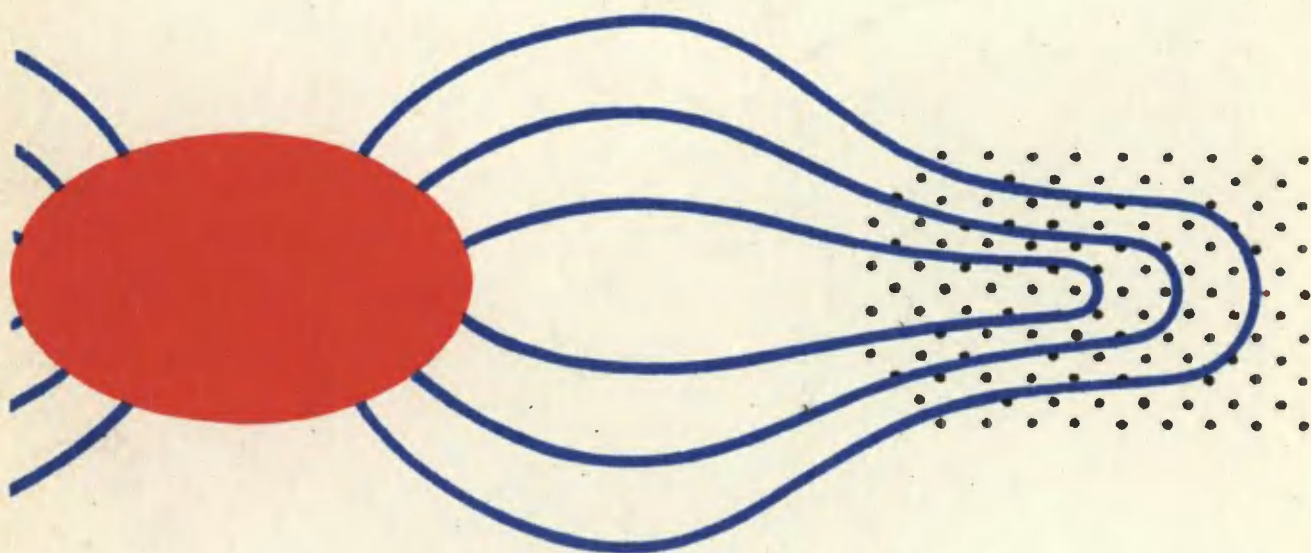


ПРИРОДА

6.69

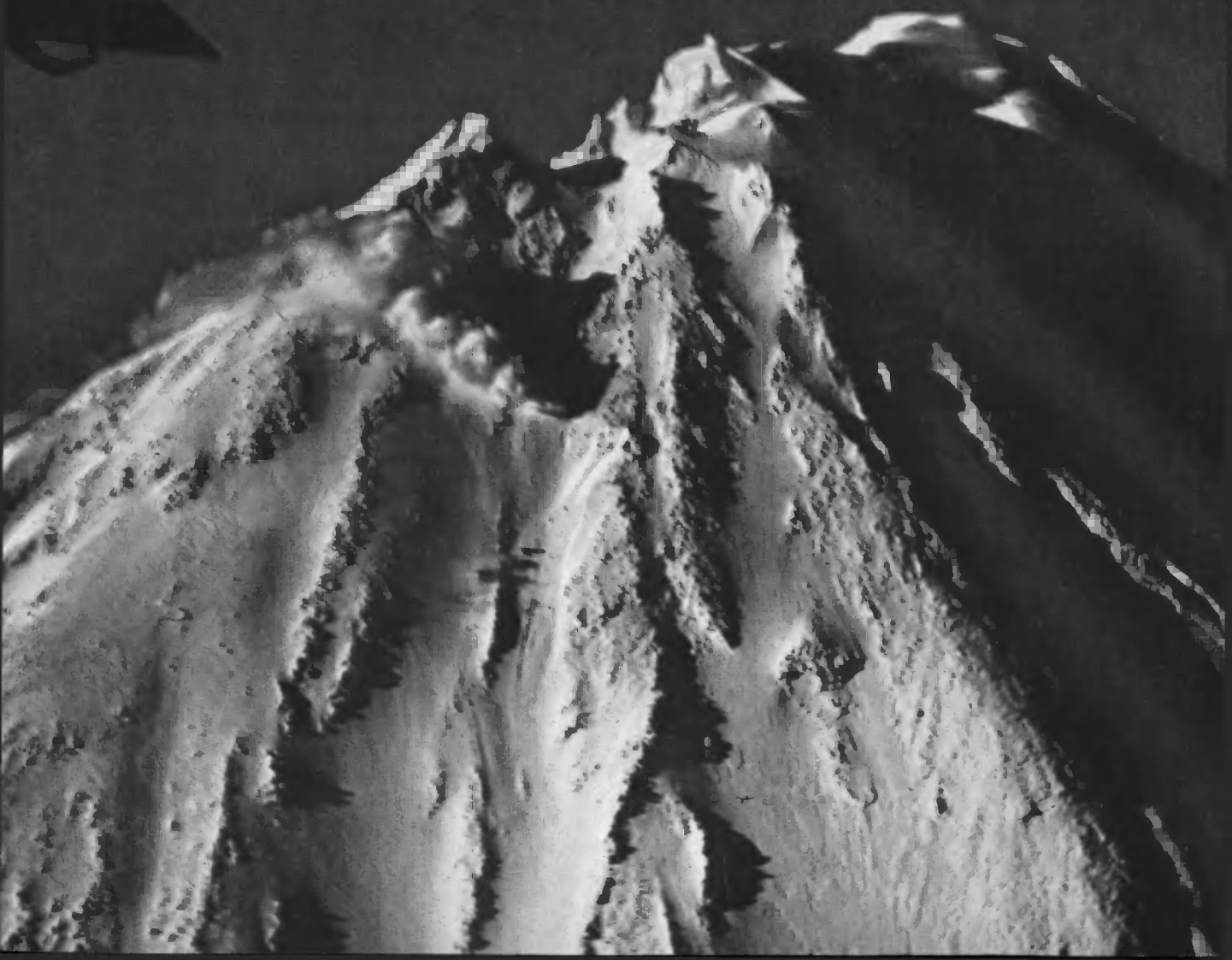


Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

ПРИРОДА

Основан в 1912 году

Издательство «Наука»
Москва



Главный редактор
Академик
Н. Г. БАСОВ

Зам. главного редактора
Академик
Б. Л. АСТАУРОВ

Доктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВ

Академик
А. И. БЕРГ

Академик
А. П. ВИНОГРАДОВ

Член-корреспондент АН СССР
Б. Н. ДЕЛОНЕ

Академик
Л. А. ЗЕНКЕВИЧ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик
И. К. КИКОИН

Член-корреспондент АН СССР
В. Л. КРЕТОВИЧ

Доктор физико-математических наук
Б. В. КУКАРИН

Доктор философских наук
Г. А. КУРСАНОВ

Доктор географических наук
К. К. МАРКОВ

Доктор философских наук
Н. Ф. ОВЧИННИКОВ

Академик
В. В. ПАРИН

Ответственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИН

Зам. главного редактора
доктор геолого-минералогических наук
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Зам. главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Доктор биологических наук
К. К. ФЛЕРОВ

