнару-

жить магнитное поле быстро вращающегося тела. Рядом была мастерская, в которой преданный Петру Николаевичу мастер Алексей Акулов — красивый молодой человек, живший в квартире напротив, — изготовлял по чертежам Петра Николаевича механизмы для быстрого вращения.

В следующей комнате помещался К. А. Леонтьев¹, бывший хозяйственным ассистентом; в советское время он стал профессором в Саратовском университете. Рядом в небольшой комнате занимался измерением диэлектрических констант газов Б. Ю. Порт; за этой комнатой находилась небольшая мастерская и стеклянный столик. В ванной трудился над проверкой закона диффузии В. С. Титов: она служила ему термостатом. И, наконец, в последней комнате работал Н. Е. Успенский, позже перешедший к рентгеновскому исследованию кристаллов.

Обстановка была более чем скромная — низкие комнаты, небольшие окна, мало приборов...

В квартире напротив для научной работы были отведены только две комнаты. В первой должен был быть установлен инфракрасный спектрограф, которым в университете занимался К. П. Яковлев. Спектрограф, сделанный Константином Павловичем, остался в прежней лаборатории как университетское имущество. Петр Николаевич сейчас же заказал на каком-то заводе части для нового спектрографа со значительными усовершенствованиями. Другие детали изготовил Алексей, и все было быстро готово и показано на выставке Менделеевского съезда в Петербурге в декабре 1911 г. Но спектрограф не работал. У него не было «души» — термогальванометра, для изготовления которого надо было спать вприщип две проволоки — константановую и железную — толщиной в 0,02 мм. Эту задачу Петр Николаевич поручил М. В. Вильборгу, но тот все «изобретал» приспособление для столь уникальной пайки... Собранный

¹ После ухода П. Н. Лебедева из Московского университета одна из его физических лабораторий располагалась также на Волхонке (сейчас здесь помещается Институт философии АН СССР) и занимала там две комнаты. (Прим. ред.).

¹ Вместе с К. А. Леонтьевым в этой же комнате работали А. К. Тимирязев и В. И. Романов. (Прим. ред.)

начерно спектрограф так и стоял в углу неоконченным¹.

В следующей комнате работало четверо. У дальней стены первым собрал свою установку для безэлектродного свечения в высокочастотном магнитном поле Н. Я. Селяков (он потом работал у А. Ф. Иоффе). Высоко на стене против окон, во всю ее длину, помещалась установка Н. Т. Федорова, исследовавшего выцветание красок при малых интенсивностях освещения. Около входа я соорудил свою установку для определения нормальной скорости сгорания газовой смеси по способу В. А. Михельсона. Я исследовал зависимость скорости от температуры.

На столе под установкой Федорова построил свой прибор для исследования температурного выцветания красок С. И. Вавилов. В основном это был толстый квадратный латунный стержень, концы которого поддерживались при постоянных температурах кипящей воды и серного эфира. В стержне были высверлены отверстия, в которые помещался окрашенный кружочек и термометр. Сергей Иванович так хорошо наладил кипятильники, что оставлял их на несколько дней без присмотра, приходя раза два в неделю, чтобы сменить кружочки. Выцветшие кружочки фотометрировались на остроумно сконструированном им приборе. Тема эта была предложена П. П. Лазаревым.

Дом № 20 в Мертвом переулке — высокий и крепкий. Давно бы следовало установить на нем мемориальную доску с напоминанием о смерти в этом доме П. Н. Лебедева, жизни в нем П. П. Лазарева и первой работе С. И. Вавилова, а также о том, что в нем была первая научная лаборатория по физике на общественных началах.

Прощание

Связь практикантов с руководителем поддерживалась еженедельными colloquiumами. Правда, в 1911 г. Петр

Николаевич часто на них не бывал, но тем не менее все «ученики», и ставшие уже самостоятельными, преподававшие в высших учебных заведениях, и мы — молодежь, только что окончившая университет, собирались в «Малой физической» — нескладной комнате, заставленной какими-то древними партами. Этим поддерживалась общая связь коллектива. Когда же Петр Николаевич ушел из университета, эта связь нарушилась. Правда, к тому времени у П. П. Лазарева начала образовываться своя «школа», занимающаяся в помещении университета им. Шанявского, сначала на Волхонке, а затем на Миусской площади¹: Т. К. Молодой, П. П. Павлов, Э. В. Шпольский и др., работавшие по заданиям Петра Петровича в области молекулярной физики.

Не помню, видел ли я Петра Николаевича после его ухода из университета, — наверное, нет...

С большой горечью и трагизмом была встречена весть о кончине Петра Николаевича. Казалось, совершилась огромная несправедливость. Вынужденный уход Лебедева из университета с группой профессоров, явно приведший к скорой его кончине, приобрел особо мрачный характер: получил урон старейший русский университет, убит лучший представитель русской науки.

Это настроение не только учеников Петра Николаевича, но и широких кругов интеллигенции выразил Н. А. Умов в своей статье «Тяжелая утрата»². «Невыразимая скорбь охватывает при мысли об этой неожиданной потере. В кончине Петра Николаевича мы имеем не только потерю, но жертву науки». И далее: «Ему пришлось пережить тяжелые минуты, покинуть дело, которому он отдавался всеми своими силами, которое стоило ему не только труда, но и здоровья».

Хоронили Петра Николаевича на кладбище в монастыре где-то на Калевской улице¹. Помню красные кирпичные ворота, а за ними большое пространство монастырских земель, поросшее деревьями. Я шел не в первых рядах, но высокий рост позволял мне видеть гроб, когда его сняли с катафалка и несли к могиле. Даже в этот момент не верилось, что опускают в землю Петра Николаевича.

Через какое-то время, недели через три или через месяц, состоялось учредительное собрание Физического общества имени П. Н. Лебедева. Не помню, в каком помещении оно проходило, но сохранилось в памяти, что было оно очень холодное, и этот холод сковывал не только тело, но и душу. Охватывали страх и отчаяние от того, что нет Петра Николаевича, что не увидишь его крепкой сильной фигуры и его взгляда, который, казалось, проникал не только в тайны физического устройства мира...

На этом заседании было решено издать собрание сочинений Петра Николаевича. В число редакторов вошли Т. П. Кравец и П. П. Лазарев. Собрание сочинений вскоре вышло, и на этом, пожалуй, закончилась история «лебедевского подвала».

¹ П. Н. Лебедев был похоронен в Алексеевском монастыре. В советское время его прах был перенесен на Новодевичье кладбище. (Прим. ред.).

¹ После смерти П. Н. Лебедева в этой комнате помещалась библиотека. Это была личная библиотека П. Н. Лебедева и его же богатое собрание оттисков. Библиотекой мог пользоваться каждый, шкафы были открыты. (Прим. ред.).

¹ В здании, где теперь помещается Высшая партийная школа при ЦК КПСС.

² «Русские ведомости», № 51, от 2 марта 1912 г.

Когда же был открыт гелий?

С. В. Альтшулер
Институт истории
естествознания и техники
АН СССР
Москва

Ни одно из веществ, известных химикам того времени, не имело такой линии в той части спектра, где ее обнаружил Жюль Жансен. Такое же открытие, но у себя дома, в Англии, сделал астроном Норман Локкьер.

25 октября 1868 г. Парижская Академия наук получила два письма. Одно, написанное на следующий день после солнечного затмения, пришло из Гунтура, маленького городка на восточном побережье Индии, от Жюля Жансена; другое письмо от 20 октября 1868 г. было из Англии от Нормана Локкьера.

Полученные письма были зачитаны на заседании Парижской Академии наук. В них Жюль Жансен и Норман Локкьер, независимо один от другого, сообщили об открытии од-

ного и того же «солнечного вещества». Это новое вещество, найденное на поверхности Солнца с помощью спектроскопа, Локкьер предлагал, от греческого слова «солнце» — «гелиос», назвать гелием.

Странное совпадение удивило ученое собрание Академии и в то же время подчеркивало факт открытия нового вещества. В честь открытия вещества солнечных факелов (протуберанцев) была выбита медаль...¹.

Очень близкое изложение событий приведено в учебнике общей химии Н. Л. Глинки (издание 1965 г.) и во многих других источниках. А между тем почти все в этом расска-

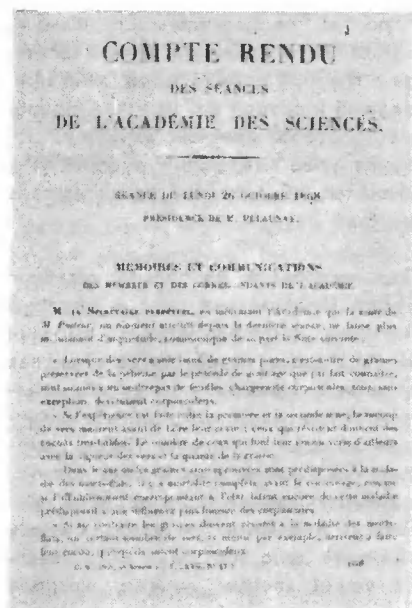
1 П. Р. Таубе, Е. М. Руденко. От водорода до... нобелия М., Изд-во «Высшая школа», 1961, стр. 50—81.

История открытия гелия описана многократно. Она привлекла внимание историков науки тем, что гелий был обнаружен на Солнце задолго до того, как его удалось найти на Земле.

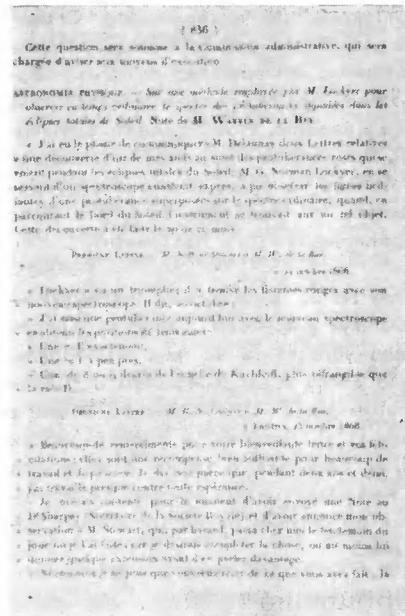
Датой открытия гелия обычно считается август 1868 г., т. е. тот момент, когда при наблюдении за протуберанцами во время солнечного затмения французский астроном Жансен впервые обнаружил в спектре протуберанца яркую желтую линию, впоследствии идентифицированную с еще неизвестным на земле элементом.

В действительности открытие гелия следует отнести к более поздней дате.

Вот как обычно излагается история открытия гелия: «В момент, когда сверкающий диск Солнца был полностью закрыт Луной¹, Жюль Жансен, исследуя с помощью спектроскопа оранжево-красные языки пламени, вырывающиеся с поверхности Солнца, увидел в спектре, кроме трех знакомых линий водорода: красной, зелено-голубой и синей, новую, неизвестную — ярко-желтую.



Титульный лист выпуска «Compte rendu», в котором были напечатаны письма Локкьера и Жансена об открытии нового способа изучения протуберанцев



Страница из «Compte rendu» с текстами писем Стюарта и Локкьера о наблюдении протуберанцев во внезатменное время

¹ 18 августа.

зе неверно — начиная с датировки писем Жансена и Локкьера и кончая утверждением о том, что в них содержалось сообщение об открытии гелия и что в честь этого открытия была выбита медаль.

Насколько нам известно, письма Жансена и Локкьера не были напечатаны на русском языке. Никогда не переводилась и книга Локкьера «Неорганическая эволюция», в которой он в 1900 г. подвел итоги многолетних спектроскопических исследований. По этой причине представляется целесообразным восстановить истинную картину открытия гелия по первоисточникам. Следует заметить, впрочем, что в книге А. Кларка «История астрономии в XIX столетии» (Одесса, 1913 г.), в статье Г. Н. Неуймина о Жансене, напечатанной в «Известиях Русского астрономического общества» за

1909 г. (вып. XIV, № 8, стр. 285—290), а также в монографии В. Кеезома «Гелий» (перев. с англ., М., 1949 г., см. стр. 13—14) имеются интересные данные по этому поводу.



Заседание Парижской Академии наук происходило 26 октября 1868 г. под председательством астронома Делонз¹. Выступивший на этом заседании Варен де ла Рю сказал: «Я имел удовольствие сообщить Г. Делонз о письмах одного из моих друзей, относящихся к открытию, сделанному при изучении протуберанцев, видимых во время полных солнечных затмений. Норман Локкьер с помощью специально сконструированного спектроскопа смог наблюдать светящиеся линии протуберанца, наложенные на обычный спектр, в тот момент, когда прибор, при обходе края Солнца, оказался направленным на указанный объект. Это открытие было сделано 20 числа текущего месяца».

Вслед за этим де ла Рю огласил два письма. Первое письмо, от 21 октября 1869 г., адресованное ему Балфуром Стюартом, приводим здесь полностью:

«Локкьер торжествует: он наблюдал 20 октября красные факелы при помощи своего нового спектроскопа. Он говорит: «Сегодня я поймал протуберанец новым спектроскопом и определил наличие трех линий: одна — точка *C*, другая — примерно *F*, третья — 8 или 9 градусов по шкале Кирхгофа, сильнее преломляемая, чем линия *D*».

Из второго письма, адресованного Локкьером Варену де ла Рю и датированного 23 октября 1868 г., приводим наиболее существенные выводы:

«...Я очень рад, что снова вчера утром нашел протуберанец и все подтвердилось: яркие линии в *C*, около *D* и совсем близко от *F*. Определенно нет никакой линии ни в *B*, ни в *b*. Что касается района *g*, то я его еще не исследовал...

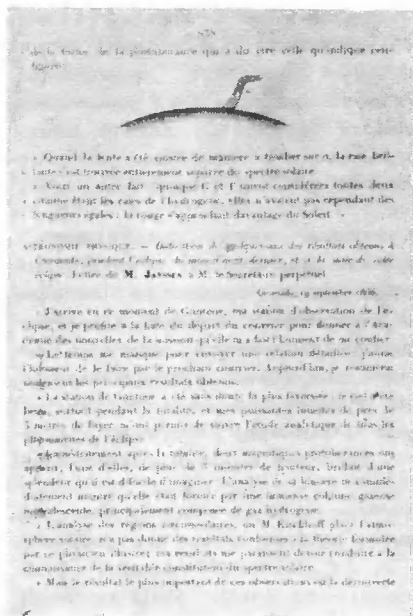
Линии прослеживаются на различную высоту от края Солнца, красная — самая короткая. Я даже получил представление о форме протуберанца и зарисовал его...» (См. фото. Следует заметить, что это было первое изображение протуберанца, полученное не во время полного солнечного затмения, а в «обычное время», когда протуберанцы не видны на фоне голубого неба даже в сильные телескопы).

Затем было зачитано письмо Жансена неперемемному секретарю Академии от 19 сентября 1868 г. Рассказав об условиях, при которых наблюдалось 18 августа 1868 г. наиболее длительное полное солнечное затмение XIX в., Жансен продолжает: «...самым важным результатом этих наблюдений является открытие метода, принцип которого был придуман мною во время самого затмения и который позволяет изучать протуберанцы... не дожидаясь наступления полного солнечного затмения. Этот метод основан на спектральных свойствах света протуберанцев, света, распадающегося на небольшое число очень ярких пучков, соответствующих темным линиям солнечного спектра».

Из другого письма Жансена, адресованного Сент-Клэр Девиллю и также датированного 19 сентября 1868 г., видно, что с 19 августа по 4 сентября Жансен смог исследовать строение и изменение формы протуберанца.

Последним выступил Файе, указавший на то, что если Жансен и наблюдал протуберанец «в обычное время» раньше Локкьера, все же последний пришел к идее нового метода прежде, чем это сделал Жансен: Локкьер доложил в специальном «Мемуаре» Королевскому обществу идею нового метода еще 11 октября 1866 г. Письма же Жансена и Локкьера о новом методе изучения протуберанцев пришли в Парижскую Академию почти одновременно, что является, конечно, удивительным совпадением.

Как видим, ни Локкьер, ни Жансен в своих письмах ни словом не об-



Зарисовка протуберанца, сделанная Локкьером в октябре 1868 г. (через два месяца после солнечного затмения) и воспроизведенная в «Compte rendu»

¹ «Compte rendu», 1868, т. 67, № 17, стр. 838—841.

молвились о «солнечном веществе», но подчеркнули значение открытого ими нового способа изучения протуберанцев. И именно это обстоятельство привлекло внимание академиков.

Суть нового способа заключалась в следующем: с помощью призмы солнечный свет, попадающий в щель спектроскопа, можно рассеять настолько, что на его фоне становятся ясно видны яркие монохроматические спектральные линии.

Локкьер и Жансен не только усовершенствовали спектроскоп, но и решили многолетний спор о природе протуберанцев, установив, что они представляют собой гигантские выбросы раскаленных газов.

Впервые протуберанцы были замечены во время солнечного затмения 1842 г. В 1860 г., тоже во время полного затмения, их впервые удалось сфотографировать. Но до 1868 г., когда были произведены первые спектроскопические исследования, природа «солнечных факелов» оставалась загадкой. Предполагалось даже, что это нечто вроде гор, освещаемых раскаленной поверхностью Солнца.

22 февраля 1869 г. на заседании Парижской Академии наук было заслушано еще одно сообщение Локкьера (совместное с Е. Франкландом) о том, что «...около линии *D* имеется линия, видимая в спектре хромосферы, которой не соответствует ни одна фраунгоферова линия»¹. По-видимому, это и было первым указанием на то, что на Солнце имеется неизвестный на Земле элемент.

В марте 1871 г. Локкьер уже пишет о том, что новый элемент, соответствующий линии «вблизи *D*», лежит между водородом и магнием². А в августе того же года лорд Кельвин (тогда еще В. Томсон) в президентской речи на собрании Британской ассоциации заявил: «Франкланд и Локкьер открыли, что желтые протуберанцы дают очень заметную

яркую линию вблизи *D*. До сих пор эта линия не идентифицирована с каким-либо земным элементом. Возможно, что она принадлежит новому веществу, которому они предлагают дать название «гелий»¹.

В заключение отметим, что вплоть до открытия гелия на Земле было неясно, что собой представляет «солнечный элемент». Сам Локкьер склонялся, как видно, в частности, из его беседы с Менделеевым, к мысли, что гелий — это составная часть всех химических элементов, наконец-то обнаружившая себя «первичная материя». Начиная с 1873 г. Локкьер упорно стремился обосновать спектроскопическими исследованиями Солнца и звезд гипотезу о «кровном родстве» химических элементов и об их постепенном образовании из первичной материи. Наиболее полно он изложил свои взгляды на природу химических элементов в уже упоминавшейся нами книге «Неорганическая эволюция».

Итак, в октябре 1868 г. Парижская Академия наук зафиксировала открытие нового метода исследования протуберанцев, но ничего не было сказано в то время об открытии неизвестного на Земле элемента гелия. И хотя характерная спектральная линия была обнаружена в 1868 г. Жансеном и Локкьером, только в конце 1870 или начале 1871 г. Локкьер пришел к заключению, что эта линия не принадлежит ни одному земному элементу и, следовательно, на Солнце обнаружен новый элемент — гелий.

Экспедиции, путешествия

¹ «Comptes rendus», 1869, т. 68, стр. 420—421.

² «Nature», 1871, 3, 221. Цитируется по монографии В. Кеезома «Гелий».

¹ «Nature», 1871, 4, 262. См. В. Кеезом. «Гелий».

По ледникам Шпицбергена

Ю. А. Лаврушин

Кандидат геолого-минералогических наук
Москва

Шпицберген... Еще немногим более 1000 км — и Северный полюс. Но каких 1000 км!... Сколько мужественных исследователей Арктики не могли их преодолеть! Действительно, уже с конца XIX, и особенно в 30-е годы XX в., Шпицберген превратился в своеобразный трамплин для достижения «крыши земли» воздушным путем. Швед Андрэ, швейцарец Миттельгольцер, норвежец Амундсен, американец Бэрд, итальянец Нобиле — целая плеяда арктических исследователей, связавших в значительной мере свою судьбу со Шпицбергом.

Сравнительно легкая доступность Шпицбергена создала ему исключительное положение среди других полярных областей, привлекла к нему внимание крупнейших исследователей Арктики. Среди них, конечно, следует в первую очередь упомянуть Нансена, сделавшего здесь свои первые научные открытия.

Большой вклад в изучение природы Шпицбергена внесли русские ученые В. Я. Чичагов (1764—1766 гг.), А. А. Коротнев (1898 г.), позже — геологи Б. А. Русанов и С. В. Обручев, а также участники русской группы объединенной экспедиции Российской и Шведской академий наук.

В послевоенные годы Шпицберген превратился в своеобразный науч-

ный полигон, где самые разнообразные специалисты изучают природу Арктики. По числу исследователей разных стран Шпицберген можно сравнить только с Антарктидой. Как и там, на острове помимо советских ученых можно встретить норвежских, шведских, финских, английских, американских, французских, японских, польских и других исследователей.

Геологические формации самого различного возраста, полезные ископаемые, тектоническое строение архипелага — все это привлекает к нему внимание и геологов. Суровые климатические условия создали на Шпицбергене неповторимое разнообразие форм современного оледенения, позволяющих непосредственно на ледниках изучать динамику накопления ледниковых и ледниково-морских отложений. Это чрезвычайно важно для геологических работ в северной части Западной Сибири и на северо-востоке Русской равнины. Ведь здесь в последние годы геологами выявляются новейшие тектонические структуры, которые могут оказаться перспективными в нефтегазовом отношении, ведутся инженерно-геологические исследования для строительства различных гидротехнических и других инженерных объектов. Однако предлагаемые при этом рекомендации часто зависят от субъективных представлений о происхождении отложений. Поэтому разработка основных объективных критериев для разграничения ледниковых и ледниково-морских отложений весьма актуальна. Этой проблемой я и занимался, знакомясь с настоящим и прошлым ледников Шпицбергена. Прежде чем рассказать о самих исследованиях, посмотрим, что представляет собой Шпицберген. Это архипелаг, состоящий из горных островов. Самая высокая точка — гора Ньютона — достигает 1712 м. Климат Шпицбергена арктический со среднегодовой температурой около -9° , но все же более мягкий на западе благодаря ветви теплого Гольфстрима и более суровый на востоке.

Весь архипелаг Шпицберген и о. Медвежий, несколько отстоящий от него, — это административный район

Норвегии, который называется Свальбард. Центр района — шахтерский пос. Лонгирбюен, где находится норвежское губернаторство. В этом поселке живет около 600—700 норвежцев, занятых разработкой угольного месторождения.