Доктор биологических наук
А. Н. ФОРМОЗОВ

Академик
Г. М. ФРАНК

Зам. главного редактора
доктор физико-математических наук
Д. А. ФРАНК-КАМЕНЕЦКИЙ

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

Художественный редактор Д. Д. Петров
Технический редактор Д. И. Скляр
Корректоры Р. Н. Сидорина,
И. К. Шатуновская
Адрес редакции: Москва, Ж-127, ул. Осипен-
ко, 52, тел. 231-76-80
Подписано к печати 20/V 1969 г.
Формат бумаги 84X108/16. Печ. л. 8
Уч.-изд. лист. 16,8. (учл. печ. л. 13,44)
Бум. л. 4. Тираж 41 000 экз. Зак. 2053. Т-07048
2-я типография издательства «Наука»
Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

Барельеф В. И. Ленина — на
«утренней звезде».
Колыбель советской физики.
В. М. Тучкевич
Взаимодействие в биологиче-
ских системах. Ю. М. Васильев,
И. М. Гельфанд, Ш. А. Губер-
ман, М. Л. Шик
Четыре нерешенных проблемы
планетной космогонии. Б. Ю.
Левин
Вулканизм и радиоактивные
изотопы. В. В. Чердынцев
Мысли о науке. А. Тодд, З. Вакс-
ман, А. Корнберг
Кора выветривания Земли. В. В.
Добровольский
Разум дельфина. Дж. Лилли