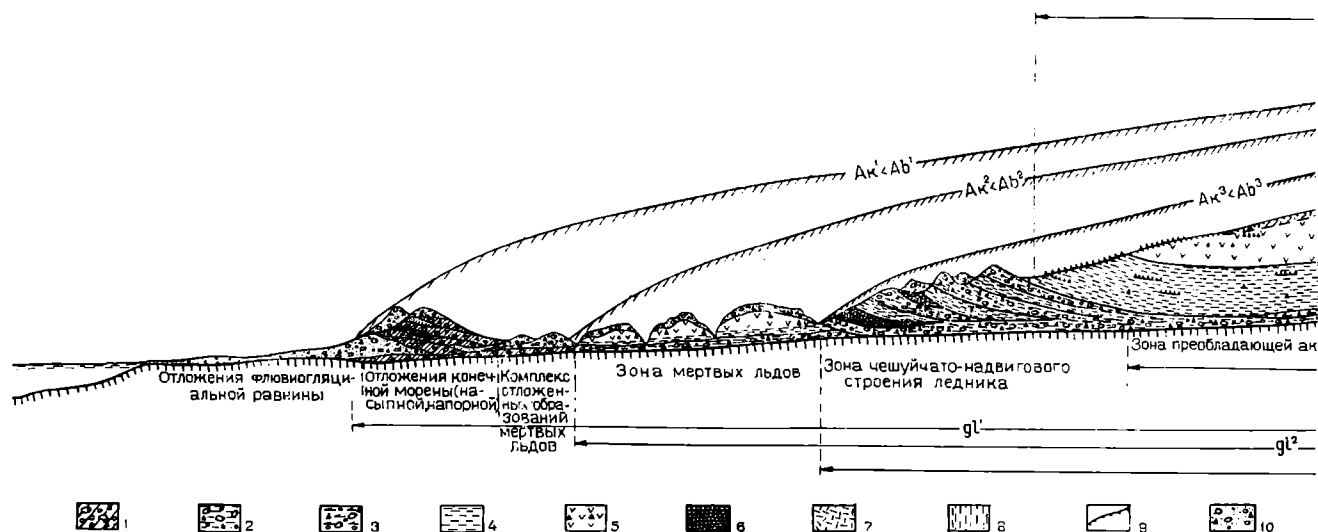
Второй норвежский поселок, Нью-Олесунн, в настоящее время не имеет постоянного населения. Только в летнее время он оживает: сюда приезжают строители телеметрической станции слежения за искусственными спутниками Земли, а также туристы из различных стран, желающие полюбоваться арктической экзотикой и самым северным «городом» мира. Специально для туристов здесь построен отель «Северный полюс».

Несколько лет назад в Нью-Олесунне норвежцы также разрабатывали угольное месторождение, но после трагического взрыва в шахте, когда погибли несколько шахтеров, разработки были прекращены. Об этой трагедии напоминает обелиск, стоящий на окраине поселка. Недалеко от него — развалины ангара дирижабля экспедиции Нобиле и вышка, от которой уходил в свой последний полет дирижабль; здесь же — памятник погибшим членам экипажа этой экспедиции и обелиск в честь полета Амундсена и Элсуорта над Северным Ледовитым океаном в 1925 г.

На Шпицбергене есть два советских действующих рудника (в пос. Баренцбург и Пирамида), в шахтах которых добывается уголь.

У края ледника

На путешественника, впервые попавшего на Шпицберген, архипелаг может произвести противоречивое впечатление. Если корабль подходит к островам в яркий солнечный день, от ослепительного блеска ледников хочется прищурить глаза и серые монотонные скалы уже не кажутся столь удручающими. Но в пасмурную погоду трудно отделаться от некоторого разочарования — все покрыто туманной дымкой, все серо и невыразительно. Однако, присмотревшись, можно уже различить типы ледников, которые выглядят по-разному. Небольшие, так называемые каровые



ледники на склонах издали похожи просто на грязные пятна снега. Долинные ледники имеют вид мощных ледяных рек-потоков, а ледяные плато и купола — это уже караванеобразные нахлестки, на горизонте сливающиеся с небом. Но, пожалуй, наиболее эффектно долинные ледники, оканчивающиеся в море. Здесь в ледяном барьере виден удивительно красивый лед небесно-голубого цвета. А постоянно обваливающиеся в воду крупные глыбы льда — айсберги — очень похожи на белых лебедей, как бы спокойно плывущих по зеленоватой глади далекого фиорда.

Жители многих районов нашей страны постоянно «общаются» с ледниковыми отложениями, которые были принесены громадными ледниковыми щитами. В определенные этапы геологической истории Земли они во много раз превышали современные ледниковые покровы Антарктиды и Гренландии.

Комплекс отложений, сформированных былыми ледниковыми покровами, сложен и многообразен. Крупней-

шие советские геологи и географы изучали состав и строение этих отложений. Но, как это часто бывает в науке, многие проблемы, над которыми десятками лет трудятся ученые, далеки еще от своего разрешения. Много неясного и в ледниковой теории. Пожалуй, один из важнейших нерешенных вопросов — динамика накопления моренных отложений, в особенности донных морен.

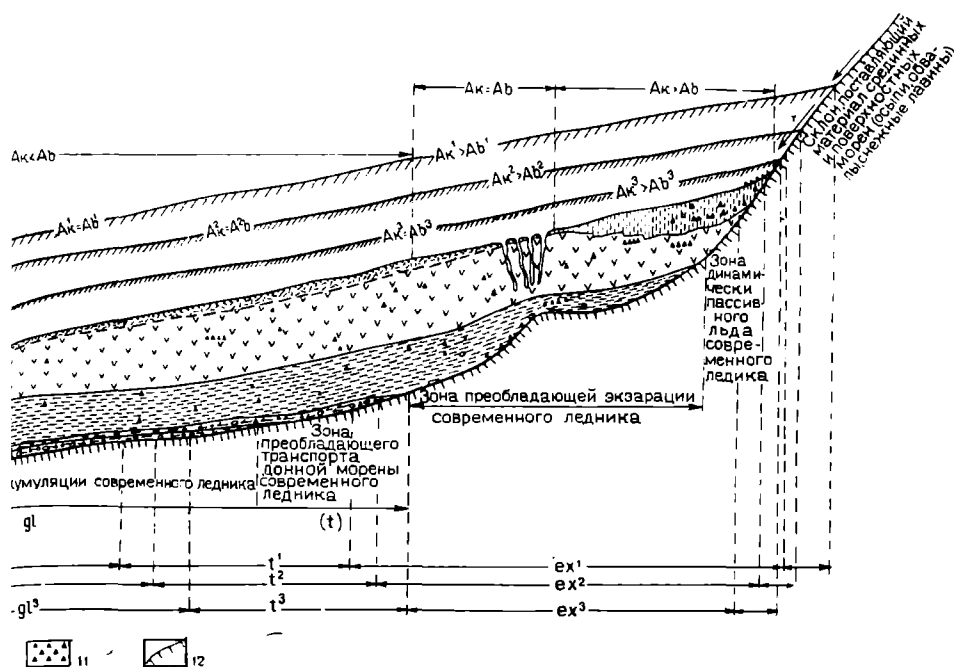
Последние три года во время летних работ на Шпицбергене я специально занимался изучением ледниковых отложений, которые образуются ледниками разного типа. Наиболее активны долинные ледники, поэтому именно на них и пришлось обратить особое внимание.

У концов современных долинных ледников, обрывающихся на суше, возникают так называемые зоны мертвых льдов или отмерших частей ледников. В них лед прекратил свое движение и пассивно тает. Образование этих зон на современных ледниках Шпицбергена связано с процессом

общей деградации оледенения и потепления Арктики.

Характерный элемент ландшафта мертвых льдов — неровный мелкохолмистый, а иногда и мелкогрядовый рельеф. Полоса такого рельефа на отдельных ледниках достигает ширины 1,5—2 км. Это, пожалуй, наиболее трудная для преодоления зона — бесконечное число бурных ручьев, грязевые болота с чрезвычайно скользким ледяным дном... Мощность отложений, покрывающих в зоне мертвых льдов эти холмы и гряды, невелика. Всюду в их центральной части находится ледяное ядро, и поэтому здесь интенсивно идет переработка рельефа в процессе оползания, солифлюкции, термокарста.

Когда изучаешь отложения зоны мертвых льдов, прежде всего поражают сложные взаимоотношения различных образований. Между всеми типами отложений и внутри каждого из них могут быть фациальные переходы, а также контакты, осложненные оползевыми и эрозийными процессами. Так, например, в ряде мест буквально у нас на глазах происходи-



Принципиальная схема строения динамики накопления ледниковых отложений долинного ледника: 1 — донная отложенная морена; 2 — льдистая отложенная морена (донная); 3 — движущаяся морена; 4 — глетчерный лед с пластично-вязким типом движения; 5 — глетчерный «жесткий» лед, движущийся пассивно; 6 — ледяные брекчии; 7 — инфильтрационный лед; 8 — фирн и первичные осадочно-метаморфические льды; 9 — «кора» таяния глетчера; 10 — абляционный покров (флювиогляциальные отложения; вытаявшие осадки срединных и поверхностных морен и т. д.); 11 — обломки коренных пород и вытаявшие срединные поверхностные морены; 12 — коренные породы.

$Ak > Ab$ — область аккумуляции твердых атмосферных осадков (баланс положительный); $Ak = Ab$ — область переменного накопления и таяния льда; $Ab > Ak$ — область абляции (баланс отрицательный); Ak^1, Ab^1, Ak^2, Ab^2 и т. д. — последовательные стадии развития ледника; ex, ex^1, gl, gl^1 и т. д. — смещение зоны экзарации и зоны аккумуляции донной морены в зависимости от динамики движения ледника

то оползание вытаявших моренных блоков на более низкие уровни — в днища брошенных водными потоками каналов, которые выстланы соответствующими отложениями. Здесь же в разрезах можно видеть наложение морены на водно-ледниковые (флювиогляциальные) отложения по оползневым контактам. Более того, эти смещенные моренные блоки при благоприятных обстоятельствах нередко оказываются вновь захороненными под отложениями водных потоков.

Изучение осадков талых ледниковых потоков показало, что они практически ничем не отличаются от обычных речных, аллювиальных отложений, с той лишь разницей, что гальки и валуны имеют штриховку ледникового типа и ледниковую обработку граней.

В самом ледниковом льде по характеру его движения, содержанию обломочного и мелкоземистого материала, а следовательно, и по результатам геологической деятельности различаются несколько типов. Прежде всего на шпицбергенских ледниках

выделяется пассивно и активно движущийся лед.

Пассивно движущийся лед слагает верхнюю часть ледников (нередко с крупными трещинами на поверхности), а в местах крутого продольного профиля ледника — характерные формы ледового рельефа, свойственные ледопадам. Эта часть ледников наиболее «жесткая». Содержащийся в ней обломочный материал, вытаявая в зоне абляции (сокращения), образует на поверхности глетчеров боковые, срединные и поверхностные морены. Эти отложения чаще всего состоят из щебня или глыб коренных пород без какой-либо существенной ледниковой обработки. Срединные морены — это поверхностные образования ледника, и они вовсе не внедряются клиньями в тело ледника, как это, к сожалению, до сих пор изображают. Формируются срединные морены из обломков горных пород, которые в результате обвалов, осыпей или снежных лавин скатываются со склонов, окружающих долинный ледник. Попадая на него в области аккумуляции, этот материал постепенно погружается в лед и пере-

носится в концевую часть ледника, где уже при таянии льда вновь появляется на поверхности глетчера¹.

Интересны наблюдения над концевыми частями активно движущихся нижних толщ льда глетчеров. Изучить их не всегда бывает легко, так как добраться до нижних частей льда можно только по ледниковым тоннелям, где текут бурные ручьи, или по глубоким эрозионным промоинам поверхностных ледниковых рек, прорезающих ледник. И тот и другой способ, как это нетрудно себе представить, не из приятных. Однако другого выхода у меня не было: только на Шпицбергене мне представилась такая возможность и, конечно, нельзя было упустить этого случая.

Наблюдения над особенностями стро-

¹ Когда в области абляции есть скалы, выступающие над покровом ледника (нунатаки), срединные морены возникают на поверхности ледников, берущих начало с ледниковых плато и куполов. Если же нунатаки отсутствуют, то появление срединных морен возможно в этом случае только при наличии боковых ледников, впадающих в основную глетчер.





Конусы осыпания в бухте Бьомнох-
мна в 1966 г.



Конусы осыпания в бухте Бьомнохамна в 1882 г. Фото Де-Геера

ения льда в нижней толще ледников позволили выяснить, как и при каких условиях происходит формирование донных морен. В современных ледниках донные морены представлены в виде толщи так называемого морено-содержащего льда. Этот тип льда отличается большим содержанием обломочного и мелкоземистого материала и имеет ряд важных особенностей, связанных с различными типами движения ледника.

Движение льда в основном бывает: послойно-пластичным, по внутренним плоскостям сколов и глыбовым. Как удалось выяснить, эти различные типы движения льда, в особенности два первых, находят свое отражение не только в мореносодержащем льде, но и в древних моренных толщах. Достаточно сказать, что послойно-пластичным типом движения льда обусловлено образование так называемых гляциодинамических текстур. Среди них выделяются текстуры захвата пород ледникового ложа в виде узких языков, входящих в толщу морены; текстуры полосчатости и текстуры одностороннего давления, которые связаны с небольшими упорами в ложе ледника и выражены в

виде разнообразных складок и деформаций; наконец, текстуры уплотнения морены.

Послойно-пластичным движением определяется ориентировка длинных осей валунов по направлению движения ледника, специфическая обработка валунов, ледниковая штриховка и повышенная динамическая плотность морены.

Другой тип движения — по внутренним линиям сколов — способствует образованию в моренной толще чешуйчато-надавиговых текстур, а при долгом стоянии ледника — краевых морен, прекрасно выраженных в рельефе.

Эти наблюдения показывают, насколько сложнее, чем принято считать, оказалось общее представление о строении донных морен. Во всяком случае, все черты этого типа отложения свидетельствуют об их накоплении под толщей движущегося льда. Сам по себе это очень важный вывод, поскольку многие исследователи до сих пор полагают, будто образование донных морен происходит при пассивном вытаивании из отступающего ледника.

Выделение разного типа гляциодинамических текстур в толще уже отложенных донных морен позволяет не только судить о процессе накопления этих образований, но даже выяснить, в какой именно части под толщейдвигающегося льда происходило их формирование.

Итак, в продольном профиле ледника можно выделить три основные зоны: зону экзарации (выпахивания, выдиранья материала из ложа ледника), зону переноса основной морены и зону ее аккумуляции. По мере постепенного уменьшения скоростей движения ледника в нижних его частях (зоне аккумуляции) и под действием все возрастающего внутреннего трения, которое связано с приносом обломочного материала, часть движущейся морены постепенно теряет свою пластичность, задерживается и откладывается. Естественно, по мере развития ледника эти зоны могут смещаться в ту или иную стороны, но принципиально картина динамики накопления основной морены должна, по-видимому, сохраниться.

В фиордах

Многие ледники Шпицбергена спускаются прямо в море, и их нижние части находятся на плаву. Уже издаля можно слышать грохот образующихся айсбергов, напоминающий орудийную канонаду... Здесь происходит накопление своеобразных ледниково-морских осадков, очень похожих и на ледниковые, и на морские. В условиях фиордового побережья Шпицбергена по литологическим особенностям, а также по составу фауны, удалось выделить типы осадков, образующихся в различных зонах. Первая зона располагается прямо под ледником, в самой вершине фиорда, где происходит осаждение большого количества обломочного и мелкоземистого материала, выталаивающего непосредственно из нижних частей ледника. Но какая-либо волновая деятельность в ее пределах практически отсутствует. Это — зона накопления подводных морен, формирующихся за счет таяния и выпадения на дно фиорда материала основных морен ледника.

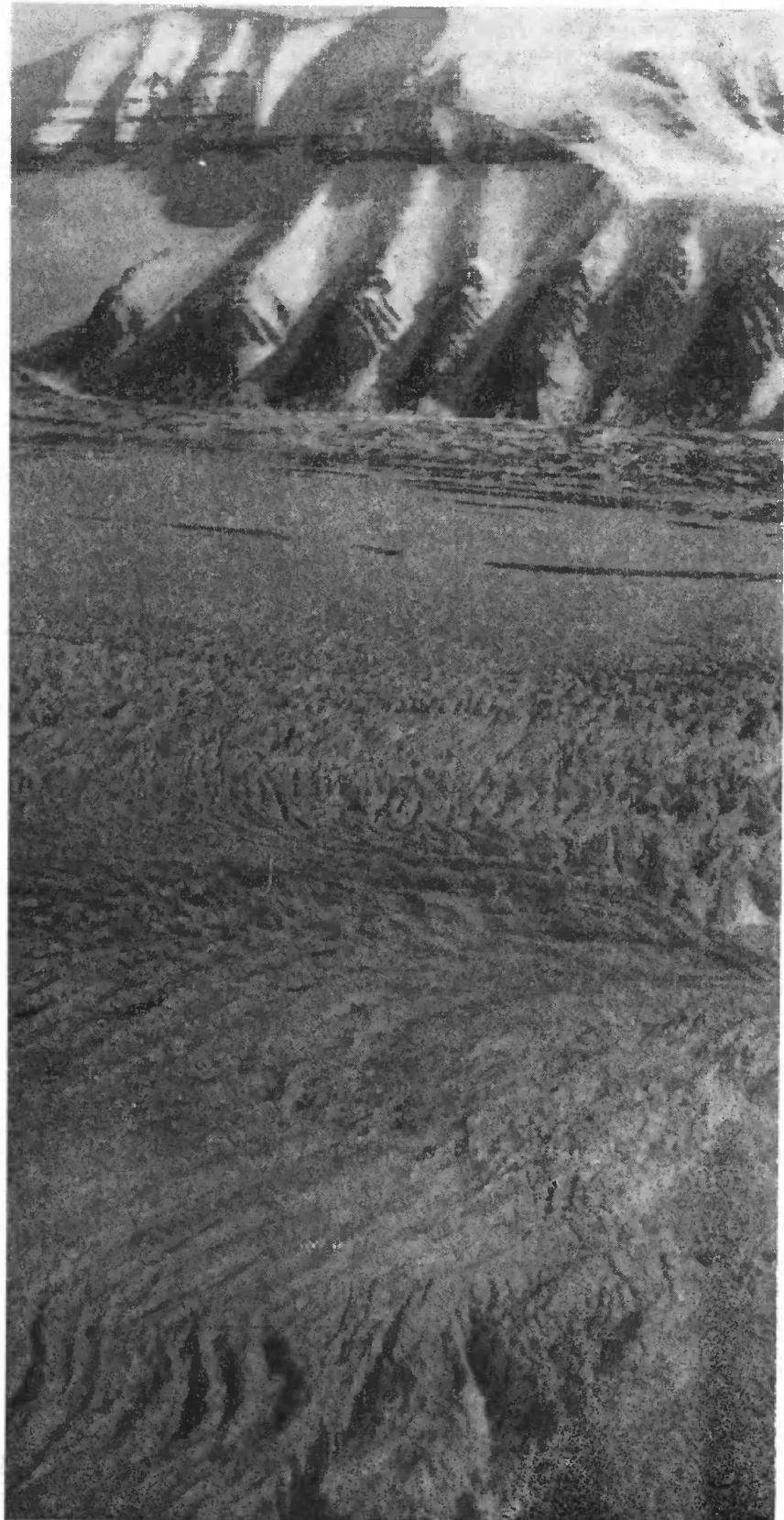
Вторая зона накопления осадков рас-

полагается в глубоководной центральной части фиорда, свободной от ледникового языка. Наряду с процессом накопления чисто морских осадков, в этой части фиорда айсберги разносят крупнообломочный материал. По мере таяния айсбергов постепенно падают на дно обломки коренных пород, валуны и мелкозем. Это — зона накопления айсберговых ледниково-морских отложений. В обломочном материале, содержащемся в осадках этой зоны, очевидно, содержатся валуны как обработанные ледником, так и лишённые ледниковой обработки.

Наконец, третья зона располагается непосредственно вблизи фронта ледника, находящегося на плаву, и является как бы пограничной. В ней сгущается в море большое количество обломочного материала, залегающего на поверхности льда в виде срединных и поверхностных морен или отложений ледниковых рек. В отличие от обломков, которые вытаскивают из нижней части находящегося на плаву ледника, осаждающийся здесь обломочный материал практически не имеет никакой существенной специфической ледниковой обработки, что может служить одним из критериев при распознавании отложений этой зоны в ископаемых толщах ледниково-морских осадков. Таким образом, основной облик осадкам, которые накапливаются в третьей зоне, придает материал срединных и поверхностных морен, а также флювиогляциальных потоков. Эти отложения выделяются нами как абляционные подводные морены.

Зоны накопления осадков, естественно, непостоянны во времени и пространстве. В зависимости от динамики движения ледника или от снижения и поднятия уровня моря они могут смещаться в ту или иную сторону, а следовательно, будет меняться и литологический облик осадков.

Посмотрим теперь, как можно себе представить картину смены зон ледниково-морских отложений в зависи-



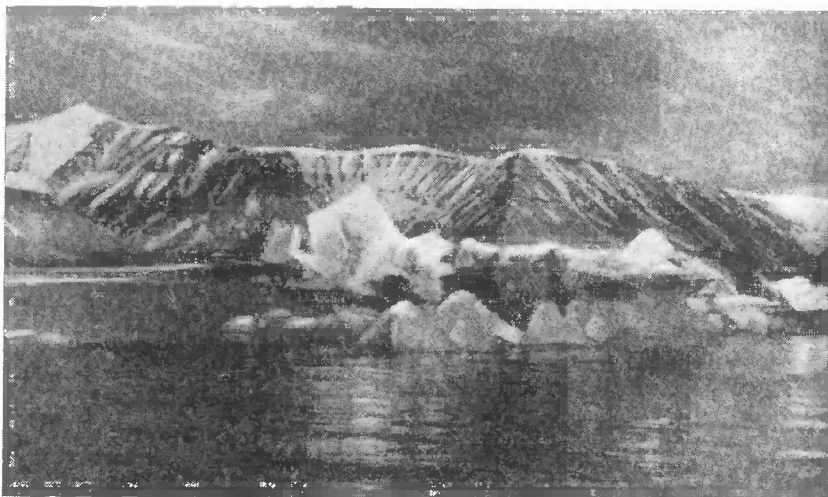
Ледник Норденшельд, оканчивающийся в море

мости от динамики движения ледника при постоянном уровне моря.

В куте (внутренней части) фиордов, где ледник отсутствует, накапливаются обычные прибрежно-морские отложения. И когда в долине появляется наступающий ледник, по-видимому, картина существенно не меняется, поскольку реки и ручьи, стекающие с него, практически не отличаются от обычных неледниковых рек. Процесс накопления ледниково-морских отложений, естественно, начинается только с момента выхода ледника в море. В это время у фронта ледника, хотя и в небольшом количестве, но уже обламываются айсберги, которые разносят материал по фиорду, свободному от ледникового льда — идет формирование айсберговых ледниково-морских отложений.

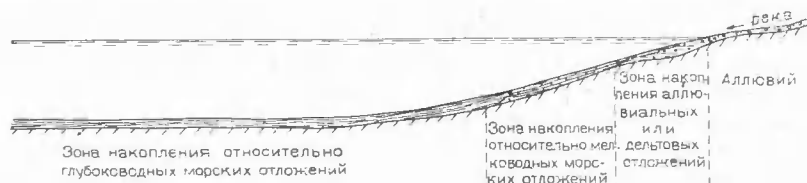
Следующая стадия связана с выходом наступающего ледника на большие глубины и с всплыванием его нижней части. Именно с этого момента и начинается формирование полный комплекс ледниково-морских отложений. В связи с тем что в фазу наступления ледника зона абляции остается по своим размерам незначительной, на поверхности ледника рыхлого материала поверхностных и срединных морен немного. Поэтому условий, благоприятных для накопления абляционных подводных морен, в этом случае нет. Зато существуют оптимальные условия для накопления айсберговых ледниково-морских отложений и подводных морен: и те и другие оказываются наиболее обогащенными обломочным материалом и имеют повышенные скорости осадконакопления.

В фазу деградации ледника происходит обратное смещение зон. В связи с расширением зоны абляции на поверхности нижней части ледника появляется большое количество сво-



Айсберг в Билле-фиорде (вверху)
Одна из срединных морен ледника
Норденшельд, имеющая поверхностное залегание. На снимке виден трещиноватый пассивно движущийся лед (в середине)
Ледниковая штриховка на валуне (внизу)

I Ледник отсутствует



II Ледник находится в вершине Фиорда



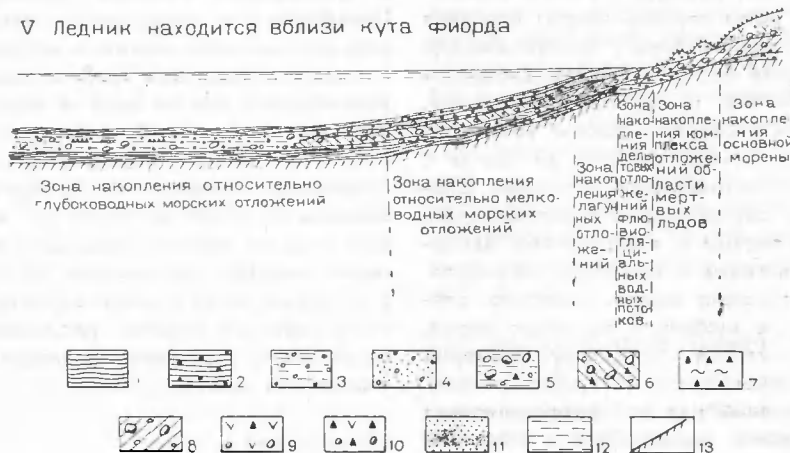
III Стадия максимального распространения ледника



IV Ледник в стадии деградации



V Ледник находится вблизи кута Фиорда



бодно лежащего обломочного материала поверхностных и срединных морен. Таким образом, в осадках, формирующихся на дне фиорда, значительно увеличивается роль абляционной подводной морены.

Можно ли различать морены и мореноподобные фации ледниково-морских отложений? На этот вопрос мы сразу же ответим положительно. Да, можно. Но как?

Во многих случаях исследователи, особенно северных районов нашей страны, не могут привести достаточно надежных критериев для правильной генетической диагностики донных морен и мореноподобных толщ ледниково-морских осадков. Наши исследования на Шпицбергене позволяют ближе подойти к решению этой проблемы.

Очень важную роль в данном случае играет изучение гляциодинамических текстур, деформаций в подстилающих породах, крупных включений инородных рыхлых пород (отторженцев). Но не менее важно изучить ориентировку длинных осей валунов в донных моренах: она преимущественно соответствует направлению движения ледника. Наоборот, в ледниково-морских осадках такой закономерности не обнаруживается; центр тяжести валунов часто расположен внизу, они как бы «утоплены», и их длинные оси имеют значительные углы падения. Нередко на таких валунах есть карбонатная корочка.

Принципиальная схема накопления и строения ледниково-морских отложений в осевой части фиорда при постоянном уровне моря; 1 — относительно глубоководные морские отложения; 2 — относительно мелководные морские отложения; 3 — аллювиально-морские и дельтовые отложения; 4 — аллювий; 5 — айсберговые ледниково-морские отложения; 6 — отложения подводной морены; 7 — отложения абляционных подводных морен; 8 — основная морена; 9 — глетчерный лед; 10 — комплекс отложений зоны мертвых льдов; 11 — дельтовые отложения флювиогляциальных водных потоков; 12 — отложения лагун; 13 — коренные породы

В ледниково-морских отложениях встречается морская фауна, захороненная в прижизненном состоянии; она образует вполне закономерное сообщество. Обломки морской фауны и даже целые экземпляры раковин моллюсков и фораминифер, конечно, могут встречаться и в морене, особенно когда ледник двигался в поле распространения морских осадков. Но в этом случае практически уже невозможно встретить раковины морских моллюсков, захороненные в прижизненном состоянии и рассеянные по всей толще валунных суглинков (они могут быть только в линзовидных включениях в основании чешуй, в отторженцах).

Наконец, целый ряд характерных особенностей этих отложений обнаруживается при изучении их в лаборатории. Наиболее интересные данные были получены при определении плотности пород, которая оказывается резко различной. Любопытные материалы дает медленное исследование внутренних текстур валунных суглинков в больших ориентированных шлифах, а также характерных для морских условий выделений — так называемых аутигенных минералов. Изучение остаточной намагниченности валунных суглинков дает пока еще предварительные данные, тем не менее они позволяют утверждать, что для донных морен более характерна так называемая вязкая намагниченность, а для ледниково-морских — детритная.

Кроме того, есть ряд отдельных признаков, которые не позволяют однозначно судить о происхождении пород. Например, один из них — ледниковая штриховка валунов и соответствующая их обработка на гранях. Сам по себе этот отдельно взятый признак может лишь свидетельствовать, что ледник принимал какое-то участие в формировании толщи, но в какой именно среде — на суше или в море, — ответить трудно. И только комплексные исследования могут дать надежный результат. Вот почему, когда некоторые исследователи делают выводы о генезисе валунных суглинков, исходя только из отдельных их признаков, это приводит к ошибкам.

Что же оказалось наиболее важным при изучении ледниково-морских осадков? Прежде всего — принципиальная схема их образования и некоторые выявленные критерии их отличия от донных морен. Для тех, кто интересуется природой Севера нашей страны, материалы, собранные на Шпицбергене, будут полезны.

Динамика накопления конусов осыпания

Осталось рассказать еще об одном чрезвычайно интересном явлении, которое мне пришлось изучать на Шпицбергене. Пожалуй, все, кто бывал в горах, видели, что у подножия склонов часто встречаются разной формы осыпи. Процессы образования осыпей протекают во всех горных странах, однако степень их развития и интенсивность зависят от целого ряда факторов, среди которых не последнее место занимает климат. Осыпи развиваются довольно медленно и непрерывно и только за достаточно длительный промежуток времени приводят к значительным морфологическим изменениям.

В горных арктических районах, в том числе и на Шпицбергене, многими исследователями признается большая интенсивность процессов морозного выветривания. В результате у подножия крутых скальных склонов образуются мощные конусы осыпания. Над некоторыми из них зарубежные исследователи периодически проводят наблюдения, позволяющие составить представления о динамике развития таких конусов. Классическим примером в этом отношении могут служить конусы осыпания на северном берегу Темпель-фиорда в бухте Бьомнохамна, неоднократно описанные и сфотографированные. Здесь к берегу подходит возвышенность Темплет высотой до 500 м с крутыми отвесными обрывами. Сложена она песчаниками, известняками, аргиллитами и алевролитами каменноугольного и пермского возрастов. У подножия конусы осыпания, сложенные щебенкой коренных пород, поднимаются по склону примерно до 200 м.

Последний раз их фотографировал шведский ученый Рапп в 1956 г. В

своей книге он поместил и целую серию фотографий, сделанных начиная с 1882 г. В 1966 г. я также посетил этот район и произвел очередную съемку. Сравнение фотографий различных лет показывает, что за 84 года конусы не претерпели никаких изменений даже в своих мельчайших деталях. Только на отдельных участках их поверхности наблюдаются неглубокие, окаймленные небольшими дамбами, прямолинейные борозды — следы стока талых снеговых вод.

На Шпицбергене никогда не образуются осыпных шлейфов, а развиваются только конусы осыпания. В этом, видимо, и состоит основное отличие процесса осыпания как рельефообразующего фактора высокоарктической горной страны от аналогичного явления, свойственного горным районам умеренных широт аридной зоны (Средняя Азия, Монголия), где в конечном итоге формируются шлейфы.



Я попытался рассказать лишь о некоторых результатах исследований ледниковой деятельности на Шпицбергене. Они отражают только одно направление работ — изучение особенностей строения и формирования отдельных генетических типов осадочных образований четвертичного возраста. Не менее интересные материалы получены по стратиграфии и палеогеографии четвертичного периода, часть которых была проконтролирована новыми радиоуглеродными определениями абсолютного возраста органических остатков, содержащихся в отложениях. Развитие природы Шпицбергена в плейстоцене отличается многими неповторимыми особенностями, которые еще требуют своей расшифровки. Все же одну из специфических особенностей можно отметить уже сейчас — последнее плейстоценовое оледенение (интервал времени от 20 000 до 10 500 лет назад) лишь на немного превышало по своей площади современное. И это в то время, когда в континентальной части Северной Европы продолжал существовать еще довольно мощный ледниковый щит!

Добыча руд со дна океана

М. А. Рудницкий

Москва

Дискуссии

Мировой океан таит колоссальные запасы минерального сырья, но пока это сырье (нефть, сера, железная и другие руды, редкие элементы, алмазы и пр.) добывается лишь в прибрежных районах и с небольших глубин. В США и Японии ведется добыча поваренной и других солей путем опреснения поверхностных морских вод. Что же касается больших океанических глубин, на дне которых залегают огромные запасы ценных руд, в частности железо-марганцевые конкреции, то их исследование и определение запасов едва начато. Способы добычи разработаны совершенно недостаточно, а опубликованные в печати проекты различных устройств и механизмов для этой цели в большинстве случаев носят фантастический характер или обладают рядом технических недостатков, которые определяют низкую эффективность работ и потому делают применение их невыгодным. Основная проблема добычи минерального сырья с больших глубин — это его подъем на поверхность и предварительная подготовка для транспортировки. Именно этот вопрос и рассматривается в предлагаемой статье

Существующие проекты

Подъем затонувших судов и тяжелых грузов освоен давно и успешно производится с глубин моря, доступных

водолазам и не превышающих 100 м. С больших глубин суда не поднимали ни у нас, ни за рубежом.

Для подъема судов в их корпус, после заделки пробоин и закрытия забортных отверстий, накачивается сжатый воздух. Другой способ — подсединение к корпусу судна понтонов, продуваемых на глубине. Подъем иных тяжелых грузов производится также понтонами или кранами.

Каковы же существующие проекты транспортировки минерального сырья с океанического дна? Разберем их достоинства и недостатки.

В литературе можно найти описание разного рода устройств и механизмов для этой цели¹, в том числе методов добычи со скипом, роторно-ковшевого, с грунтовым насосом и скреперного, а также при помощи гидродраги (по проекту Метро, США) и аэролифтного устройства².

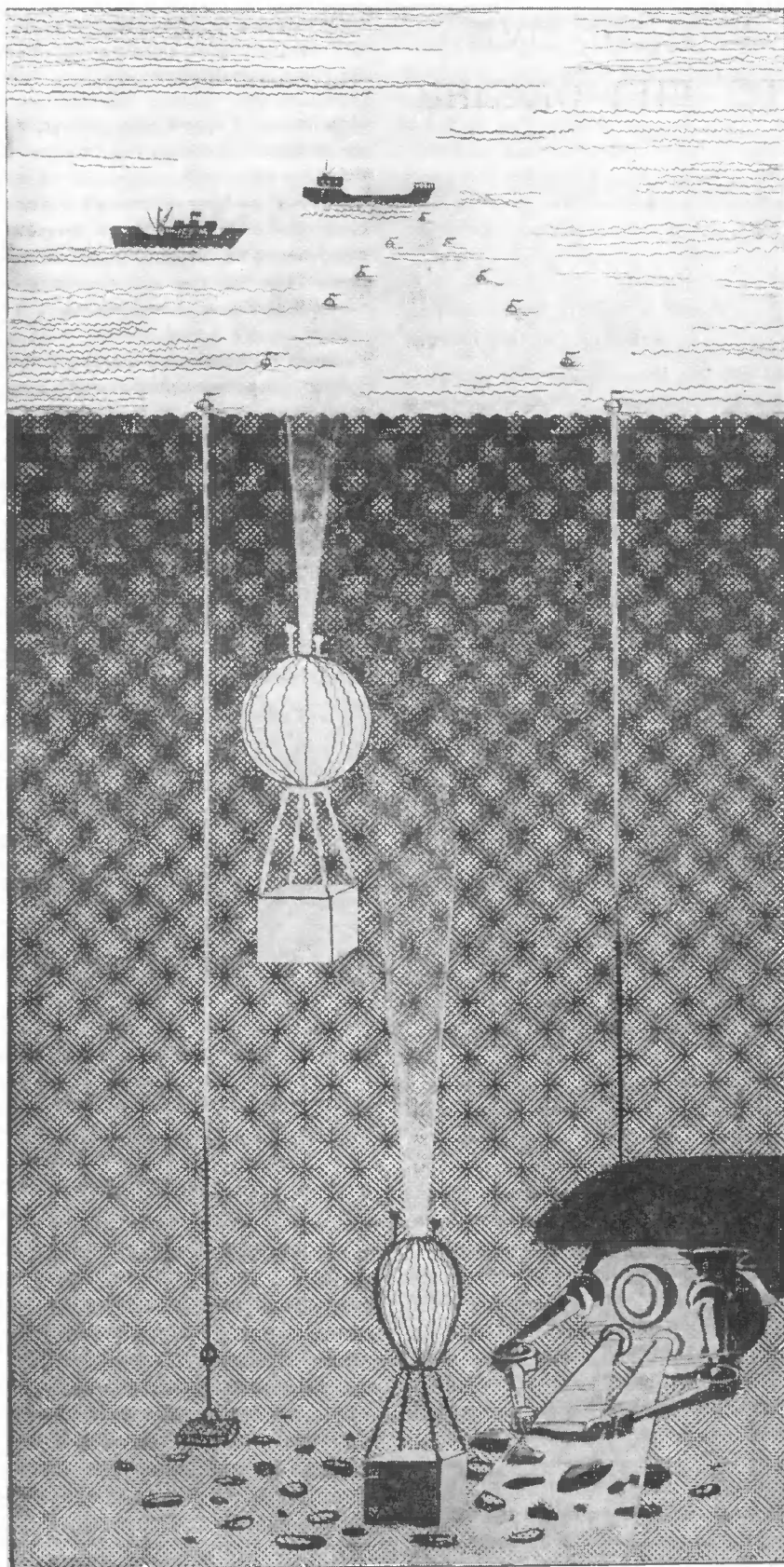
Все эти способы предназначены для добычи сырья с глубин до 1000 м. Наблюдение за работой механизмов, движущихся на буксире надводного судна, ведется через подводный телевизор. Возможность осуществления подобных устройств не вызывает сомнений, но при этом потребуются длительное время для их спуска и подъема и значительные затраты передаваемой по длинным проводам энергии.

Кроме того, вполне вероятно, что из-за трудности телевизионного наблюдения во взмученной воде механизмы нередко будут захватывать и загружать емкости не нужным сырьем, а илом. Все это может не оправдать затрат на добычу руд.

Поскольку имеющиеся предложения сложны, дороги и малоэффективны, необходимо изыскивать новые методы транспортировки руд с больших глубин. Одним из них, по мнению автора, может быть подъем грузов при помощи мягких, надуваемых газами понтонов, аналогичных тем, которые применяются для подъема судов с

¹ Н. В. Васильчиков. Поделись, Нептун. Изд-во «Советская Россия», М., 1964.

² «Природа», 1964, № 2, стр. 26; 1968, № 2, стр. 40.



малых глубин. При этом следует указать, что такой способ осуществим только с использованием специальных, работающих непосредственно на дне океана или моря, автономных подводных судов и аппаратов с людьми на борту. На поверхности, конечно, должны находиться надводные суда, которые принимают бы сырье и снабжали подводные средства всем необходимым.

Понтонный подъем минерального сырья

Рассмотрим особенности применения в понтонах воздуха, водорода и гремучего газа. Воздух придется, очевидно, подавать с поверхности по трубам или запастись в баллонах на подводном судне, а водород или гремучий газ можно будет добывать на глубине из морской воды путем электролиза. На подводном судне для этой цели должны быть электростанция и электролизер достаточной мощности. В этом случае не потребуются сжимать газ компрессором перед продуванием понтона, поскольку получать его будут при электролизе воды под высоким забортным давлением.

Основные свойства этих трех газов приведены в таблице.

Как вычислить подъемную силу 1 м^3 газа? Из графика (рис. 1) видно, что объем реального газа существенно больше идеального (если прочие условия равны). При давлении в 100 атм и 0°С реальный газ занимает объем на 7% больше; при 500 атм эта цифра увеличивается до 38,5%, а при 350 атм его объем вдвое превышает объем идеального газа.

Для перехода от одного моля к объему в кубических метрах необходимо поделить объемы, взятые из графика на рис. 1, на молекулярный вес газа. Определим вес 1 м^3 каждого из трех выбранных газов для нескольких значений давления и нанесем полученные величины на другой график (рис. 2), на котором одновременно покажем и кривую изменения плотности воды при тех же давлениях и начальном ее

Газы	Содержание газов	Молекулярный вес	Объем 1 кг при 0° С и 1 атм (в м³)	Вес 1 м³ при 0° С и 1 атм (в кг)	Газовая постоянная (в кг·д/кг·град)	Универсальная газовая постоянная (в кг·д/мол·град)
Воздух	По весу	29,0	0,772	1,293	292	
Смесь O ₂ и N ₂	23,1% O ₂ 75,6% N ₂					
Водород H ₂	Только H ₂	2,016	11,14	0,0899	4210	8480
Гремучий газ	По весу					
Смесь H ₂ и O ₂	88,81 O ₂ и 11,19 H ₂	12,04	1,864	0,535	705	

значении в 1,027, что будет соответствовать среднему ее значению на поверхности моря. Разность между ординатами какого-либо из газов и ординатами воды будет представлять собой подъемную силу (плавучесть) одного кубического метра этого газа.

При подъеме грузов с больших глубин посредством понтонов, продуваемых газами, следует учитывать не только подъемную силу самих газов, но и плавучесть грузов, емкостей, креплений и материала понтонов. Решив эту задачу для давлений от 100 до 1000 атм, нанесем полученные значения объемов для всех трех газов на график (рис. 3) и соединим точки плавными кривыми. Объемы водорода и гремучего газа для обеспечения отрыва груза от грунта увеличены на 10%.

Как уже отмечалось, при использовании для подъема грузов воздуха, он будет либо накачиваться по шлангу с надводного судна, либо подаваться из баллонов, размещенных на подводном судне.

В первом случае неизбежно применение очень длинных шлангов, которые должны выдерживать большое внутреннее давление в верхней своей части, превышающее внешнее забортное давление на глубине по меньшей мере на 30%. Иначе продувание понтона будет очень длительным.

Во втором случае на подводном судне необходимо иметь запас воздуха

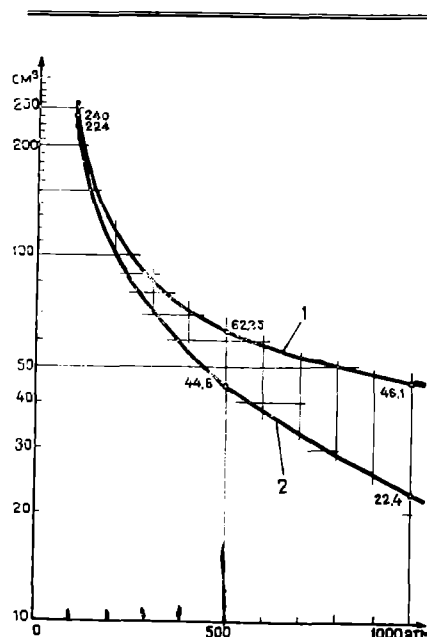


Рис. 1. Объемы одного моля реального (1) и идеального (2) газа при разных давлениях

вдвое больший, чем требуется для однократного продувания понтона. Например, для подъема груза в 10 т с глубины в 2000 м придется израсходовать 10,5 м³ воздуха, находящегося под давлением в 200 атм, причем в баллонах должен остаться еще некоторый бесполезный запас с давлением больше тех же 200 атм. Вес баллонов с арматурой и воздухом при этом составляет не менее 25 т.

Кроме того, объем сжатого воздуха, который необходимо затратить, чтобы поднять груз с глубины, значительно больше объемов водорода и гремучего газа при тех же давлениях. Если подъем груза производится с глубины 5000 м, то объем воздуха будет больше объема водорода на 77%, а гремучего газа — почти на 50%. Все это подтверждает нецелесообразность применения воздуха для подъема грузов с больших глубин.

Из графиков, приведенных на рис. 2 и 3, видно, что более выгодно как будто бы применять водород. Плавучесть водорода с увеличением глубины не только не уменьшается, но даже возрастает, а потребные для подъема груза объемы несколько сокращаются в связи с повышением плотности воды на глубине. Плавучесть одного кубического метра водорода на глубине 5000 м на 40% больше плавучести гремучего газа, а его объем, необходимый для наполнения понтона при подъеме груза с этой глубины, на 21% меньше.

Электролиз воды

При электролизе морской воды на глубине появляется возможность получить уже сжатый газ с давлением, равным забортному, если расположить электролизер вне прочного корпуса. В этом случае прочность корпуса самого электролизера может быть небольшой, ее необходимо рассчитывать только на разность между забортным давлением и давлением газов.

Если коэффициент полезного действия электролизера будет 0,7, то при давлении в 500 атм на получение 10,1 м³ гремучего газа затрачивается 1427 квтч против 1790 квтч, необходимых для получения водорода в объеме 8,5 м³, нужном для подъема груза в 10 т с глубины в 5000 м.

Таким образом, применение гремучего газа по сравнению с водородом по затратам электроэнергии оказывается выгоднее примерно на 24%. Его и следует использовать для наполнения понтонов.

При конструировании электролизера

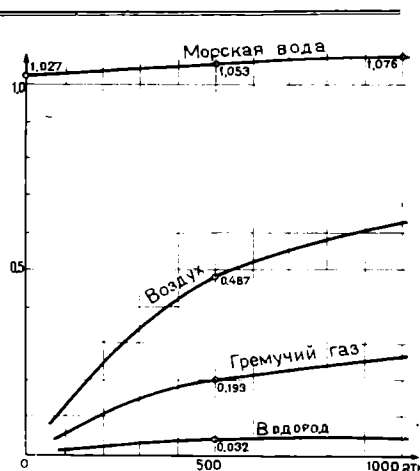


Рис. 2. Удельные веса морской воды, воздуха, гремучего газа и водорода

придется решить и много других вопросов, связанных с материалами для электродов, деполяризацией во время работы, беспрепятственным отводом газов, компактностью конструкции и т. д. Создание подобных электролизеров представляет, конечно, достаточно сложную и трудную задачу.