Научные сообщения

Новый гайот на дне Тихого оке-
ана. Н. Л. Зенкевич
Диаметр и плотность Нептуна.
Б. Ю. Левин
К истории Мертвого моря. К. К.
Марков
Летучие рыбы и паразитические
копеподы. Ю. В. Курочкин, А. М.
Парухин
Страна тарынов. Г. Е. Чистяков
Фитоэстрогены. А. А. Шамшу-
рин

Гипотезы

Одна из причин асимметрии
рельефа Луны. С. М. Григорьев

Съезды, конференции

2 Физика Луны и планет.
3 В. А. Бронштэн 95
На Канарских островах.
М. А. Фаворская 101

Заметки, наблюдения

13 Где упал метеорит Бородино?
22 А. К. Станюкович 108
Поймка детенышей калана.
35 Б. В. Хромовских 109
Грачи спасают свеклу. Е. И. Ко-
пытков 110
46 Тушканчик-долгожитель. Г. В.
52 Ни 110
60

Новости науки

Редакционная почта 121

Книги

70 Философский анализ понятия
информации. В. М. Адров 123
77 По поленовским местам.
79 А. И. Филатов 123

Календарь природы

84 Особенности половодий на Ниж-
ней Оби. И. Ю. Долгушин 125
85 Птицы и солнечное затмение.
88 Б. А. Казаков 127

В конце номера

Как сделать научное открытие?
С. Ф. Карпенко 128

На первой странице обложки схема магнит-
ного сцепления между протосолнцем и вну-
тренним краем протопланетного облака по
гипотезе Ф. Хойля.
К статье Б. Ю. Левина «Четыре нерешенных
проблемы планетной космогонии».
Рис. художника Д. Д. Петрова
На второй странице обложки: фумаролы на
конусе вулкана. См. статью В. В. Чердынцева
«Вулканизм и радиоактивные изотопы»
Фото Л. Сулержицкого

Барельеф Ленина — на «утренней звезде»

Автоматические станции «Венера-5» и «Венера-6»
плавно опустились
в атмосферу Венеры



Вымпелы с барельефом Владимира Ильича Ленина и Государственным гербом Союза Советских Социалистических Республик, доставленные на Венеру межпланетными станциями «Венера-5» и «Венера-6».



16 мая 1969 года межпланетная станция «Венера-5», преодолев за 130 дней полета расстояние около 350 миллионов километров, успешно завершила межпланетный космический рейс и совершила плавный спуск в атмосфере планеты Венера.

17 мая 1969 года автоматическая межпланетная станция «Венера-6» через сутки после спуска станции «Венера-5» также завершила многомесячный полет по трассе Земля — Венера. Станция вошла в атмосферу планеты примерно в 300 километрах от места входа станции «Венера-5». «Венера-5» и «Венера-6» доставили на планету вымпелы с барельефом Владимира Ильича Ленина и изображением Государственного герба Советского Союза.

В Советском Союзе последовательно и успешно проводится в жизнь программа изучения планеты Венера автоматическими космическими аппаратами. Автоматические станции «Ве-

нера-5» и «Венера-6» продолжили изучение этой планеты, проведенное «Венерой-4», обогатив науку важными научными данными, и расширили наши познания о Венере, внесли новый замечательный вклад в науку о Вселенной. Во время полета, который продолжался более четырех месяцев, автоматические станции «Венера-5» и «Венера-6» провели важные исследования физических процессов, протекающих в межпланетном пространстве. Это достигнуто благодаря постоянной и успешной связи со станциями. С «Венерой-5» было проведено 73, а со станцией «Венера-6» 63 сеанса радиосвязи.

Надежная работа всех бортовых систем станций обеспечила выполнение заданной программы их полета к Венере и плавного снижения аппаратов в атмосфере планеты.

Спускаемые аппараты обеих станций совершили спуск в атмосфере планеты, как и было предусмотрено, на ее

ночной стороне. Научная аппаратура, находящаяся на борту аппаратов, в процессе спуска измеряла химический состав, давление, плотность и температуру атмосферы Венеры. Впервые в мире научные исследования атмосферы Венеры были проведены фактически одновременно в двух ее районах.