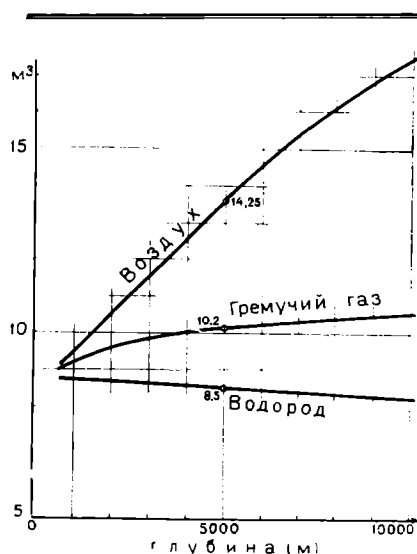


Рис. 3. Объем газа, необходимый для надувания понтона на различных глубинах при подъеме груза в 10 т

Горная техника на дне океана

По мнению автора, для рентабельной добычи минерального сырья с океанического дна на больших глубинах необходимо выполнить ряд предварительных работ. Залегание сырья на дне должно быть тщательно обследовано подводными лодками с установлением качества и мощности его запасов. На основе разведки выбираются донные поля, которые обставляются буями, указывающими границы полей и те направления, где предполагается вести добычу. Буи и их якоря следует оборудовать радио и гидроакустическими приборами и осветительными устройствами для ориентировки надводных и подводных средств при производстве работ.

Подготовка полей должна включать сгребание сырья специальными машинами на линии буйев и промывку валов с тем, чтобы погрузка в емкости перед подъемом на поверхность производилась непрерывно и по возможности без примеси ила и песка.

Погрузку следует вести этими же подводными машинами. Емкости с присоединенными к ним на тросах пластмассовыми мягкими понтонами должны заблаговременно погружаться на дно по линии буйев через определенные интервалы с расчетом загрузки в них всего подготовленного сырья. Вслед за этим к емкостям подходит подводная лодка с электролизером, заводит шланги подачи газа к горловинам понтонов в нижней их части, запускает в действие электролизер и заполняет понтоны.

Необходимо вести наблюдение за правильным положением понтонов и тросов и в случае необходимости выравнивать их при помощи механических манипуляторов.

После наполнения понтонов газом емкости с грузом отрываются от дна и всплывают. Форма понтонов должна быть обтекаемой, чтобы они всплывали плавно, без вредных колебаний и раскачиваний, при которых могли бы высыпаться грузы или обрываться тросы.

Во время всплывания понтона газ будет расширяться, а его излишки выйдут через нижнюю горловину. Так как процесс расширения газа в данных условиях близок к адиабатическому, то его температура понизится примерно до 50° K. Понтон начнет обмерзать. Поэтому его оболочка должна быть морозостойкой и достаточно прочной, чтобы выдерживать эту температуру и вес намерзшего льда.

После подъема понтонов на них должны автоматически включаться световые и радиосигнальные устройства, ориентируясь по которым, подходили бы надводные суда и сгружали сырье в трюмы или в специальную баржу. После этого понтоны с емкостью готовятся к следующему погружению на линии буйев.

Итак, для обеспечения всех работ по добыче сырья потребуются надводные суда и баржи, автономные подводные лодки для разведки, рабочие аппараты для сгребания сырья, его промывки и погрузки в емкости, подводная лодка с электролизером и приспособлениями для подачи шлангов к понтонам и наполнения их газом.

Рабочие аппараты и лодка с электролизером должны иметь атомные энергетические установки для обеспечения длительной и непрерывной работы. Сменность экипажей на этих средствах и снабжение их всем необходимым можно осуществлять при помощи всплывающих прочных буйев, выпускаемых и втягиваемых лебедками в специальные подводные камеры.

По мнению автора, самым надежным и маневренным способом добычи минерального сырья с больших глубин может стать понтонный способ с применением гремучего газа и автономных подводных средств с людьми на борту, хотя он и будет менее производительным по выдаче сырья на поверхность в единицу времени и потребует затраты электроэнергии на тонну добываемого сырья больше, чем при использовании гидродраги и аэролифта.

Добыча сырья понтонным способом вполне возможна с любых глубин.

УДК 622.341

Горные бараны в пустыне

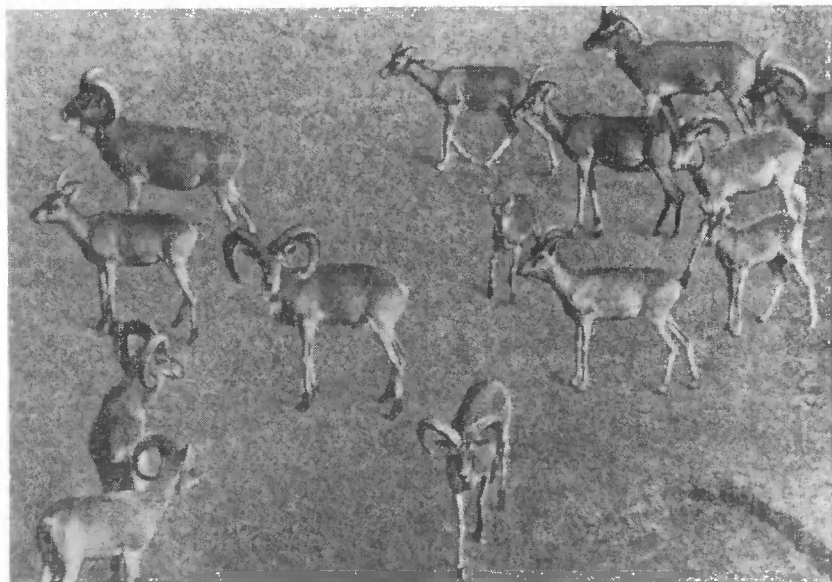
Заметки, наблюдения

На крайнем юге Советского Союза, в Туркменском Бадхызе, расположены Намак-Саарские ападины с оврагом Кизыл-Джар. Этот своеобразный пустынный уголок вкраплен в засушливую холмистую степь.

Фауна здесь смешанного характера. Кеклик, пустынная куропатка, дрофа-красотка и кулик-бегунок встреча-

ются совсем рядом; дикий баран мирно соседствует с куланом и джейраном.

Дикие бараны (*Ovis ammon cycloceros* Hutton) сумели приспособиться к суровым условиям этих мест. Летом, когда нагретые палящими лучами южного солнца впадины наполняют огромные раскаленные котлы, наступает самое трудное для них время жизни. Ранним утром бараны пасутся на склонах впадин и на прилегающих к обрывам пастбищах плато, покрытых высохшими эфемерами — «сеном на корню». Наевшись, они шествуют на водопой к какому-нибудь из немногочисленных родников. Источники отличаются здесь очень высокой минерализацией воды. Дикие бараны, в том числе и ягнята, пьют воду, содержащую до 22 г солей на литр. В этом отношении они самые неприхотливые из всех диких и домашних копытных Туркмении. Водопой служит своеобразным «клубом», к которому жажда пригоняет всевозможных зверей и птиц. С большинством из них у баранов складываются мирные отношения. Под ногами у пьющих из родника баранов то и дело шныряют кеклики и пустынные куропатки. Подошедшему к воде кулану бараны



Место водопоя — это своеобразный «клуб» животных

тут же уступают место, но не уходят, а дожидаются своей очереди в нескольких шагах. Те же патриархальные отношения наблюдаются и среди самих баранов: лучшее место у воды занимает старейший самец, затем пьют следующие по силе звери, не соблюдают очереди только ягнята.

Самую жаркую часть дня, когда температура почвы достигает 65—70°, бараны проводят в узкой полосе тени, под обрывами.

Вечером бараны снова пасутся и иногда ходят на водопой. Большую часть ночи они отдыхают, но там, где их днем беспокоят люди, животные пасутся и ночью.

Осенью, с наступлением похолодания и началом осенней вегетации растений (обыкновенно с октября), бараны почти прекращают водопой. Их суточный ритм сбивается. Весь день они проводят, чередуя пастбу с отдыхом. Лежки свои устраивают на открытых местах с хорошим обзором. Отдыхающие животные ложатся головами в разные стороны, поэтому подойти к ним незаметно очень трудно, но никаких особых «сторожей» или вожаков в стаде диких баранов не существует.

В ноябре, когда бараны уже полностью одеты в зимний наряд, у них происходит гон. В смешанных стадах, достигающих в это время 80 голов, изредка вспыхивают драки за самок. Однако до кровопролития обычно не доходит. Стук рогов несговорчивых соперников разносится далеко, и на него спешат другие рогачи.

После окончания гона большая часть взрослых самцов отделяется от самок и молодняка в самостоятельные группы.

Зиму дикие бараны, живущие в пустынно-степной части Бадхызского заповедника, переносят легко. Снег не задерживается и суток на крутых, обращенных к югу, склонах впадин. Обрывы и скалы надежно защищают животных от холодного северного ветра, достигающего порой штормовой силы.

В апреле начинается ягнение. В отличие от многих других копытных, ягненок дикого барана с первых ча-

сов после рождения в состоянии следовать за матерью, которая, как правило, не покидает его даже в момент опасности. В это время, кроме постоянных врагов — леопарда, волка и гепарда, — ягнята становятся жертвой хищников, не представляющих особой опасности для здоровых взрослых баранов, например, полосатой гиены. Новорожденных или ослабевших ягнят может заклевать ворон, загрызть медоед. Иногда причиной смерти служат клещи. Вообще же естественные враги диких баранов — не столь уж заметный регулятор численности популяции. Подтверждается это обилием в Бадхызе старых самцов, иногда достигающих максимального для этого зверя возраста — 12 лет. Зато браконьеры заботятся о том, чтобы стадо диких баранов не увеличивалось. Несмотря на то что охота на этих животных в республике запрещена, их продолжают уничтожать, для чего используют даже нарезное оружие. Серьезную угрозу для диких баранов представляет и вытесняющий их с пастбищ и водопоев домашний скот.

Ю. Г. Горелов

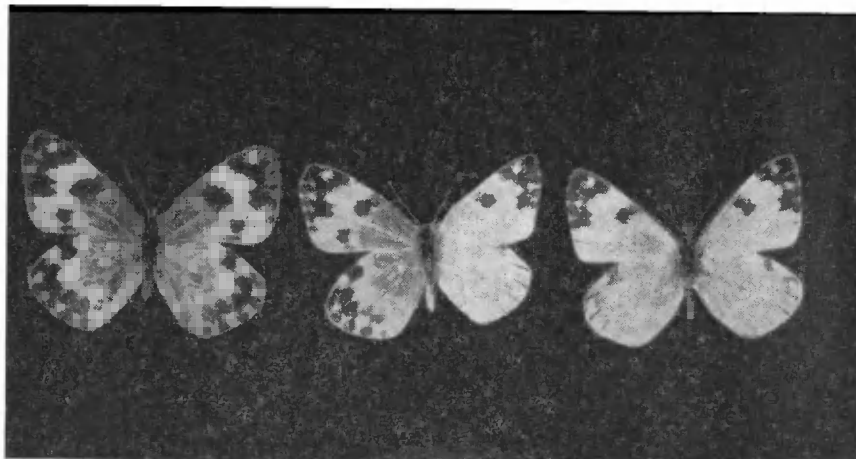
Бадхызский государственный заповедник (Туркменская ССР)

Гинандроморф резедовой белянки

У бабочек, как и у других представителей животного мира, существует половой диморфизм, т. е. внешнее различие полов. Чаще всего самец отличается от самки величиной и окраской крыльев. Но есть бабочки с очень резким различием полов: у мешечниц, некоторых пядениц и волнянок самцы обладают нормально развитыми крыльями, самки же не имеют их вовсе, кроме того, у последних нет ни усиков, ни глаз, а иногда даже и ног.

У резедовой белянки (*Pieris daplidi-sae* L.), о которой я хочу здесь рассказать, тоже достаточно ясно выраженный половой диморфизм — самец мельче самки и рисунок крыльев, особенно задних, у них различен. В окрестностях Тбилиси, у оз. Лиси, мне удалось поймать экземпляр резедовой белянки, представляющий собой удивительное явление природы: левая сторона его принадлежит самцу, а правая — самке. Крылья левой и правой сторон разнятся и по размерам (длина крыльев 21 и 23 мм) и по рисунку. Случаи нахождения гинандроморфов в природе, по-видимому, очень редки. Я коллекционирую чешуекрылых уже 44 года, но такой экземпляр мне попался впервые.

Г. И. Александров
Тбилиси



Гинандроморф резедовой белянки (в центре), слева — самка, справа — самец

Как слепушонки уничтожили змей

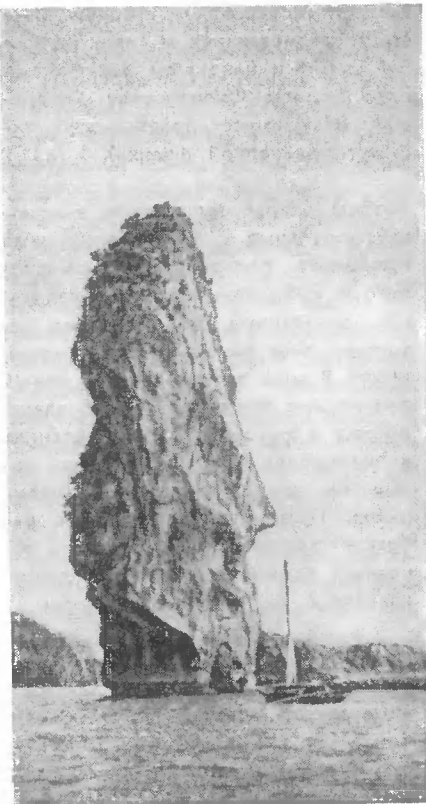
Известно, что в естественной обстановке гюрза поедает небольшого грызуна — слепушонку, ведущую подземный образ жизни. Но вот какой случай произошел в Ташкентском змеепитомнике. Змеи были оставлены на зиму в летних вольерах. В качестве укрытий от холодов использовались летние ямы глубиной в 1 м, прикрытые сверху деревянной крышкой и утепленные рисовой соломой. Кроме того, для зимовки были устроены специальные камеры из кирпича, присыпанные сверху слоем земли.

При вскрытии ям и камер весной оказалось, что камеры со змеями забиты земляной пробкой, а ямы почти полностью засыпаны землей. Это слепушонки, выбросив из своих нор большое количество земли, заживо погребли змей. Так гюрзы стали жертвой безобидного грызуна, которым они питаются летом.

М. П. Зинякова
Институт зоологии и
паразитологии АН Узбекской ССР
Ташкент



Плосковершинные горы-острова



Башнеобразный останец в заливе Ха-Лонг. Хорошо видны волноприбойные ниши на уровне моря и остатки древних ниш на уровне мачты джонки

Башни в море

Редчайший по красоте и чрезвычайно интересный в научном отношении ландшафт залива Ха-Лонг (Северный Вьетнам) справедливо называют восьмым чудом света. Живописность этих мест привлекала сюда туристов из многих стран. Поток их прекратился лишь в последние годы, когда в небе над заливом появились воздушные пираты США и даже мирные рыбацкие джонки с разноцветными парусами стали объектом их атак.

Среди зеркальной голубой глади залива площадью в несколько сот квадратных километров разбросаны острова, которые в большинстве случаев представляют собой известняковые горы и возвышенности до 300 м высоты с совершенно отвесными скалами, уходящими под воду. Очень часто на этих «стенках»

наблюдаются волноприбойные ниши — своеобразные «зарубки», оставляемые морем на различных высотах. Это — следы колебаний его уровня. Ровные площадки на вершинах и отвесные склоны делают возвышенности похожими на массивные башни. Отсюда и произошло название этого типа рельефа — башенный карст. Он встречается лишь во влажных тропиках. Образуется башенный карст в результате растворения известняков водами, циркулирующими по вертикальным трещинам, и выноса колоссального количества материала. Обычно при этом возникает равнинный ландшафт с островными горами, характерный, например, для Южного Китая и для Вьетнама. Такие горы возвышаются среди рисовых полей как великаны и по своему строению мало чем отличаются от расположенных в море. На их отвесных склонах также заметны «зарубки» моря, сравнительно недавно покинувшего сушу. Такие же башнеобразные горы в районе Ха-Лонга подверглись тектоническому опусканию (вместе со всей сушей) и частично оказались залитыми водой. Сочетание тропической зелени, местами одевающей темные скалы, с голубыми водами залива придало образовавшемуся ландшафту необычайную красоту и своеобразие.

Ю. М. Клейнер
Кандидат географических наук
Ю. Г. Чельцов
Кандидат геолого-минералогических наук
Москва

Новости науки

Премия имени А. С. Попова
 Премия имени Л. А. Орбели
 Комплексное освоение Кара-Богаз-Гола
 Малые реки должны жить
 Тектонические международные карты
 Международная ассоциация для изучения старения
 Сгустки высокоэнергичных электронов
 Ископаемые растительные остатки и ледниковый покров
 Редкие заболевания ели
 Эксперимент на биоспутнике «Космос-110»
 Четыре месяца в гермокамере
 Новое о Луне
 Открыты ядерные свойства света
 Длительность года в далекие эпохи
 Эффект Джозефсона и измерение низких температур
 Устройство с минимальным трением
 Как выглядит электронный мозг?
 Перспективы химии угля
 Вирус против комаров

Премия имени А. С. Попова

Президиум АН СССР присудил премию имени А. С. Попова 1968 г. кандидату технических наук Александру Николаевичу Выставкину (Институт радиотехники и электроники АН СССР), кандидату технических наук Теодору Моисеевичу Лифшицу (Институт радиотехники и электроники АН СССР) и кандидату технических наук Федору Филипповичу Харахорину (Научно-исследовательский институт прикладной физики).

Авторы разработали новые высокочувствительные малоинерционные приемники радиоволн миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, основанные на механизме разогрева электронов в сурьмянистом индии. В ходе работы развиты новые физические представления об электронных и фотоэлектронных явлениях в полупроводниках, исследованы новые принципы построения приемников. Практический результат работы — создание приемников, по основным параметрам превосходящих известные аналогичные приборы.

Появление приемников такого рода ускоряет процесс освоения субмиллиметрового диапазона радиоволн, что, в свою очередь, открывает перед радиоэлектроникой новые практические возможности.

Премия имени Л. А. Орбели

Премии имени Л. А. Орбели 1968 г. Президиум АН СССР удостоил доктора медицинских наук Анну Васильевну Тонких (Институт физиологии им. И. П. Павлова АН СССР) за монографию «Гипоталамо-гипофизарная область и регуляция физиологических функций организма».

В этом фундаментальном труде раскрыты механизмы регуляции гипоталамо-гипофизарной областью мозга, сердечно-сосудистой системы, трофических процессов, сна и бодрствования, а также участие этих механизмов в развитии некоторых патологических реакций (пневмонии, отека легких и др.). Монография А. В. Тонких — существенный вклад в развитие физиологии вегетативной нервной системы.

Комплексное освоение Кара-Богаз-Гола

С 16 по 19 апреля с. г. в Ашхабаде проходило Всесоюзное совещание по проблемам комплексного использования ресурсов Кара-Богаз-Гола, организованное Академией наук Туркменской ССР и управлением химической промышленности Совета Министров Туркменской ССР. В совещании приняли участие представители институтов Академии наук СССР, а также академий наук Туркменской, Узбекской, Азербайджанской и Киргизской ССР и научно-исследовательских отраслевых институтов. Было заслушано более 30 докладов на самые актуальные темы.

Академик АН Туркменской ССР Г. С. Седельников (Институт химии АН Туркменской ССР, Ашхабад), И. Н. Лепешков (Институт органической и неорганической химии АН СССР, Москва) и др. сделали обзор современного состояния гидрохимии Кара-Богаз-Гола, в котором рассмотрели перспективы использования поверхностных рассолов и солей при зарегулировании стока морской воды в заливе.

Особенность Кара-Богаз-Гола заключается в том, что он представляет собой гигантский естественный испаритель поступающей в него каспийской воды, количество которой зависит от уровня Каспийского моря. С 30-х годов уровень Каспия упал почти на 2,5 м, и площадь Кара-Богаз-Гола много уменьшилась. Сток воды в заливе сократился с 20 до 9—9,5 км³/год, в связи с чем максимальная глу-

бина залива уменьшилась с 13 до 3,5 м. Разность уровней Каспийского моря и залива составляет теперь около 3,7 м.

Чтобы стабилизировать состав сырья в заливе, необходимо искусственное зарегулирование стока воды в Кара-Богаз-Голе на наиболее оптимальном уровне (5 км³/год вместо существующего 9 км³/год). Для решения этой задачи представитель Гидропроекта Г. Г. Гангарт предлагает построить в проливе плотину с затворами, пропускная способность которой должна быть не более 200 м³/сек.

Комплексная схема переработки рассолов залива предусматривает получение ряда химикатов: брома, сульфата натрия и калия, поваренной соли, окиси магния, солей редких элементов. Одновременно с этим сырьем можно получать и пресную воду как побочный, но необходимый продукт для нужд промышленности и населения.

Многие докладчики посвятили свои выступления методам комплексной переработки сырья; в частности П. Х. Ворошилов (Научно-исследовательский институт химии, Харьков) сообщил о комплексной переработке мирабилита электрохимическим методом с получением едкого натрия, серной кислоты, сульфата натрия, водорода и кислорода. Другой представитель этого института — Л. И. Топчий — сделала технико-экономическое обоснование комплексной переработки карабогазских месторождений электрохимическим методом.

Значительное внимание совещание уделило вопросам добычи такого ценного продукта, как бром. В заливе выделено несколько гидрохимических зон, каждая из которых имеет свои особенности в отношении концентрации этого элемента. Было доложено также о некоторых методах получения брома и о комплексном использовании бромсодержащих рассолов.

Большое внимание было уделено возможности использования подземных вод в связи с освоением минеральных богатств залива. До сих пор питьевую воду в район добычи заво-

зят танкерами из Баку, тогда как водоснабжение может быть осуществлено здесь за счет опреснения морских и подземных вод сопредельных районов. К. И. Саладзе и другие рассказали об электроионитовом (с применением ионитовых мембран) методе опреснения соленой воды. Уже создана модель опреснителя «Каспий» производительностью до 200 м³ пресной воды в сутки.

М. Курягдыев, Г. С. Седельников (Институт химии АН Туркм. ССР) и др. в своих выступлениях показали, как образуются солевые осадки в зоне смешения Каспийской воды с водой залива Кара-Богаз-Гол. Эта зона примыкает к проливу и тянется вдоль побережья залива до мыса Кара-Сукут, а в южной части распространяется до мыса Омчел. Каспийская вода непрерывно поступает в залив, внося ежегодно свыше 100 млн т растворимых солей и 100 тыс. т органических веществ. Взаимодействие каспийской воды с водой залива при смешении вызывает образование осадков малорастворимых солей, в которых обнаружены такие минералы, как гипс, целестин, глауберит, лабильная соль, кальцит и др.

В решении совещания отмечается необходимость создания междуправительственного органа, который бы координировал научно-исследовательские работы по формированию в заливе различных солей и разработке методов их комплексной добычи. Намечен целый ряд конкретных мероприятий по комплексному изучению и освоению солевых месторождений Кара-Богаз-Гола.

И. И. Стась
Кандидат технических наук
Москва

Малые реки должны жить

С каждым днем становится яснее существующая взаимосвязь всех природных явлений и необходимость учета этого при освоении природных ресурсов. Использование одного из компонентов природы, как правило, затрагивает соседние, часто нарушает

сложившуюся веками гармонию и равновесие и приводит к негативным последствиям. Так, сведение леса на некоторых территориях центральных областей Европейской части Союза, показавшееся когда-то человеку победой над природой, открыло дорогу суховеям, ускорило таяние снегов и перестало задерживать сток талых и ливневых вод с оголенных площадей, привело к образованию оврагов.

Согласно данным, приводившимся на Межреспубликанском совещании по комплексному использованию природных ресурсов бассейна реки Десны (проходило в Москве с 8 по 10 апреля и было создано Московским филиалом Географического общества СССР совместно со Всесоюзным обществом «Знание»), около 20% его территории затронуто эрозией. Наибольшее развитие эрозионные процессы получили в бассейне Сейма (Курская область), где они захватили местами до 60% территории. Кроме ущерба, наносимого водности рек, эрозия почв причиняет большой вред сельскому хозяйству бассейна Десны: иссушаются почвы, сокращается площадь пахотных земель, а их расчленение оврагами препятствует механизированной обработке. Овраги снижают уровень подземных вод, и корни деревьев уже не могут извлекать из почвы живительную влагу. Высыхают колодцы и родники, население лишается местных водных ресурсов для питья.

Продуктами эрозии заилились даже такие крупные реки, как Сейм и сама многоводная Десна. Мелкие притоки Десны обмелели еще заметнее. А ведь от водности малых рек, помимо того, что они нужны окружающему населению, зависит и водность больших, в данном случае самой Десны, а от нее и Днепра (Десна — второй по водности его приток). К сожалению, у нас нет службы, систематически занимающейся изучением жизни малых рек и значимости факторов, влияющих на их водность и протяженность. Данные о жизни малых рек, как правило, визуальны и случайны.

Планируемые ныне в Союзе большие работы по предотвращению эрозии в

первую очередь скажутся на малых реках, и тут их позитивное влияние легче всего проследить. Сейчас идет интенсивное возобновление прежней лесистости на водосборах, а также вдоль рек, в том числе и рек бассейна Десны. Однако нет достаточно ясных научных рекомендаций, где, в каком количестве и какие породы деревьев сажать, чтобы эти посадки были максимально эффективны.

Десна и ее притоки снабжают водой густонаселенные и промышленно развитые области РСФСР и Украины. Увеличение водопотребления в этих районах ожидается в 4 раза. Большие объемы воды, забираемые на водоснабжение, уменьшают ее количество в реке, что особенно чувствуется, конечно, в меженный период, при наибольшем сокращении грунтового питания.

В реках не хватает воды для того, чтобы разбавлять сбрасываемые в них во все увеличивающемся количестве стоки. Сильно загрязненные уже сейчас реки не могут использоваться для водоснабжения, купания, спорта. Рыба в них гибнет.

Необходимо срочно принимать активные меры по борьбе с загрязнением, заилением и маловодностью рек бассейна Десны и бассейнов других рек. Многие из выступавших на совещании работников отмечали, что к защите и сбережению водных ресурсов бассейна Десны надо подойти особенно внимательно и не упустить незамеченным ни один из природных факторов, влияющих на водность рек. Потери воды здесь недопустимы! Не случайно в деле защиты водного хозяйства бассейна объединили свои силы две республики — РСФСР и УССР.

Н. В. Феденко
Москва

Тектонические международные карты

В последние годы широкое развитие получили контакты между учеными различных стран. Один из примеров

плодотворного сотрудничества в области геологии — создание геологических и тектонических карт мира и отдельных континентов. Эта работа проводится специальной комиссией Международного геологического конгресса (МГК). Благодаря ее усилиям в 1962 г. была издана первая международная тектоническая карта Европы, составленная под руководством Н. С. Шатского (председатель), А. А. Богданова, Г. Штилле (ФРГ), Ф. Блонделя (Франция). Карта получила широкое одобрение и признание геологов различных стран мира.

В настоящее время ведется подготовка второго издания тектонической карты Европы и составление тектонической карты стран Ближнего и Среднего Востока. С этой целью в Баку со 2 по 12 апреля 1968 г. проходила очередная сессия редакционных комитетов по составлению тектонических карт Европы, Ближнего и Среднего Востока, организованная комиссией по тектоническим картам МГК и Академией наук Азербайджанской ССР. В работе сессии приняло участие более 200 представителей из Москвы, Ленинграда, Украины, республик Закавказья и Средней Азии. На сессии присутствовал ряд ведущих специалистов из ГДР, Югославии, Индии, Афганистана, Ирана, Турции, Франции, Италии, Швейцарии, ФРГ. Сессию открыл президент Академии наук Азербайджанской ССР Р. Г. Исмаилов, с приветственными речами к ее участникам обратились генеральный секретарь международной подкомиссии по тектоническим картам профессор МГУ А. А. Богданов и председатель Оргкомитета по проведению сессии академик АН Азербайджанской ССР Ш. А. Азизбеков.

На сессии было заслушано 25 докладов, сделанных советскими и иностранными учеными. В них рассматривалось геологическое строение различных структурных элементов Азербайджана, Туркмении, акватории Каспийского моря, Турции, Ирана, Афганистана, Северной Индии, Западного Пакистана, Югославии, Греции. Кроме того, было сделано два синтезирующих доклада членами-корреспондентами АН СССР М. В. Му-

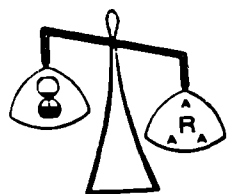
ратовым и В. Е. Хайным об альпийском поясе Юго-Восточной Европы, Средней Азии и сопредельных территорий Ближнего и Среднего Востока.

Сессия продемонстрировала определенный прогресс в познании тектоники еще сравнительно недостаточно изученных территорий Турции, Ирана, Афганистана. Особенно приятно отметить, что заметный вклад в развитие геологии ряда стран внесли советские специалисты.

В геологическом отношении территория стран Ближнего и Среднего Востока располагается в пределах альпийского складчатого пояса, протянувшегося из Южной и Юго-Восточной Европы, причем для восточной половины этого пояса характерно более сложное и разнообразное строение, чем для западной. Различные геологические школы: западноевропейская, опирающаяся на хорошо изученные складчатые системы Пиренеев, Альп, Динариды, и советская, развивавшаяся на изучении Карпат, Крыма, Кавказа и Копет-Дага, — по-разному оценивают и объясняют отдельные геологические факты и явления. Поэтому обсуждение новых значительных материалов по геологии и тектонике стран Ближнего и Среднего Востока, изложенных в интересных докладах участников сессии, оживленная дискуссия и очень полезные геологические экскурсии, которые позволили ознакомиться с геологическим строением Малого Кавказа, Куринской впадины и юго-восточного склона Большого Кавказа, — все это способствовало сближению точек зрения и выработке общих представлений на отдельные спорные тектонические проблемы.

Принято решение ускорить работу по созданию обзорных тектонических карт Европы, Ближнего и Среднего Востока и одновременно продолжить совершенствование легенды тектонической карты.

Я. Г. Кац, Б. А. Соколов
Москва



Эмблема
Международ-
ной ассоциации

Международная ассоциация для изучения старения

В течение последнего десятилетия биологическая наука во всем мире концентрировала главное внимание на многочисленных проблемах молекулярной биологии, генетики, биохимии и т. д. Ряд важных проблем (расшифровка генетического кода, синтез белков РНК и ДНК) сейчас стал решаться и это дает возможность переклечения значительной части сил на разработку новых направлений биологии. Среди этих направлений наиболее значительный теоретический и практический интерес представляет сейчас проблема индивидуального развития организмов, решение вопросов о механизмах морфогенеза, дифференцировки и старения биологических систем. Многие разделы проблемы развития, ранее разрабатывавшиеся изолированно эмбриологией, генетикой, гистологией и геронтологией, сейчас, под влиянием успехов в разработке механизмов и молекулярных основ жизни, становятся взаимосвязанными.

Этот сдвиг интересов значительной части биологов должен оказать значительное влияние, в частности, и на геронтологию — науку о закономерностях и причинах старения и всех связанных со старением аспектов биологии, медицины, социологии. Ранее исследования в области геронтологии координировались системой геронтологических научных обществ и Международной ассоциацией по геронтологии, в состав которой входило и Всесоюзное общество геронтологов и гериатров¹. Общества геронтологов в разных стра-

нах носили профессиональный характер.

Возникшая в настоящее время задача привлечения в сферу исследований причин и механизмов старения новых сил из смежных областей биологии, биохимии, биофизики, генетики, цитологии, молекулярной биологии явилась причиной создания в начале 1968 г. по инициативе известного американского геронтолога Бернарда Стрелера Международной ассоциации для развития исследований в области старения (The Association for the Advancement of Aging Research). Советские биологи знают Бернарда Стрелера по его книге «Время, клетки, старение», русский перевод которой был издан у нас в 1964 г.

Ассоциация была создана в результате обсуждений возможностей и задач в изучении старения ведущими специалистами в этой области, вошедшими в состав руководства и Совета Ассоциации.

В настоящее время Ассоциация разработала и распространила по заинтересованным научным учреждениям свой первый «Меморандум», излагающий цели и планы Ассоциации и призыв к координации усилий в разработке проблем старения. Основные задачи Ассоциации на первый период сводятся к обсуждению и установлению главных направлений исследований, стимулированию исследований в смежных областях биологии, важных для понимания природы процесса старения, расширению объема технической и финансовой поддержки исследований в основных разделах биологии, важных для решения проблем старения.

Суммируя основные исследовательские задачи в области старения, «Меморандум» Ассоциации отмечает, что главным в ее работе будет «обеспечение правильного понимания универсального и всеобщего явления старения и заполнения основного пробела в современной биологии и медицине и на основе полученных знаний стремление к построению такой программы контроля и изменений процесса старения, который ре-

ально достижим для периода ближайшего будущего».

Первый шаг Ассоциации — разработка 5-летнего плана исследований биологических механизмов старения и обращение к Конгрессу и Сенату США с предложением о финансовой поддержке исследований в области старения и создании правительственной комиссии по проблеме старения. Ведется подготовительная работа по созданию проблемных международных советов экспертов, представляющих разные направления исследований. Среди этих направлений главные: радиация, соматические мутации и старение; старение как следствие дифференциального синтеза в период созревания; нестабильность макромолекул; аутоиммунные процессы; изменения соединительной ткани; ауто-отравление, сшивка между макромолекулами и возрастное накопление пигмента; генетическое программирование старения; внешние условия, модифицирующие скорость старения.

Ассоциация планирует создание центра сбора и обработки всей мировой информации по проблеме старения для обеспечения ею исследовательских центров и лабораторий.

Такого рода усилия по координации и организации исследований в области старения весьма своевременны и несомненно будут способствовать успехам в этой области знания.

Ж. А. Медведев
Кандидат биологических наук
г. Обнинск

Сгустки высокоэнергичных электронов¹

В начале этого года с помощью экспериментального спутника связи АТС-1, находящегося на стационарной синхронной² орбите над эквато-

¹ По журналам «Bell Laboratories Record», т. 46, 1968, № 1, стр. 28—29; «New Scientist», т. 37, 1968, № 586, стр. 480.

² Имеется в виду, что спутник обращается по орбите с такой же угловой скоростью, как и Земля вокруг своей оси, поэтому спутник остается все время над одним и тем же местом земной поверхности.

¹ Гериатрия — учение о заболеваниях старческого возраста, составная часть геронтологии.

риальной центральной областью Тихого океана на высоте 36 тыс. км, американские специалисты Л. Ланзерт, К. Робертс и Дж. Браун провели прямые наблюдения за поведением высокоэнергичных электронов (из них состоит внешний радиационный пояс Земли). Исследователям удалось выявить механизм, благодаря которому накачка этого пояса электронами идет не до бесконечности, так что плотность заряженных частиц остается сбалансированной.

Оказалось, что высокоэнергичные электроны при резких изменениях солнечного ветра периодически образуют сгустки и подвержены к тому же суточным вариациям по плотности. Детекторы на борту спутника, предназначенные для регистрации частиц в энергетическом диапазоне от 0,4 до 1,9 Мэв, зафиксировали флюктуации с периодом около 10 мин. Как раз столько времени требуется электронам с подобной энергией, чтобы на такой высоте совершить один цикл движения около Земли. Очевидно, флюктуации вызваны одним и тем же сгустком электронов, последовательно проходящим через детектор. Длительность возникающих флюктуаций — примерно 1 час, в течение которого сгустки электронов постепенно смещаются и рассеиваются по долготе. Вероятно, распыление сгустка обусловлено нарушением земного магнитного поля, вызванным вариациями солнечного ветра, который как бы модулирует поведение электронов на данной фиксированной орбите.

В полдень плотность электронов в 10—100 раз больше, чем в полночь, причем этот эффект заметнее для более энергичных электронов. Тем самым подтверждается, что солнечный ветер давит на магнитосферу и прижимает ее к Земле.

На дневной стороне магнитосфера простирается на расстояние не менее 50 тыс. км, а на ночной — до 350 тыс. км. Магнитное поле для данной высоты сильнее на дневной стороне, чем на ночной. В результате воздействия электромагнитных сил траектории электронов, повторяя конфигурацию постоянного магнитного поля, проходят в радиационном

поясе ниже на ночной стороне, чем на дневной. Находясь на фиксированной высоте, спутник в течение суток пересекает различные траектории электронов радиационного пояса. Ночью, например, он сталкивается с электронами более удаленных от Земли областей, где их плотность соответственно меньше.

К. Робертс предложил также новую теорию для объяснения баланса электронов во внешнем радиационном поясе, куда беспрерывно поступают новые электроны из космического пространства. При резонансных взаимодействиях между электронами и радиочастотными шумами происходит уход частиц.

Прежние теории объясняли потерю захваченных в пояс частиц влиянием радиоволн, сопровождающих ряды молний — так называемых свистящих атмосфериков, или свистов. Согласно К. Робертсу, подобные радиосигналы ответственны за убыль очень малой доли электронов радиационных поясов. Поэтому механизм ухода электронов целесообразней связывать с общей плазменной турбулентностью внутри радиационных поясов.

В. И. Скурлатов
Москва

Ископаемые растительные остатки и ледниковый покров

На южном берегу Кольского полуострова, в долине р. Варзуги, близ порога Клетного, в прибрежной толще морских отложений, залегающих над осадками бореальной трансгрессии и отделенной от них мореной, автор нашел захоронение растительных древесных остатков, среди которых Р. Н. Горловой (Лаборатория биогеоценологии АН СССР) определены остатки ивы, березы, злаков. Вместе с результатами спорово-пыльцевого анализа эти находки позволяют говорить о некогда существовавшей здесь лесотундре.

Чем интересна такая находка?

Дело в том, что в Фенноскандии, типичной области ледникового вспахивания, до недавнего времени были

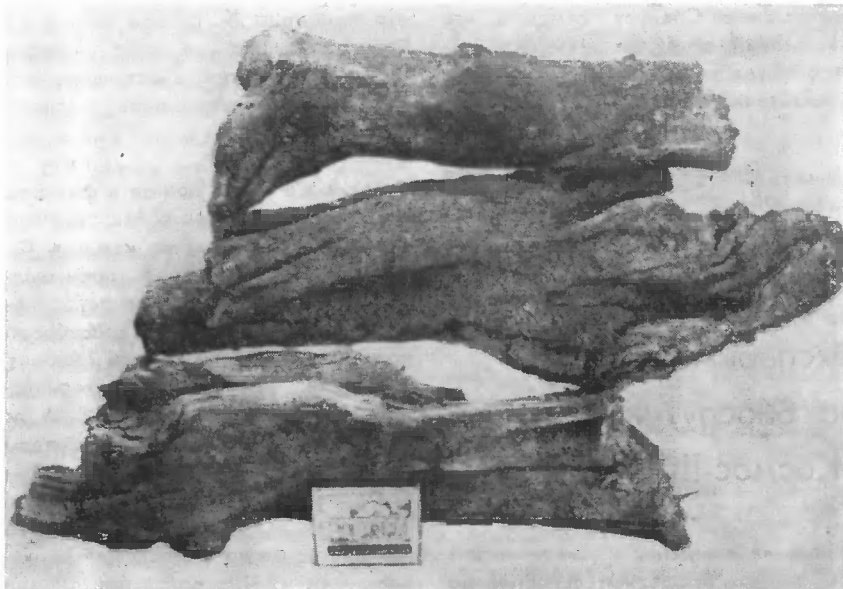
известны лишь единичные находки межледниковых и межстадиальных отложений. Лишь в последние годы в Центральной Фенноскандии обнаружено и обследовано большое количество мест с межморенными отложениями. Эти находки принципиально важны, так как позволяют судить, насколько далеко к северу отступал ледник и каковы были условия межледниковых эпох в центре скандинавских ледниковых покровов. Поэтому каждый такой разрез подвергается комплексному исследованию. В особенности важны спорово-пыльцевой анализ и определение древесных остатков¹.

На Кольском полуострове, расположенном севернее 67° с. ш., давно известны морские межледниковые отложения теплой так называемой бореальной трансгрессии. Межледниковые условия на суше в это время надежно устанавливаются спорово-пыльцевым анализом: во время климатического оптимума в лесах Кольского полуострова в качестве небольшой примеси присутствовали широколиственные породы.

Несколько лет назад на Кольском полуострове начали выделять более молодое второе верхнеплейстоценовое потепление и резкое сокращение покровного оледенения (межстадиал, или межледниковье). Спорово-пыльцевой анализ соответствующих межморенных отложений свидетельствует о произрастании в оптимальную фазу этого времени еловых и сосновых лесов в центре и березовых лесов на западе полуострова. В отложениях этого времени и найдены упомянутые макроостатки. Выделенное второе верхнеплейстоценовое потепление с беломорской трансгрессией предварительно можно сопоставлять с морскими межморенными слоями у Гётеборга (Южная Швеция), которые по радиоуглеродному методу датируются временем 27—30 тыс. лет.

Другие находки растительных остат-

¹ В Швеции, например, самые северные находки древесных остатков в межморенных слоях известны близ 62° с. ш. Это еловая древесина, возраст которой — свыше 40 тыс. лет — определен радиоуглеродным методом. В более северных разрезах Швеции и Финляндии обнаружены лишь макроостатки аркто-альпийской флоры. Определение возраста дали цифры в 35—40 тыс. лет и более.



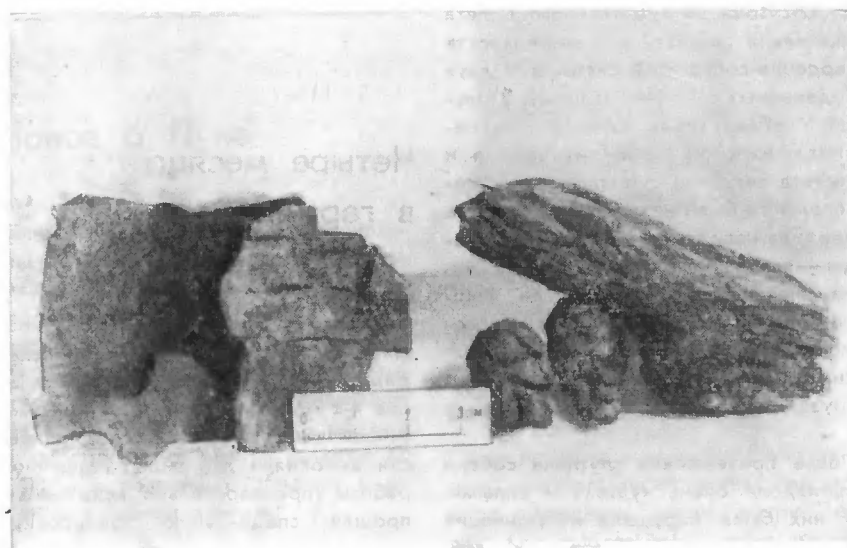
Фрагменты древесины сосны из отложений в долине реки Туломы

ков относятся к гораздо более позднему времени. Вдоль северного побережья Фенноскандии, по берегам Кольского залива и р. Туломы, устанавливаются следы позднеледниковой трансгрессии, относимой к так называемому готигляциальному времени¹. Эта трансгрессия произошла в условиях заметного потепления

океанических вод и сокращения края материкового льда.

При помощи спорово-пыльцевого анализа Р. М. Лебедева (Кольский филиал АН СССР) установила, что на прилегающей к Кольско-Тулумскому заливу суше в это время существовали лесотундровые межстадиальные условия. Эта межстадиальная трансгрессия оказалась наиболее ранним в этом районе проявлением процес-

¹ В Фенноскандии, как известно, позднеледниковый период подразделяется на три фазы: дани-, готи- и финнгляциальную.



Кора березы, кора и шишки сосны из отложений в долине реки Туломы

са сокращения последнего ледникового покрова. Найденные растительные остатки говорят как раз о наиболее ранних фазах заселения растительностью освобождавшихся от льда пространств. Учитывая датировки в Северной Норвегии раковин из последующей известной трансгрессии портландия в 10,5 тыс. лет и гиттий из оснований торфяников в 11,7 тыс. лет, готигляциальную трансгрессию можно ориентировочно датировать в 12—13 тыс. лет.

Наконец, наиболее молодые растительные макроостатки в минеральных отложениях недавно обнаружены автором в котлованах строительства Верхне-Тулумской ГЭС, вблизи истока р. Туломы из Нотозера. Темные синеватые суглинки, содержащие раковины морских моллюсков, по которым они относятся к первой собственно послеледниковой трансгрессии фолас, включают также прослой с растительными остатками. Из этих суглинков бассейна фолас извлечены весьма многочисленные и крупные остатки стволов, веток и коры древесной березы, стволов, корней, коры, шишек сосны (*Pinus silvestris*). Кроме того, Р. Н. Горловой определены многочисленные мелкие остатки таких водных растений, как рдест, водный лютик, зонихелла.

Суглинки бассейна фолас характеризуются лесным спорово-пыльцевым спектром с господством березы внизу и преобладанием сосны сверху. Макроостатки извлечены из верхней части разреза выше перехода спектра от березовых к березово-сосновым лесам. Смена березовых лесов сосновыми в послеледниковые в соседней Финской Лапландии происходила — по радиоуглеродным данным — между 8000 и 7000 лет назад.

Таким образом, находимые в последние годы растительные макроостатки, как и другие геологические и палеоботанические данные, все более подтверждают и детализируют схему неоднократного исчезновения и направленного сокращения материкового ледникового покрова Фенноскандии в верхнем плейстоцене.

А. Н. Никонов
Кандидат географических наук
(Москва)

Редкие заболевания ели

Искривленные, причудливые, лианообразные ели — такую необычную форму деревьев мы наблюдали на севере Архангельской области, в Мезенском лесхозе, на границе с тундрой. Это — следствие редко встречающегося на территории Советского Союза заболевания ели. Вызывается оно грибом *Septoria parasitica* Hart.

Болезнь поражает в первую очередь нижнюю часть кроны (искривленные ветви ели некоторое время спустя отмирают), но иногда распространяется почти по всей высоте ствола. Заболевание особенно часто наблюдается в кустарниково-сфагновом ельнике. В других ельниках оно проявляется в более слабой форме, и отмирание крон наблюдалось реже.

По литературным данным, этот гриб поражает в основном молодую ель (до 30 лет), деревья же с искривленными ветвями, которые мы видели в Мезенском лесхозе, достигали, как правило, возраста 100 лет и более.

Исходя из этого, можно предположить, что здесь, на северной границе леса, эпидемия была распространена в довольно широких пределах около 100 лет назад.

Вторым редким заболеванием был условно названный нами «рак ветвей». Его описания в литературе мы не встречали. На ветвях ели образуются язвы до 8—10 см длиной и 3—4 см шириной, обильно покрытые подтеками смолы. Язвы проникают в глубь на $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ и даже $\frac{3}{4}$ диаметра ветви, которые при этом отмирают. Сильно развившееся заболевание вызывает гибель дерева. Мы обычно встречали «раковые язвы» на деревьях в возрасте 100 лет и более; по-видимому, заражение произошло значительно раньше. Свежих поражений на деревьях не было, и потому установить видовую принадлежность возбудителя было

невозможно. Следует отметить, что рак ветвей особенно часто встречается в условиях слабого освещения и избыточного увлажнения почвы.

И. В. Суханова
Кандидат биологических наук
Архангельск

Эксперимент на биоспутнике «Космос-110»

В полетах советских и американских космонавтов продолжительностью до 14 суток выяснилось, что жизнедеятельность человеческого организма изменяется не только на орбите, но и некоторое время после приземления. Снижение работоспособности, изменение минерального обмена веществ и другие нарушения в жизнедеятельности организма могут прогрессировать при более длительных полетах.

Первым шагом на пути целенаправленного изучения воздействия на организм сравнительно длительного космического полета стал медико-биологический эксперимент на биоспутнике «Космос-110». Во время этого 22-суточного орбитального полета тщательно изучалась деятельность сердечно-сосудистой системы у двух подопытных собак — Ветерка и Уголька. У обеих собак длительность периода изгнания крови из сердца и частота сердечных сокращений в невесомости были ниже, а длительность периода напряжения сердечной мышцы — выше исходного уровня. Эти изменения говорят о более «экономичной» работе сердца в невесомости, что, вероятно, вызвано резким уменьшением физической нагрузки.

После приземления спутника собаки выглядели очень худыми и вялыми. У них была нарушена координация движений: при ходьбе собаки заплетали передними лапами, головы у них качались. Исследования показали,

что примерно $\frac{2}{3}$ потери веса у собак произошло за счет атрофии мышц конечностей, а остальное — за счет потери внеклеточной жидкости (около 950 мл).

Во время и после полета в физиологических выделениях собак отмечено повышенное количество кальция. Существенные изменения произошли и в обмене калия. Кроме того, снизилась бактерицидная способность кожи, желудочного сока и сыворотки крови. Так, индекс бактерицидной активности кожи упал с 86 до 52—65. После 22-суточного орбитального полета некоторые изменения претерпела и пищеварительная система собак. Содержание кишечных ферментов резко выросло (энтерокиназы — до 1710 ед/г, при норме 300 ед/г, щелочной фосфатазы — до 38 500 ед/г, при норме 5000 ед/г) и оставалось даже резко повышенным спустя 10—12 дней после полета.

Сильно уменьшилось содержание сахара в крови, тогда как количество холестерина превысило нормальный уровень. Минеральная насыщенность костей во время полета упала по сравнению с исходной на 11,5—12,3%. Все эти изменения, однако, не угрожали жизни животных и носили обратимый характер.

«Космическая биология и медицина», т. 2, 1968, № 2, стр. 7—14.

Четыре месяца в гермокамере

Советскими специалистами по космической биологии проведен эксперимент, в котором 5 мужчин в течение 4-х месяцев находились в герметичной камере, где они периодически выполняли два вида мышечной работы (предварительно испытуемые прошли специальную тренировку).

В ходе эксперимента выяснилось, что мышечная работа средней и

большой интенсивности повышает положительный тепловой баланс тела человека и приводит к перегреву организма. Частота сердечных сокращений при тяжелой работе достигала 214 ударов в минуту.

На 2-м и особенно на 3-м месяце эксперимента у испытуемых ухудшились показатели газообмена, при одновременном падении интенсивности α -ритма электроэнцефалограммы. Это говорит о том, что выработанный в предварительной тренировке двигательный стереотип при длительном пребывании в герметичной камере нарушается и человек намного хуже переносит физические нагрузки. В замкнутом пространстве для человека происходит как бы «утяжеление» физической работы: по «энергостойкости» легкая работа становится работой средней тяжести и т. д. Несмотря на малую общую подвижность, энерготраты испытуемых были довольно высоки (от 2433 до 4536 ккал/сутки, в среднем 3300 ккал/сутки).

Все это необходимо учитывать при создании систем жизнеобеспечения космических аппаратов и особенно скафандров для работ вне корабля.

«Космическая биология и медицина», т. 2, 1968, № 1, стр. 42—46.

Новое о Луне

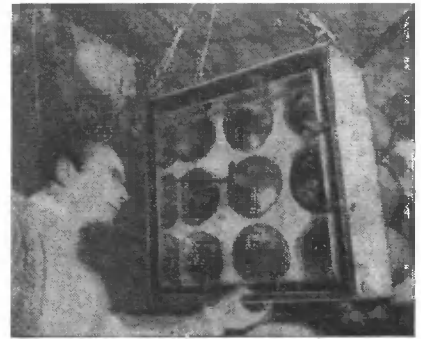
Сопоставление материалов радиолокации лунной поверхности с результатами определения ее центра масс, выполненного на спутниках «Лунар-орбитер» I и II, позволило уточнить средний радиус Луны, который равен 1736,1 км (вместо прежней цифры 1738). В экваториальной области Луны существует выступ высотой до 1500 м в равнинных областях и до 5000 м в горных районах.

«Science News», т. 92, 1967, № 7, стр. 165 (США).

Открыты ядерные свойства света

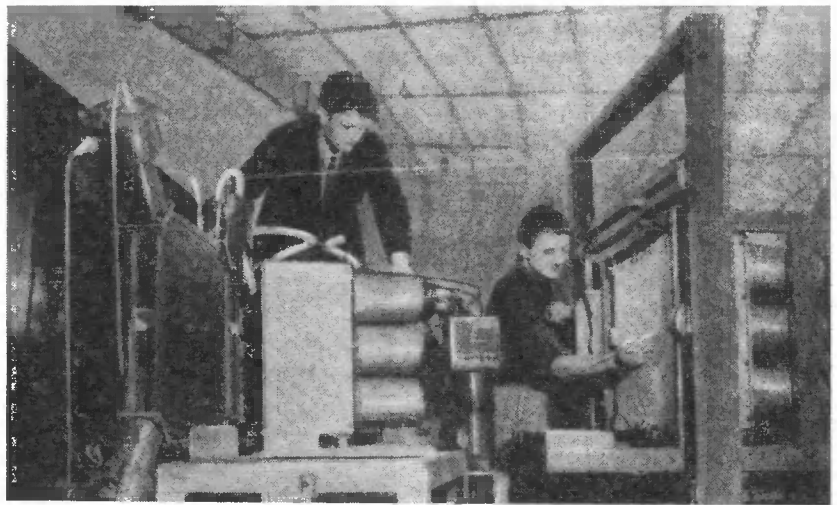
Интернациональной группе ученых Советского Союза, Чехословакии, Демократической Республике Вьетнам и Польши в результате большой серии чрезвычайно тонких опытов впервые удалось обнаружить и зарегистрировать новые ядерные распады. Подтвердились предсказания теоретиков о взаимном превращении друг в друга векторных мезонов и фотонов (так называются носители электромагнитного поля, в том числе света).

Эксперименты, которыми руководил молодой советский ученый М. Н. Хачатурян, велись на синхрофазотроне Объединенного института ядерных исследований. Вместе с учеными Дубны работали их коллеги из Физического института АН СССР.



Руководитель эксперимента советский физик М. Н. Хачатурян проверяет готовность черенковских счетчиков к эксперименту
Фото Ю. Туманова (Фотохроника ТАСС)

Советский инженер Валентин Матюшин (слева) и чехословацкий физик Ян Гладкий проводят юстировку экспериментальной чрезвычайно эффективной установки для регистрации фотонов и электронов
Фото Ю. Туманова (Фотохроника ТАСС)



Длительность года в далекие эпохи

Существующие астрономические данные свидетельствуют о том, что период обращения Земли вокруг ее оси, т. е. длительность суток, постоянно увеличивается примерно на

$2 \cdot 10^{-5}$ сек. в год. Поскольку время обращения вокруг Солнца не меняется, должно происходить уменьшение числа суток в году. Этот эффект уже давно нашел свое объяснение — он вызывается в основном действием приливов в Мировом океане, создаваемых притяжением Луны и тормозящих вращение Земли вокруг ее оси.

А какова была длительность суток в далекие геологические эпохи? Чтобы ответить на этот вопрос, английские ученые В. Берри и Р. Баркер разработали новый метод, основанный на изучении периодичностей в структуре ископаемых двустворчатых моллюсков. Эти изменения отражают периодичности явлений, сопутствующих их росту. Внешняя поверхность раковин моллюсков, наряду с хорошо известными, видимыми простым глазом полосками шириной 1—2 см, которые проявляются каждый год, имеет также тонкую, различимую лишь под микроскопом структуру (ряды тонких слоев). Эта структура воспроизводит два типа периодичностей, связанных с движением Луны, — суточную (очевидно, обусловленную той ролью морских приливов, которую они играют в жизни морских ракушек) и двухнедельную.

Сопоставление чисел годовых полос с числами суточных и двухнедельных слоев позволяет определить длительность суток в эпоху, к которой относятся ископаемые моллюски. Изучение подобной структуры у двух типов моллюсков (*Idonearca vulgaris* и *Crasatella vadosus*) позволило сделать вывод, что 80—90 млн лет назад в году было 370,3 суток, т. е. на 5 суток больше, чем сейчас. Эта величина примерно совпадает с вытекающей из указанного выше замедления длительности вращения Земли ($2 \cdot 10^{-5}$ сек. в год) длительностью года в среднемеловой период (372 суток). Она согласуется также с длительностью года около 600 млн лет назад — 400 суток, полученных путем изучения периодичности в структуре древних кораллов.

«New Scientist», т. 37, 1968, № 589, стр. 649 (Англия).

Эффект Джозефсона

и измерение низких температур

Группа сотрудников Национального бюро стандартов США предложила новый тип термометра для определения температур в диапазоне от 10 до 10^{-3} °К. Его действие основано на

измерении с помощью эффекта Джозефсона электрических шумов, возникающих в любом проводнике из-за броуновского движения электронов. Термометр предполагается использовать для абсолютного измерения температуры металлических проводников.

Уровень электрических шумов очень мал при низких температурах, но тем не менее он зависит от температуры проводника. Эффект Джозефсона заключается в возникновении электрических колебаний между двумя слегка раздвинутыми сверхпроводниками («переход Джозефсона»), когда к ним приложена постоянная разность потенциалов V . Частота резонансных колебаний определяется соотношением $\nu = 2eV/h$. Если параллельно переходу Джозефсона подключить проводник, по которому пропускать постоянный ток, то электрические шумы будут этот ток модулировать. Это приводит к «размазыванию» резонанса, а по его ширине как раз и судят о величине температуры.

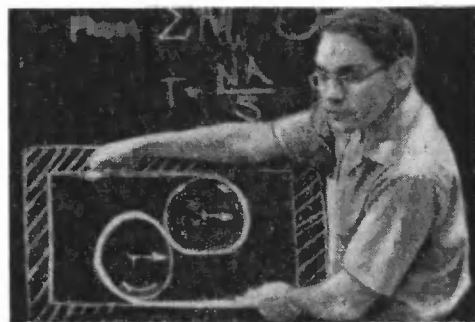
Если удастся устранить посторонние помехи, возникающие в переходе Джозефсона, то можно будет измерять температуры даже более низкие, чем 10^{-3} °К.

«New Scientist», т. 37, 1968, № 578, стр. 38 (Англия).

Устройство с минимальным трением

Инженер-механик Дональд Ф. Уилкис из американской фирмы «Сандия» разработал устройство под названием «Роламайт», почти не обладающее трением. Оно применимо в тех случаях, когда относительное перемещение не превышает размеров устройства.

В «Роламайте» используются два роликовых элемента, заключенных между параллельными направляющими поверхностями. Эти свободно проворачивающиеся и противобращающиеся элементы соединены посредством упругих сил связи обвивающей их гибкой металлической S-образной



Дональд Ф. Уилкис демонстрирует принцип действия «Роламайта»

ленты. Очень важно, что лента находится под натяжением. Геометрически очевидно, что движение роликов по направляющим сопровождается качением, а не скольжением. Площадь соприкосновения между лентой и роликами всегда остается неизменной. Незначительная величина трения качения обусловлена только микроскольжением между близкими шероховатостями на поверхности контакта и нагревом при растяжении ленты.

При нагрузках от 30 до 200 кг/см² коэффициент трения «Роламайта» составляет — без поверхностей смазки — около 0,0005, что в десятки и даже сотни раз меньше коэффициента трения обычных роликовых подшипников.

Как полагают, принцип «Роламайта» в различных конфигурациях найдет по меньшей мере пятьдесят важных применений, особенно в опорных и несущих узлах, рессорах и амортизаторах, в демпферах, плунжерах, ударниках, насосах, реле, переключателях, в различных датчиках, термостатах, шарнирах, затворах, предохранителях и т. д. Поскольку для соединения роликов с лентой не требуется особой точности, изготовление миниатюрных устройств нового типа обходится относительно недорого.

«Industrial Research», т. 9, 1967, № 13, стр. 29—30 (США).

Как выглядит электронный мозг?

Из школьного курса мы знаем, что нервные волокна, управляющие различными частями нашего тела, ответ-

входят от центрального ствола спинного мозга. Мозг воспринимает сигналы, перерабатывает поступающую с ними информацию и запоминает ее. Аналогичную работу, но пока что значительно более узкую и специализированную, выполняют электронно-вычислительные машины (ЭВМ). И вот оказывается, что с развитием современных ЭВМ их «мозг» все более

приближается к нашему не только по функциям, но и по внешнему виду. Не правда ли, центральный ствол запоминающего устройства этой типичной ЭВМ, воспроизводимый из французского журнала «*Connaissance du Monde*» (1968, № 112, стр. 14), напоминает схемы нервной системы человека из учебников анатомии?

химического сырья и жидкого топлива. Главная проблема — разработка простых способов деполимеризации угля, чтобы заменить его сложную структуру менее сложными органическими соединениями, более склонными к химическим превращениям. Исследуется не только структура, но и взаимодействие угля в разбавленном состоянии или растворе с различными химическими агентами, например водородом, кислородом и т. д., с целью определения условий превращения угля в химические соединения (Институт органической химии ПАН). В Институте химии угля изучаются новые катализаторы в процессах гидрокрекинга — расплавленные соли. Внимание ученых привлекает здесь главным образом физическая химия ионоорганических жидкостей. Работы польских научных учреждений в области химии угля уже сейчас обогащают и значительно расширяют поиски, которые ведутся в этой области во всем мире.

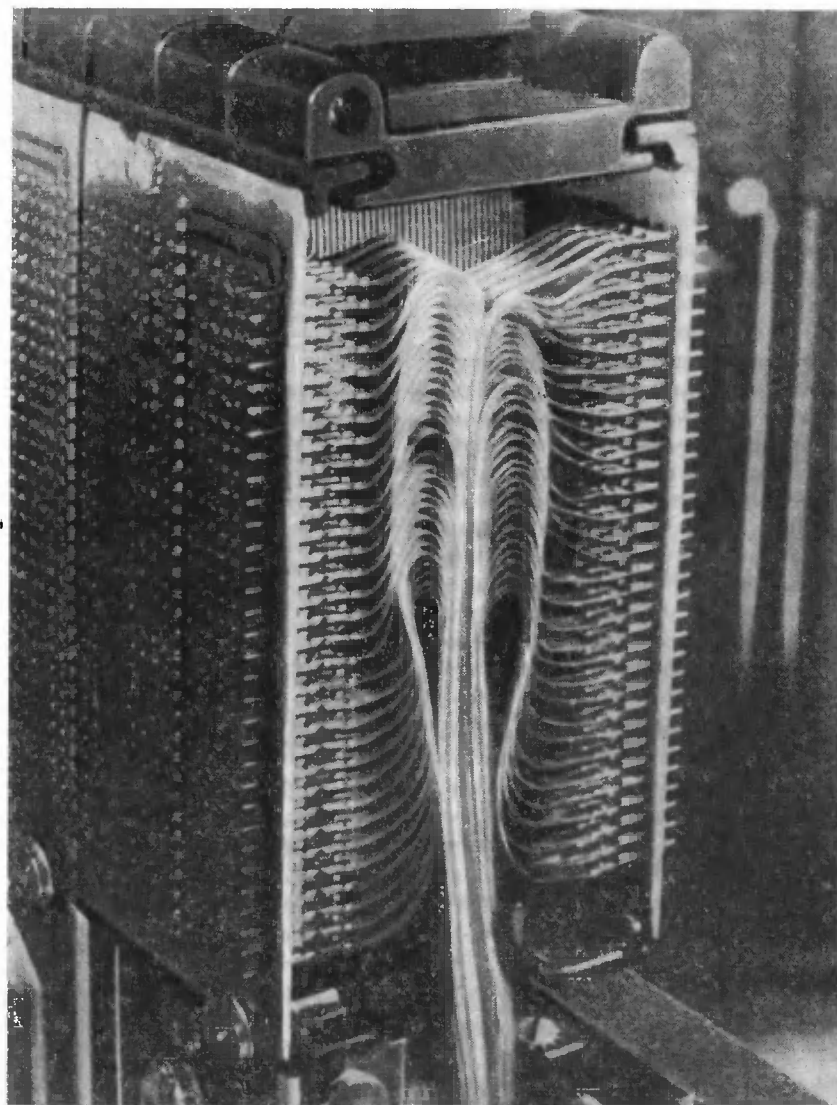
Польское агентство печати «Интерпресс»

Вирус против комаров

Комары переносят на человека и животных ряд опасных вирусных заболеваний. Вирус же, который был бы губительным для комаров и в то же время безопасным для животных, до последнего времени известен не был. Лишь недавно сотрудниками лаборатории патологии насекомых Энтомологического института Академии наук ЧССР был открыт вирус, уничтожающий личинки комаров в период, предшествующий окукливанию (аналогичный вирус изредка встречается и в личинках мошкар). Зараженные личинки — в результате скопления вирусов в пораженных тканях — приобретают бледно-зеленоватый цвет.

Экспериментальным путем удалось заразить некоторые виды комаров. Инфекция передается через яйца от самок на потомство. Ставится задача выяснить, каким образом можно повысить распространение вирусной инфекции в природных популяциях комаров в целях их уничтожения.

«*Bulletin Československé Akademie věd*», 1968, № 2, стр. 11 (Чехословакия).



Перспективы химии угля

Исследование возможностей более широкого и нетрадиционного использования угля имеет первоочередное экономическое значение для стран,

обладающих богатыми залежами этого ископаемого, в том числе и для Польши. Недавно в Силезии было создано новое научное учреждение — Институт химии угля ПАН (Польской Академии наук). В его задачу входит изыскание новых химических методов получения из угля

Возможна ли сверхтекучесть экситонов в полупроводниках?

В. А. Гергель, Р. Ф. Казаринов,
Р. А. Сурис

О СВЕРХТЕКУЧЕСТИ ЭКСИТОНОВ
В ПОЛУПРОВОДНИКАХ.
«ЖЭТФ», т. 54, 1968, вып. 1, стр. 298

Наш журнал многократно рассказывал¹ об интереснейшем свойстве жидкого гелия — сверхтекучести гелия II. Оказывается, своеобразным свойством сверхтекучести может обладать и совокупность экситонов — квазичастиц, которые возникают в кристаллах полупроводника и могут быть охарактеризованы как возбужденные состояния атомов. Каждое из этих возбужденных состояний, однако, уже нельзя связывать с каким-либо определенным атомом: оно «коллективизировано» и распространяется в кристалле в виде «волны возбуждения», как бы перескакивая от одного атома к другому. Характерно, что возникающие в полупроводнике экситоны, перемещаясь по нему, могут диффузионным образом проникать на расстояния $L_d = \sqrt{Dt}$, где D — коэффициент диффузии, а t — время жизни экситона. Например, для кристаллов германия при температурах ниже 10°K , D порядка $100\text{ см}^2/\text{сек}$ и t около 10^{-4} сек., так что диффузионная длина L_d может оказаться порядка 1 мм.

Если концентрация экситонов в полупроводнике значительно меньше 10^{18} частиц/см³, возникает своеобразная ситуация. Так как спектр элементарных возбуждений при столь малой плотности экситонов становится звуковым, в такой системе может проявиться свойство сверхтекучести. Проведенный авторами расчет показывает, что после перехода в сверхтекучее состояние экситоны смогут распространяться на расстояния порядка $L = V_{кр}t$, значительно превышающие диффузионную длину L_d . Здесь

$V_{кр}$ — критическая скорость, при которой сверхтекучесть разрушается.

Эффективным источником экситонов может служить трехслойная полупроводниковая структура, состоящая из инжектирующих контактов типа р и п и слоя чистого полупроводника, находящегося между ними¹. При пропускании тока в прямом направлении, в слой чистого материала инжектируются электроны и дырки, которые связываются между собой, «образуя» экситоны. Время связывания электрона и дырки в экситон много меньше времени его жизни t . Таким образом, если длину образца подобрать так, чтобы она превышала диффузионную длину L_d , но была меньше длины $V_{кр}t$, переходу экситонов в сверхтекучее состояние соответствовало бы резкое повышение их концентрации у противоположного от инжектора края образца. Это явление можно было бы регистрировать по увеличению обратного тока через структуру, связанного с распадом экситонов на электроны и дырки под действием поля.

Если растопить льды Арктики...

О. П. Чижев

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС АРКТИЧЕСКОГО
БАССЕЙНА И КЛИМАТ.
«Известия АН СССР, серия географическая», 1967, № 6, стр. 47—59

Толщина ледового покрова Арктики составляет в среднем всего 4 м, поэтому технически возможно полностью его уничтожить. Но «...если бы ледяной покров Северного Ледовитого океана исчез, — писал М. И. Будыко еще в 1962 г., — то произошло бы настолько большое повышение температуры воды в океане и температуры воздуха в Арктике, что по-

¹ Полупроводники различают по заряду носителей, создаваемых примесями. Полупроводники с избытком отрицательных носителей — электронов — называют полупроводниками n-типа. Полупроводники, в которых примеси создают избыток положительных «дырок», — полупроводники p-типа.

¹ См., напр., «Природа», 1968, № 1, стр. 73—79.

вторное образование льда стало бы невозможным»¹.

К каким же последствиям приведет столь значительное событие, как уничтожение льдов Арктики?

По этому поводу высказано немало предположений. На основании целого ряда допущений, не все из которых в равной степени обоснованы, известный американский исследователь Арктики Джозеф О. Флетчер рисует такую картину: климат Арктики станет значительно теплее; установится довольно равномерный в течение круглого года обмен воздушными массами между высокими и средними широтами, усилится испарение с поверхности Северного Ледовитого океана (особенно в зимние месяцы), а в результате всего этого увеличится количество осадков, выпадающих на арктических островах и побережье; произойдут некоторые изменения и в общей циркуляции атмосферы, что повлечет за собой смягчение и увлажнение климата субарктики: зима здесь станет более теплой и снежной, а лето — прохладным и влажным. В то же время в Центральной Европе, на Русской равнине и в прериях Северной Америки осадков будет выпадать меньше — эти обширные районы намного чаще будут страдать от засух.

Можно предвидеть и более грозные последствия потепления Арктики. Сильные снегопады, особенно в горах о-ва Элсмira, Баффиновой Земли, Лабрадора, южной половины Гренландии и Скандинавии обеспечат усиленное питание ледников, которые лишь в малой степени будут подтаивать в летние месяцы. Ледники начнут разрастаться и сливаться в сплошные ледовые покровы, что приведет к резкому понижению температуры в обширных районах, к появлению и накоплению морских льдов сначала в окраинных морях, а затем и в Центральном бассейне. Но именно так, по мнению ряда геологов, начинался, а возможно, начинались неоднократно ледниковые периоды в прошлом.

Для уточнения этих выводов необходимы детальные подсчеты теплового баланса арктических областей с учетом тепла, приносимого океаническими течениями, северными реками, с учетом теплообмена между атмосферой и водой, между поверхностными и глубинными слоями воды и т. д. Программа таких подсчетов уже намечается, предварительные же данные свидетельствуют о том, как осторожно следует относиться к проектам существенного воздействия на климат нашей планеты.

Грибы и деревья в степи

Г. А. Зак, Г. И. Церлинг

ЗНАЧЕНИЕ МАССОВОГО МИКОРИЗООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЯНЦЕВ ЛИСТВЕННИЦЫ

В СТЕПИ

«Известия АН СССР, серия биологическая», 1968, № 1, стр. 149—154

Для создания новых лесных насаждений в степи большой интерес представляет ценная быстрорастущая хвойная порода — лиственница. Однако в степи и лесостепи сеянцы лиственницы вырастить трудно: как правило, дружные всходы вскоре сильно изреживаются или погибают.

Г. А. Зак и Г. И. Церлинг провели опыты в дендропарке Куйбышевского сельскохозяйственного института и в Чулпановском лесничестве Татарской АССР, которые показали, что основная причина массовой гибели сеянцев лиственницы в степи — слабое микоризообразование¹.

Известно, что многие древесные растения всасывают почвенные растворы в основном с помощью разросшейся на корнях грибницы, т. е. посредством микоризы. В степи, на черноземной почве с щелочной реакцией, образование микоризы у

лиственницы происходит крайне медленно, что и вызывает гибель сеянцев. Грибница, внесенная с микоризной землей, значительно активнее, чем спонтанная, но все же не обеспечивает раннего и полного микоризообразования. При повторном посеве на том же участке микоризообразование у сеянцев лиственницы протекает гораздо интенсивнее и осуществляется на все 100%. Это связано с тем, что наибольшей активностью и энергией роста обладает грибница микоризообразующего гриба, находящаяся в симбиозе с высшим растением. При отделении от растения активность грибницы понижается, особенно в неблагоприятных почвенных условиях. Наиболее эффективно выращивать лиственницу после сосны, так как основные грибы-микоризообразователи слабо специализированы и могут образовать микоризу у разных древесных пород. Г. А. Зак и Г. И. Церлинг предлагают выращивать сеянцы хвойных пород на одном месте. Это, по мнению авторов, наиболее совершенный метод создания микоризы в степных условиях.

¹ М. И. Будыко. Некоторые пути воздействия на климат. «Метеорология и гидрология», 1962, № 2.

¹ Микориза (от греч. слова со значением «гриб», «корень») — совокупность окончаний корней высшего растения и мицелия (грибницы) гриба, находящегося в симбиозе: высшее растение при посредстве гриба получает из почвы воду и минеральные соли, гриб от высшего растения — органические вещества.

По тернистому пути познания психики

М. Г. Ярошевский
ИСТОРИЯ ПСИХОЛОГИИ
Изд-во «Мысль», 1966, 565 стр.,
ц. 1 р. 74 к.

Один из верных признаков зрелости науки — зарождающийся в ее недрах интерес к собственному прошлому. Такой интерес питается не только потребностью оглядеться на пройденный путь, установить истоки основополагающих идей, концепций и моделей, определяющих парадигмы данной науки, но и стремлением извлечь из истории науки уроки для будущего, более точно наметить перспективы дальнейшего пути ее развития, ибо «...история науки,— как подчеркивает М. Г. Ярошевский,— показывает не только откуда, но и куда мы идем».

Хотя психические явления и процессы занимали ум человека с самых древних времен, психология стала самостоятельной наукой лишь в последней трети прошлого века. Крайняя сложность психической жизни, трудно поддающейся объективному изучению и толкованию, создавала на протяжении веков благоприятную почву для всяких ложных, в частности фидеистических концепций и учений. Еще большие трудности возникают при создании научной истории психологии.

Для большинства работ, написанных буржуазными историками психологии, при всем богатстве излагаемых фактов, характерно смешение существенного и несущественного, рационального и иррационального, поверхностного и глубокого, умозрительного и эмпирического, научного и ненаучного. Книга М. Г. Ярошевского принципиально отличается от всех других историографических работ по психологии. Диалектико-материалистическое мировоззрение и методология позволили автору уверенно и последовательно пробираться между Сциллой ограниченного знания и Харибдой намеренных и бессознательных искажений в многовековых учениях о душе,

сознании, психике и поведении, выделять в каждом из них те рациональные зерна, из которых выросла современная психологическая наука, занявшая свое особое место на стыке естественных и социальных наук. Вместе с тем четкая диалектико-материалистическая методология позволила автору не только показать ошибочность и ограниченность отдельных учений (это встречается и у буржуазных историков психологии), но и вскрыть их источники и причины, которые обусловлены соответствующим состоянием научных знаний на каждом этапе, методологической и методической слабостью исследователей и, в конечном счете, сводятся к социально-классовой позиции того или иного автора или психологической школы.

Принципиальная ценность работы М. Г. Ярошевского заключается также в том, что в ней показано, как детерминистский, причинный способ мышления в психологии укреплялся в борьбе со многими антидетерминистскими концепциями. В этой борьбе расширялось и обогащалось понимание самого детерминизма как необходимости, закономерности, причинности и упорядоченности, в дальнейшем — как целесообразности, приспособляемости, а с переходом к психике человека понимание личности — как субъекта в его взаимодействии с природой и социальной средой. Рассматривая исторический путь психологии как развитие научного знания о детерминации ее явлений, М. Г. Ярошевский считает, что можно выделить ряд уровней, «соответствующих логике познания различных форм детерминационных отношений. Назовем их условно предмеханистическим, механистическим, общебиологическим, психическим и социопсихическим. Демокрит, Аристотель, Декарт, Дарвин, Сеченов, Маркс — вот имена первооткрывателей этих уровней» (стр. 553).

Вскрывая диалектику человеческого познания, М. Г. Ярошевский трактует кризисы науки как качественные скачки, как кризисы роста и прогресса, возникающие каждый раз, когда установившиеся в науке взгляды приходят в противоречие с новыми открытиями. Такие кризисы, как правило,

завершаются революциями в науке, сменой основополагающих теорий и переходом науки на новую, высшую ступень.

Такую революционную роль в развитии психологии сыграло учение о машинообразности поведения живых систем, возникшее в XVII в. Это учение в свою очередь пришло в XIX в. в явное противоречие с открытиями в области изучения органов чувств и деятельности головного мозга. К концу века стали очевидными не только реальные различия между физиологическими и психическими явлениями. Намечались пути изучения психических явлений на основе экспериментальных, объективных методов. Умозрение сменилось опытом. Выяснилась подчиненность процессов восприятия, памяти и другим строгим количественным закономерностям.

На развалинах вундтовской физиологической психологии возник ряд новых психологических школ, радикально расходившихся в понимании объектов и методов психологического исследования. Автор кратко излагает сущность, проблематику и методологию структурной, вюрцбургской, функциональной психологии, бихевиоризма, гештальт-психологии и фрейдизма, показывает позитивный вклад каждой из этих школ, равно как их теоретическую и методологическую ограниченность. «Противоречие между реальными потребностями научно-психологической мысли на Западе и ее методологией было одной из предпосылок нового кризиса» (стр. 493).

К концу 20-х годов за рубежом снова заговорили о кризисе в психологии и стали предлагать различные способы его преодоления. Известный немецкий психолог Карл Бюлер в книге «Кризис психологии» (1927 г.) выступил с проектом объединения всех направлений и «создания единой системы психологических понятий». В противоположность эклектическому проекту Булера советский психолог Л. С. Выготский усматривал выход из кризиса в перестройке самого фундамента психологической науки.

Долгие годы марксистское учение о

психике и сознании оставалось за семью печатями для подавляющего большинства буржуазных психологов. Успехи советских ученых сделали невозможным дальнейшее игнорирование разработки проблем научной психологии с позиций марксистско-ленинской методологии. XVIII Международный конгресс психологов, проходивший в 1966 г. в Москве, показал, что советская психология по ряду проблем вышла на передовые рубежи в мировой психологической науке. Марксистская психология вышла тем самым на широкую международную арену.

Можно не сомневаться, что «История психологии» М. Г. Ярошевского окажет влияние и на психологическую историографию. Ни один историк психологии, серьезно и ответственно относящийся к своей работе, не сможет пройти мимо этой книги.

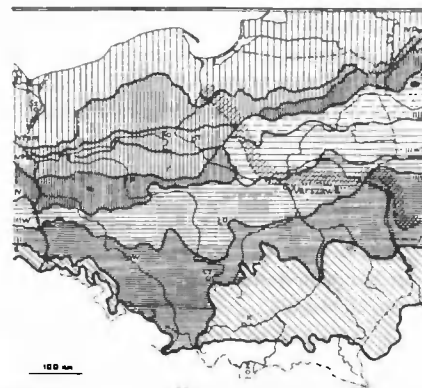
Профессор М. С. Бернштейн
Москва

Плейстоцен в Польше

Stefan Zbigniew Różycki
Plejstocen Polski Środkowej.
Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1967, 251 стр.

Крупнейший польский геоморфолог проф. Стефан Ружицкий опубликовал книгу о новейшей геологической (плейстоценовой) истории Польши. Эта книга представляется чрезвычайно важной прежде всего потому, что плейстоценовая история различных районов Земли вызывает повсеместно большой интерес. Дополнительно к этому замечу, что именно в Польше уделяется очень много внимания изучению плейстоцена.

Ст. Ружицкий, описывая историю природы Польши, использует многочисленные новые данные. Само собой разумеется, что в этой рецензии можно будет остановиться лишь на самых главных выводах автора. Для краткости и наглядности изложения я использую чертеж из книги Ст. Ружицкого.



Распространение материковых льдов на территории Польши (рис. из книги Ст. Ружицкого)

На рисунке показано распространение материковых льдов (скандинавского происхождения) на территории Польши в эпоху плейстоцена. Читатель может видеть, что вся Польша (за исключением узкой прикарпатской полосы) была покрыта льдом. В Карпатах (Татрах) были только маленькие местные ледники. Через Моравско-Оставские ворота льды врывались даже на территорию Чехословакии. Сравнивая новейшую историю Польши и соседних стран — СССР и ГДР, следует отметить, что ни восточный, ни западный сосед Польши не подвергался подобному почти полному оледенению. В Польше произошла на самом деле катастрофа — гибель доледниковой органической жизни.

Та же карта (см. рис.) показывает повторность (множественность) ледниковых эпох, которых было четыре: подлянская (I), краковская (II), среднепольская (III) и балтийская (IV). Четыре ледниковые эпохи разделялись тремя межледниковыми эпохами.

Происходило множество более частных эпизодов, когда оледенение исчезало не полностью, а только сокращалось в размерах, сохраняясь на территории Польши и Северо-Западной Европы. Если первая ледниковая эпоха, выделяемая проф. Ружицким, для территории Русской равнины только предполагается, то краков-

ское, среднепольское и балтийское оледенения были выражены вполне определенно и на Русской равнине, где носят название окского, днепровского и валдайского оледенений (ледниковых эпох). Некоторые советские исследователи усложняют схему, разделяя днепровское (и даже валдайское) оледенение на отдельные ледниковые эпохи. Польская схема отвергает эти попытки с достаточными основаниями.

Каким же событием началась новейшая, или иначе — плейстоценовая, история Польши? На этот вопрос проф. Ружицкий отвечает: плейстоценовая история Польши и есть ее ледниковая история. Следовательно, начало плейстоцена Польши было ознаменовано наступлением этапа ее повторных покровных оледенений. Поэтому в хронологической схеме плейстоцена Польши доледниковый этап выделен в качестве доплейстоценового этапа, а не как начало плейстоцена («эоплейстоцена») согласно взглядам некоторых авторов. И с этим выводом проф. Ружицкого можно только согласиться.

Что касается человека, то самые древние следы его культуры найдены (В. Хмелевским) в пещере недалеко от Кракова; в слоях, относимых к последней (мгинской) межледниковой эпохе, следов обитания человека еще нет. Но нижнепалеолитический человек появился раньше — в конце днепровской ледниковой эпохи. Среднепалеолитический человек поселился в пещере только в первую половину балтийской (валдайской) ледниковой эпохи.

Очень интересна обстановка конца плейстоцена. 10 тыс. лет назад уже вся территория Польши освободилась от покрова льда, который сохранился только в Скандинавии и Финляндии. Но средняя Польша еще была покрыта тундровой растительностью, так как летняя температура оставалась очень низкой. Таким образом, причиной похолодания было не оледенение, а само похолодание и оледенение имели общую фундаментальную причину, рассмотреть которую здесь не представляется возможным.

Профессор К. К. Марков
Москва

Репортаж из планетария
В. Базыкин, В. Луцкий.

НАД НАМИ ЗВЕЗДНОЕ НЕБО.
Изд-во «Московский рабочий», 1967,
144 стр., ц. 25 к.

Опираясь на исторический и современный материал, авторы дают краткий анализ методов исследования Вселенной, интересно и популярно рассказывают о планетах солнечной системы и других галактик, об освоении космического пространства и перспективах развития космонавтики.

Читатель как бы присутствует в Московском планетарии, где он слушает увлекательную беседу о новых исследованиях Луны, проведенных советскими радиоастрономами, которым удалось, оставаясь на Земле, «проникнуть» в лунные недра, зондировать Луну, получить представление о породах, слагающих наш спутник, о температурах на небольших глубинах под поверхностью Луны и о многом другом.

Прочитав книгу, каждый человек поймет, как велико значение познания процессов, происходящих в космосе, для развития науки и техники на Земле. Вот несколько убедительных примеров. Самый большой в мире ускоритель, построенный в СССР, может дать потоки протонов с энергией до 70 млрд. электронвольт.

В космическом же пространстве обнаруживаются частицы с энергиями в тысячи миллионов раз большими. Спутники, длительное время остающиеся на орбите, вооружены телевизионными камерами для фотографирования облачных масс и приборами для измерений температуры поверхности Земли или океанов по тепловому излучению. Тем самым спутники помогают решать многие задачи метеорологии. Другое их практическое применение — это космическая радиосвязь.

Какова роль человека в свободном космосе? Не заменит ли его автомат? Ведь автоматическая аппаратура готова точно выполнить любое данное ей «поручение». Действительно, автоматы могут проникнуть в такие не-

доступные человеку места, как зоны радиации или даже ближайшие «окрестности» Солнца. Они могут вести измерения и в тех случаях, когда присутствие человека вызовет нежелательные ошибки сверхточной аппаратуры.

И все-таки полет человека в космическом корабле, выход его в свободный космос необходимы. Известно, что из-за ничтожных неполадок уже не раз замолкали радиостанции космических аппаратов, оказались в ряде случаев безуспешными важные эксперименты. Находясь в космосе, человек способен перестроить программу работы приборов, обобщить их показания, поставить и решить новые вопросы, не предусмотренные программой. В книге впервые приводится замечательное высказывание акад. С. П. Королева: «Собственно говоря, летая в космосе, нельзя не выходить в космос, как, плавая в океане, нельзя бояться упасть за борт и не учиться плавать». Читатель познакомится также с интересными высказываниями академиков А. А. Михайлова, В. А. Амбарцумяна, А. А. Благонравова, проф. В. С. Троицкого и других крупных специалистов в области исследования космоса, увидит их портреты и автографы. На страницах книги выступает и первый космонавт Ю. А. Гагарин.

В. Базыкин и В. Луцкий нашли живую своеобразную форму разговора с читателем. В книге есть хорошие иллюстрации, она интересна для многих.

Б. А. Душков
Москва

Календарь природы

Покрытия звезд Луной

В своем движении вокруг Земли Луна систематически заслоняет звезды, а иногда и планеты. Такие явления, называемые покрытиями, обычно привлекают внимание лишь в тех случаях, когда Луна закрывает яркие объекты. В текущем году произошло три интересных покрытия: 20 марта — покрытие Антареса (главной звезды α созвездия Скорпиона), 31 июля — Спика (главной α звезды созвездия Девы) и 25 августа — планеты Венеры. Только покрытие Антареса было доступно наблюдениям невооруженным глазом в 3 часа утра в Ташкенте, Душанбе и других городах Средней Азии. Два других пришлось на светлое время суток и не могли быть видимы.

Очередное покрытие звезды Спика 18 ноября в принципе должно быть видимо в Восточной Сибири, в частности в районе Иркутска, но оно произойдет в 6 час. 45 мин. утра по иркутскому времени, примерно за 40 мин. до восхода Солнца, и пронаблюдать это явление невооруженным глазом будет достаточно трудно.

Зато в ночь с 3 на 4 декабря 1968 г. на юге Украины, на Кавказе и в Средней Азии будет хорошо видно покрытие Луной яркого звездного скопления Плеяд (созвездие Тельца). Невооруженному глазу оно представит в виде блестящего ковшика из 7—8 звезд. Моменты покрытия и открытия звезд Плеяд для разных городов различны, но наиболее рано покрытие начнется в Душанбе — около 22 час. 50 мин. по московскому времени. В других городах моменты будут иными, но примерно в пределах от 22 час. 50 мин. до 1 часа ночи. Фаза Луны в этот период близка к полнолунию, которое наступит 5 декабря в 2 часа ночи по московскому времени.

Смерчи в долине Аму-Дарьи

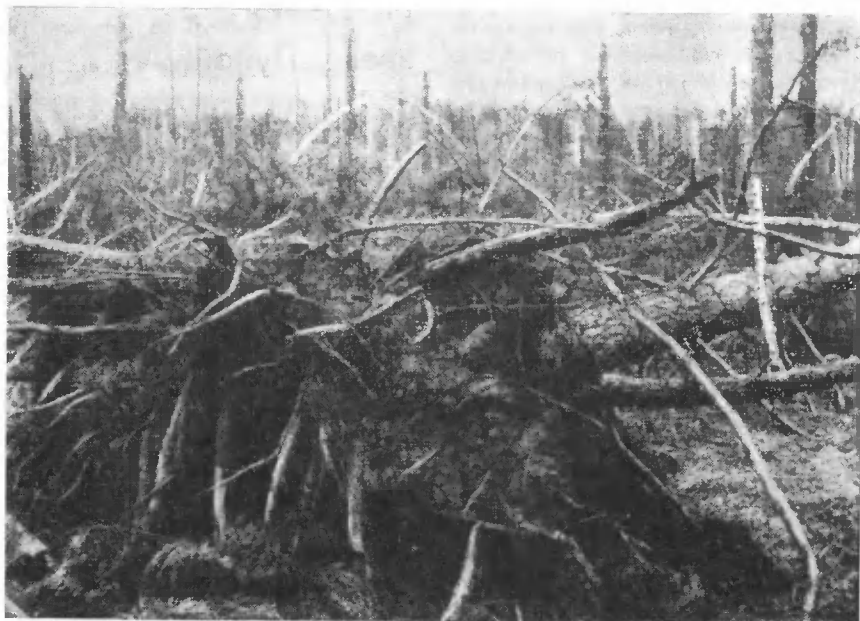
Смерчи — это сильные вихри, имеющие вид темного гигантского хобота или рукава (столба), опускающегося из основания кучево-дождевого облака по направлению к поверхности земли или моря. Их возникновение связано с особо сильной неустойчивостью стратификации атмосферы в жаркое время года. Скорость ветра в смерче при сильной восходящей слагающей достигает 50—100 м/сек и может вызывать катастрофические разрушения.

За последние годы в долине Аму-Дарьи смерчи возникали неоднократно. Например, в мае 1963 г., когда в течение всего месяца стояла неустойчивая погода (северо-западные вторжения, частые выходы мургабских циклонов) и в разных районах прошли интенсивные грозы, град, ливневые дожди и сильные ветры с пыльными бурями, смерч возник близ поселка Дейнац. Перемещаясь в сторону от населенных пунктов, смерч на своем пути втянул из пруда лягушек, а приблизившись к поселкам колхозов им. Тельмана и им. Карла Маркса (первый находится на левом, второй — на правом берегу Аму-Дарьи) и потеряв силу, обрушил на землю «лягушачий» дождь. За 3—4 минуты каждый житель поселка успевал насчитывать до 80 лягушек. Немного меньше половины лягушек остались живыми. Прошло два года. И снова в долине Аму-Дарьи, но уже вблизи поселка Дарган-Ата, был зарегистрирован смерч. Случилось это 22 августа 1965 г. В течение этого месяца в Туркмении преобладала сухая, умеренно-жаркая, устойчивая погода. Только 22 августа произошли существенные изменения в погоде в связи с северо-западным вторжением. В этот день в большинстве районов Туркмении отмечались пыльные бури и сильные северо-западные ветры. И на сей раз смерч-вихрь обрушился на поселок Дарган-Ата «жи-

вым» дождем вместе с грозой, ливнем и градом до 2 см в диаметре.

20 апреля 1967 г. после сильного ливня с градом в районе Дарган-Ата снова возник смерч. Он сорвал крышу с колхозного гаража и переброшил ее на расстояние более 100 м, перевернул цистерну, поднял в воздух собаку. В этот день в Туркмении стояла неустойчивая жаркая погода с грозами и осадками.

Таким образом, во время неустойчивой погоды в Туркмении смерчи возникают только в долине Аму-Дарьи, тогда как на остальной территории наблюдаются лишь сильные ветры и шквалы. Интересно, что смерчи, зарегистрированные в последние годы в долине Аму-Дарьи, повторялись через равные промежутки времени — каждые два года.



Е. К. Балакирев
Ашхабадская гидрометеорологическая обсерватория

Лесовал близ с. Велижановка

Разрушительный смерч

15 августа 1967 г. в Панкрушихинском районе Алтайского края пронесся смерч разрушительной силы. Это второй здесь смерч за последнее столетие (первый отмечался старожилами в 70-х годах прошлого века).

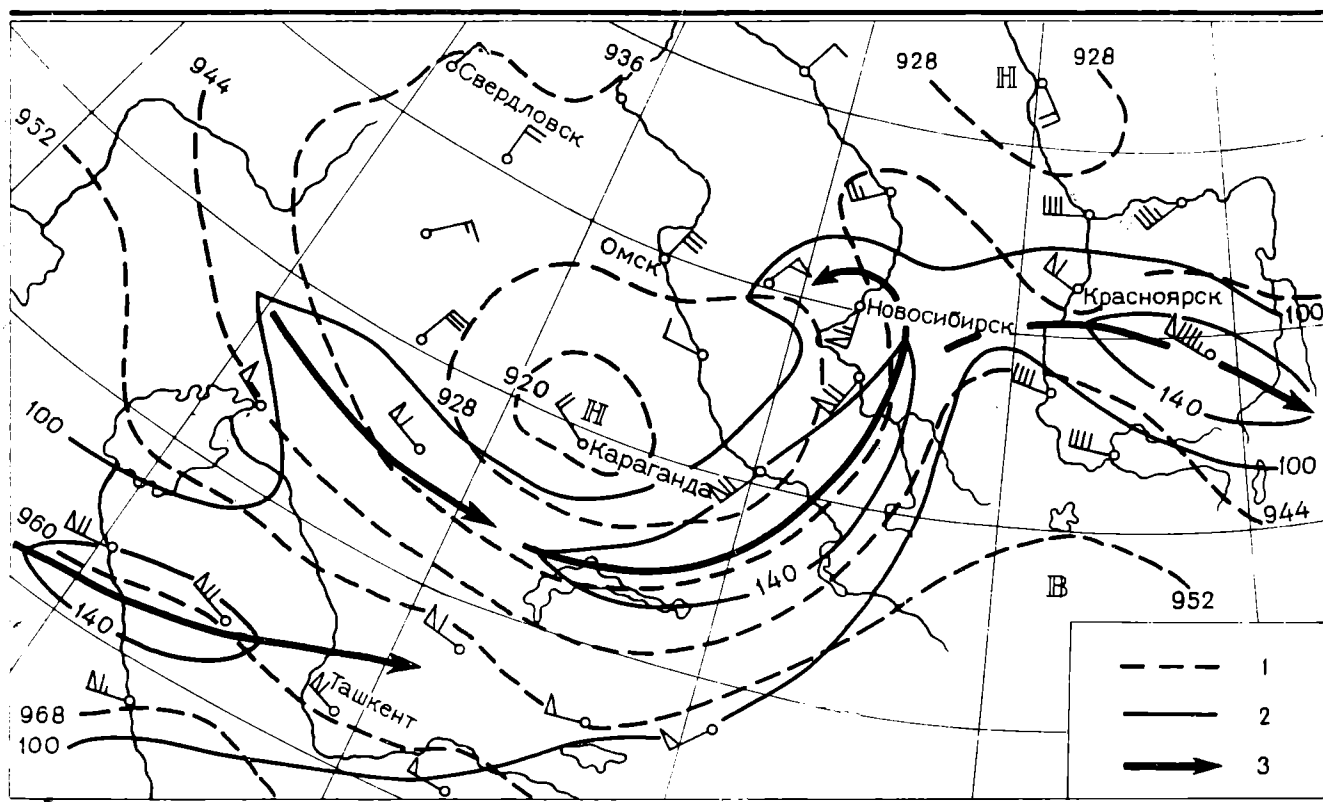
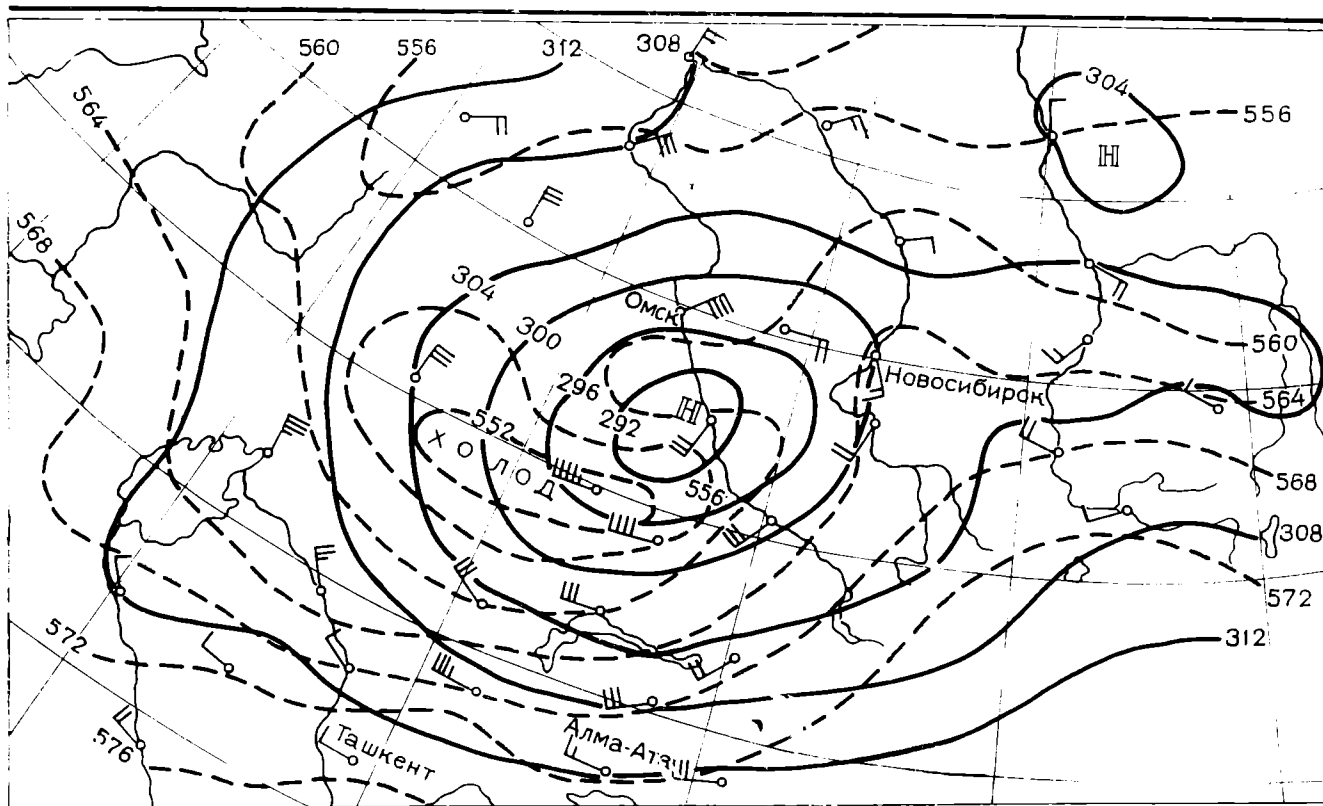
На протяжении короткого времени очевидцы наблюдали три вихря, которые смещались на север и на северо-восток. Первый вихрь, повалив у разъезда Береговое несколько столбов, ворвался на окраину села, производя здесь существенные разрушения. Пройдя Береговое, смерч потерял энергию и, видимо, распался, так как на протяжении 5—6 км к северо-востоку от села березовые колки стоят невредимыми. В дальнейшем вновь произошло образование тромба в лесном массиве Велижановского лесничества. Полоса разрушений здесь носит прерывистый характер. Создается впечатление, что смерч как бы «устал» от разрушений, а затем, с новым притоком энергии из облака, вновь приобретал силу. Полоса лесовала тянется на

6—8 км, ширина ее 100—200 м. Много деревьев вырвано с корнем, некоторые закручены смерчем по часовой стрелке. Преобладающее направление поваленных деревьев — северное. Слева от траектории смерча поля были побиты градом.

Третий смерч смещался на восток-северо-восток. К югу и юго-востоку от села Панкрушиха он повалил березовые колки, снес верхний слой почвы полосой до 200 м шириной и налетел на лесной массив. Судя по характеру лесовала, вихрь не достигал поверхности земли: деревья в основном поломаны на высоте 2—3 м, а не вырваны с корнем. Среди всеобщего хаоса можно местами обнаружить определенную последовательность лесовала, указывающую на циклональное вращение вихря: нижний ряд поваленных деревьев имеет направление на восток, над ним — второй ряд — на северо-восток и верхний — на север. Деревьев, поваленных северными ветрами, почти нет. Полоса сплошного разрушения в общем направлена с юго-юго-запада на северо-северо-восток. Максимальный диаметр поваленных деревьев достигает 50—60 см. Бурилом тянется всего на 2—3 км; наи-

Термобарическое поле за 15 час. 15 августа 1967 г. Над югом Западной Сибири ярко выражена область низкого давления (Н) и очаг холода (холод). Сплошные линии — изогипсы абсолютной топографии 700-мб поверхности, пунктирные — изогипсы относительной топографии, дающие превышение изобарической 500-мб поверхности над нижней 100-мб поверхностью (в дкм)

Карта абсолютной топографии 300-мб поверхности за 15 час.: 1 — изогипсы H_{300} ; 2 — изотакти ветра; 3 — ось максимального ветра. Стрелка с оперением указывает на направление ветра и его скорость. Одно большое перо соответствует скорости ветра 5 м/сек, малое — 2,5 м/сек. Скорость ветра 25 м/сек обозначена треугольником



большая ширина полосы разрушений — 200—300 м. Прохождение третьего вихря сопровождалось выпадением града и сильным ливнем слева от траектории смерча (количество выпавших осадков составило 15 мм). Град продолжался 6 минут, диаметр градин достигал 35—40 мм, а полоса градобития протянулась почти в меридиональном направлении.

Судя по соотношению полосы градобития и траекторий смерчей, последние возникали с правой стороны грозовых облаков, так как интенсивный град связан с центральной, наиболее мощной частью облака.

В целом каждый из смерчей прошел по территории района путь в 40—50 км со средней скоростью 20—25 км/час. Но, поскольку в лесном массиве скорость движения смерча из-за огромного трения снижалась до минимума, максимальная его скорость, вероятно, достигала 40—50 км/час.

Синоптическая обстановка 14—15 августа 1967 г. характеризовалась выходом на юго-восток Западной Сибири южного циклона, возникшего на волне полярного фронта восточнее Аральского моря в ночь с 13 на 14 августа. Днем 15 августа циклон вышел в район Павлодара и достиг стадии максимального развития, после чего скорость его смещения снизилась до 20—25 км/час и началось его окклюзирование и заполнение.

При этом у земли термические контрасы были достаточно ярки. В теплом секторе циклона осуществлялся вынос континентальных масс воздуха с максимальными температурами 25—30°, в тыловой же части циклона за холодным фронтом можно было обнаружить «холодное ядро» с температурами 12—15°. Все это создало значительные перепады и градиенты давления. Так, утром 15 августа падение давления в передней части циклона достигло 2,5—3,5 мб за 3 часа, а рост за холодным фронтом — 2—3 мб за 3 часа. Над юго-западом Алтайского края, непосредственно за холодным фронтом, барические градиенты увеличились к 12.00 часам 15 августа до 2—2,5 мб

на 100 км; максимальные градиенты отмечались в районе Павлодара — Караганды — до 5 мб на 100 км. Указанные факторы привели к возникновению обширной зоны штормовых ветров силой до 15—18 м/сек на юго-западе Алтайского края и юге Новосибирской области.

Возникновению шквалистых ветров у земли способствовала и конвективная деятельность, вызванная термодинамической неустойчивостью атмосферы в данном районе. Теплый воздух перед прохождением холодного фронта был стратифицирован влажно-неустойчиво, поэтому грозовая деятельность в зоне фронта оказалась хорошо выраженной. Неустойчивость увеличивалась с утра до второй половины дня. Согласно расчетам, максимальные уровни верхней границы конвективных облаков должны были превышать 9 км, что характерно не только для грозовых, но и градоопасных облаков. Для этих же облаков показатель скорости конвективных восходящих потоков порядка 30 м/сек и более.

В образовании смерча 15 августа в районе Панкрушихи принимал участие теплый континентальный воздух умеренных широт, близкий по своим свойствам (температуре, влажности и т. д.) для условий Западной Сибири к тропическому.

При соблюдении условий термодинамической неустойчивости, очевидно, запаса энергии неустойчивости хватило и для процесса образования смерча. Следует отметить, что смерч возник вблизи точки окклюзии, т. е. в очаге концентрации максимума термодинамической энергии неустойчивости.

Из анализа фотографий облачности, полученных с искусственных спутников Земли, было видно, что 15 августа образовался мощный облачный вихрь юго-восточнее Омска, состоявший из кучево-дождевых облаков с выбросами перистых. Прослеживались полосы облачности, соответствующие фронтальным разделам в области циклона. Облачная система холодного фронта слагалась из мощной многослойной облачности главном

го фронта и облачной системы струйного течения. Мощная кучевая и кучево-дождевая облачность располагалась в зоне фронта окклюзии. Теплому фронту соответствовали отдельные массивы кучевых облаков.

Указанная структура облачности в сочетании с большой световой яркостью свидетельствует о возможности возникновения в данном районе опасных конвективных явлений погоды: гроз, ливней, града и т. д.

Р. Я. Ягудин
Новосибирск

Так ли хороши точные часы?

В конце номера:

Способы измерения физических величин нередко лежат в основе многих наших бытовых представлений. В первой конструкции термометра Реомюра, например, столбик жидкости при нагревании понижался. И если бы эта конструкция не была отброшена еще самим Реомюром, а сохранилась надолго, то, услышав утром по радио, что температура на улице резко повысилась, мы надевали бы шубы.

Когда мы говорим «время течет» — это связано с длительным (тысячелетним) употреблением водяных часов. Если бы укоренилось измерение времени по скорости сгорания свечи (а такой метод тоже применялся), весьма вероятно, что появилось бы словоупотребление «время горит». Наше современное представление о «ходе времени» связано с маятниковыми и пружинно-маятниковыми часами, которые «идут» равномерно.

Сейчас мы восхищаемся часами, построенными на новейших физических принципах. Эти часы так равномерны, что за тысячу лет продолжительность часа, отмечаемого этим прибором, не изменится и на тысячную долю секунды. Мы вообще ценим часы прежде всего за их точность, т. е. за то, что продолжительность любого отрезка времени, измеренного при помощи часов сегодня, будет равна продолжительности такого же отрезка времени зав-

тра, независимо от того, находятся часы в покое или движутся, день или ночь на дворе, холодная или жаркая стоит погода. Это внушает нам представление об абсолютном характере времени.

Правда, в связи с увеличением расстояний и скорости передвижений, вошедших в быт, мы привыкли к тому, что в разных местах Земли (и даже одной страны) время разное. Можно вылететь после обеда из Владивостока и прилететь в тот же день к завтраку в Москву, «обгоняя время» и даже «двигаясь во времени в обратную сторону». Причину этого мы прекрасно знаем уже с дошкольного возраста: Земля круглая и вертится вокруг своей оси. И пересчет к одному «абсолютному» времени очень прост — достаточно прибавить или отнять определенное количество часов. Восприятие подобных представлений всего несколько столетий тому назад (когда они были непривычны) требовало большого умственного усилия.

Такое же положение сейчас с теорией относительности Эйнштейна. Преобразование времени в ней несколько сложнее (кроме вычитания в него входят деление, возведение в квадрат и извлечение корня квадратного). Но самое главное, перемещение со скоростью, близкой к скорости света, еще так же неосуществимо сейчас, как полвека тому назад был неосуществим перелет через Атлантический океан или движение, «обгоняющее время», о котором мы уже говорили. Вот если бы скорость света (предельная теоретически возможная скорость) была не триста тысяч километров в секунду, а, например, 30 км/час, тогда бы мы в повседневном быту непрерывно сталкивались с эффектами теории относительности. Для человека, движущегося в автомобиле с «субсветовой» скоростью 25 км/час (чтобы достигнуть такой скорости, ему надо было бы затратить много горючего), любой путь оказался бы много короче, чем для пешехода. Сам автомобиль и люди, в нем сидящие, с тротуара казались бы сплюснутыми вдоль направления движения, и окраска движущегося автомобиля была бы иная, чем у не-

подвижного. При приближении лица автомобилистов казались бы фиолетовыми (или при очень большой скорости даже черными), а при удалении багрово-красными. И это не удивляло бы прохожих, наоборот, они были бы поражены, если бы цвета быстро движущихся предметов не менялись. А путешественникам, вернувшимся после длительной поездки по железной дороге, казалось бы естественным, что оставшиеся на месте родные постарели больше, чем они.

Нам трудно понять трактовку времени в теории относительности, потому что повседневные наши скорости очень малы по сравнению со скоростью света. Как ни странно, но древним египтянам, наверное, было бы легче воспринять парадоксы теории относительности, хотя скорость и в 25 км/час показалась бы им очень большой. Для жителей Древнего Египта зависимость времени от внешних условий была непреложным фактом, представление о его относительности внедрялось в сознание с раннего детства.

А все дело в том, что в Древнем

Египте время в течение дня измерялось по движению тени от вертикально поставленного столба. Циферблаты таких примитивных солнечных часов были разделены на равные секторы. Благодаря этому длительность «часа» на протяжении дня и в зависимости от времени года непрерывно менялась. Над этим никто не задумывался до тех пор, пока не были созданы водяные часы, время которых «истекало» с постоянной скоростью.

Что же сделали египтяне? Отказались от ошибочного представления об «относительности» времени и разрушили никуда не годные солнечные часы? Как бы не так! Они с изумительным мастерством и изобретательностью начали портить водяные часы, заставляя их показывать время, совпадающее с показаниями солнечных часов. Историк науки Рудольф Гил замечает по этому поводу, что египтяне стремились «заставить время течь именно так, как им казалось единственно правильным», — в соответствии с непостоянством их солнечных часов».

Итак, приходится признать, что, выиграв в точности часов, мы проиграли в легкости восприятия некоторых физических представлений.

С. В. Владимиров
М. А. Корец
Москва

Если попытаться графически изобразить эволюцию представлений о ходе («горении», «течении») времени за века, прошедшие от времен Древнего Египта до эпохи покорения космоса, то рисунок мог бы, пожалуй, выглядеть и так.

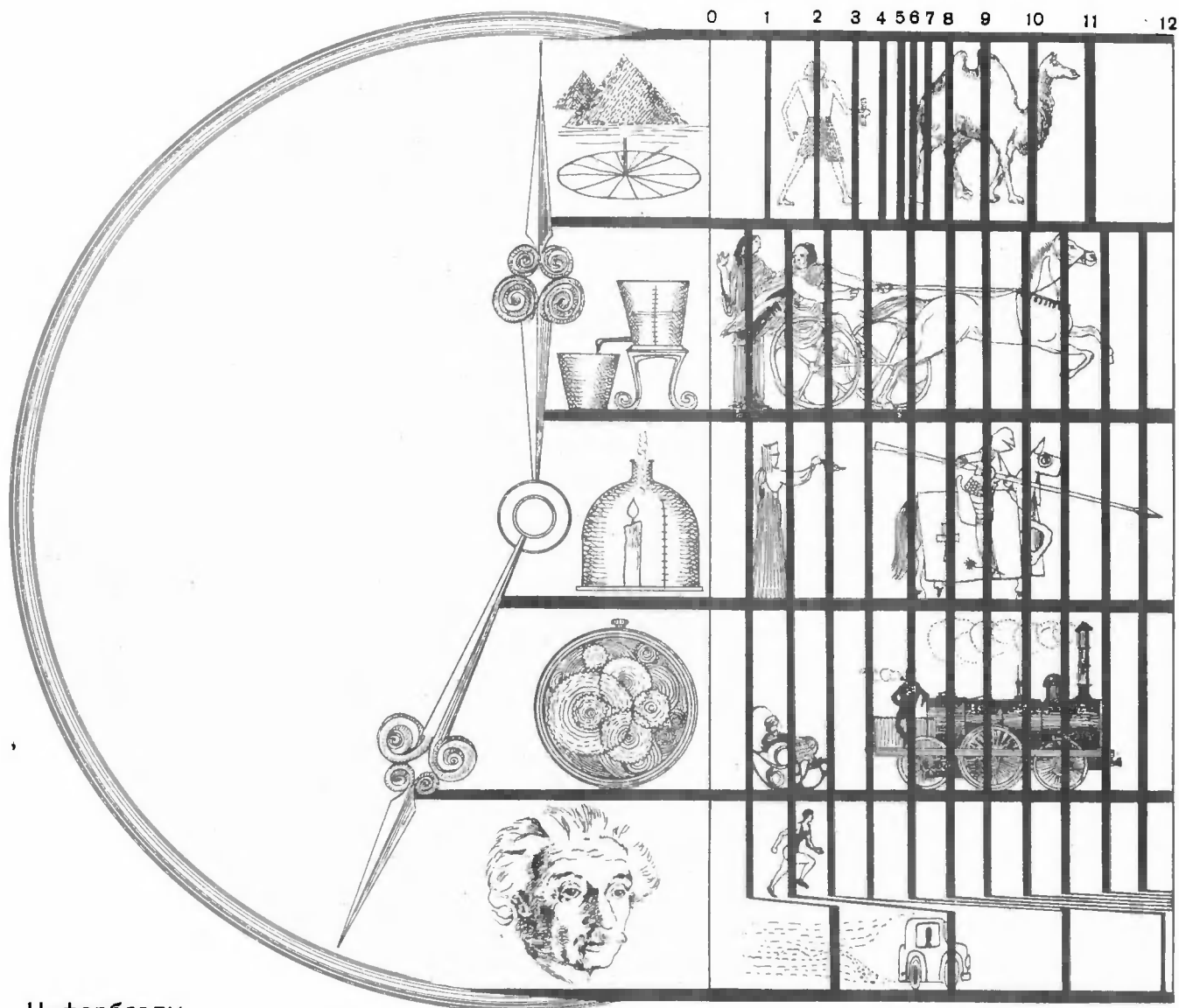
Для того чтобы не нужно было подводить часы, а часы в далеких путешествиях не подводили вас, мы предлагаем набор сменных циферблатов.
Рисунок И. П. Леонова

Время подписки наступило

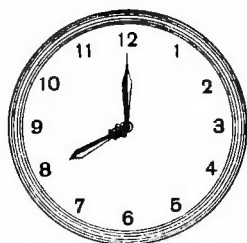
Если Вы хотите
получать широкую
и достоверную
информацию
о современных
проблемах
естественных
наук —
подписывайтесь
на журнал
«Природа»

Подписка принимается без ограничения в пунктах приема подписки «Союзпечать», отделениях связи, городских и районных узлах связи, почтамтах, общественными распространителями печати. О всех случаях отказа в приеме подписки надо сообщать в Центральную контору «Академкнига» по адресу: Москва, Центр, Б. Черкасский пер., 2/10.

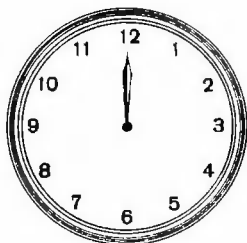
Подписная цена за год (12 номеров) — 6 р.
Общий объем материалов, помещаемых в журнале, значительно увеличен по сравнению с предыдущими годами.



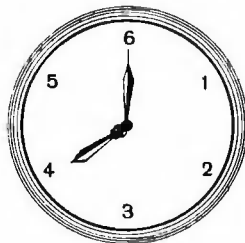
Циферблаты часов...



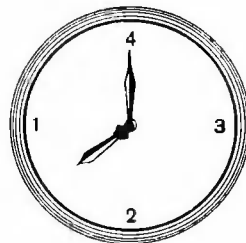
для тех, кто
всегда сидит до-
ма



для тех, кто ра-
ботает на гео-
графических по-
люсах Земли
(нужна лишь ми-
нутная стрелка)



для диспетчера
космодрома,
чтобы он мог
знать, который
час в косми-
ческой ракете,
движущейся с
онолосветовой
скоростью



для пассажира
сверхскоростно-
го самолета, ле-
тящего рейсом
„Владивосток —
Москва“



для того же пас-
сажира, летяще-
го обратно, рей-
сом „Москва —
Владивосток“

Цена 50 коп.

Индекс 70707

Издательство



„Наука“