Создание и полет автоматических станций «Венера-5» и «Венера-6» ярко демонстрируют высокое совершенство советской космической науки и техники, талант ученых, конструкторов, мастеров инженеров, техников и рабочих. Новый выдающийся успех советской космонавтики, достигнутый в преддверии 100-летия со дня рождения В. И. Ленина, — замечательное свидетельство научно-технического прогресса Советской страны, творческого энтузиазма ее народа, достойный вклад в освоение космического пространства.

Из сообщений ТАСС

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
В. И. ЛЕНИНА

Колыбель советской физики

Член-корреспондент
АН СССР
В. М. Тучкевич



Владимир Максимович Тучкевич, директор Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе АН СССР. Известен своими работами в области полупроводников и полупроводниковых приборов. Последние десятилетия основные его работы связаны с мощными полупроводниковыми выпрямителями и тиристорами, играющими большую роль в электротехнике. В. М. Тучкевич — лауреат Ленинской и Государственной премий.

Меньше года прошло со дня Великой Октябрьской социалистической революции. Страна боролась с внутренними и внешними врагами. Хозяйство и промышленность были дезорганизованы и разрушены. Однако великий Ленин и его соратники смотрели далеко вперед. Они понимали, что будущий научно-технический прогресс страны без развития науки, без проведения фундаментальных исследований во всех ее областях невозможен, невозможен быстрый подъем производительности труда, невозможна организация надежной обороны завоеваний Октября. И молодое Советское правительство уже в 1918 г. основывает несколько научно-исследовательских институтов, среди которых был и наш Физико-технический институт (ФТИ).

Абраму Федоровичу Иоффе, уже в то время известному ученому, полностью ставшему на сторону Советской власти, была поручена организация института. Основу нового института составили ученики А. Ф. Иоффе, входившие в организованный им при Политехническом институте физический семинар. В дальнейшем кадры института пополнялись в значительной степени воспитанниками организованного также А. Ф. Иоффе нового физико-механического факультета Ленинградского политехнического института.

В задачи нового института входила не только постановка фундаментальных исследований, но и использование результатов этих исследований в промышленности. Соединение этих целей нашло свое отражение и в на-

звании института — «Физико-технический».

Одной из важнейших задач, поставленных перед институтом, было воспитание научных работников — советских физиков, которыми наша страна была так бедна.

С самого начала организации ФТИ мыслился как комплексный институт с несколькими основными направлениями. Вначале это было изучение механических свойств кристаллов и исследование рентгеновских лучей. Затем были развернуты исследования электрических свойств кристаллов. С 30-х гг. развиваются работы в области ядерной физики, физики полупроводников и физики полимеров. В послевоенное время институт расширяется и в нем возникают новые направления — физическая химия, физика плазмы, астрофизика. Появляются биофизика, физика частиц высокой энергии. В тесном контакте со всеми экспериментальными направлениями проводилась работа теоретического отдела. Теоретическая физика всегда занимала большое место в работе всего института.

Я хотел бы остановиться на одном связанном с деятельностью института вопросе, который вызывает и удивление и восхищение одновременно.

Физико-технический институт воспитал на протяжении 50 лет много первоклассных физиков и основал с их помощью ряд новых научно-исследовательских институтов и лабораторий, которые успешно работают и в настоящее время. Достаточно вспомнить Институт химической физики,



Украинский физико-технический институт, Уральский институт физики металлов, Институт полупроводников в Ленинграде и др. (а их более десятка), чтобы понять, какое количество первоклассных кадров было выращено в Физтехе и как много ведущих сотрудников направлено из него в другие институты. Нельзя при этом забывать и лабораторию № 2 (ныне Институт атомной энергии), основные кадры которой при организации и в последующие годы главным образом были почерпнуты из Физтеха.

Каким же образом Физико-технический институт продолжал не только существовать, но и успешно работать, растить новые кадры и давать заметный вклад в науку, народное хозяйство страны и ее оборону? Как мне кажется, основную роль в этом играют три момента: комплексность, замечательные традиции и ориентация на молодежь.

Комплексность — важное условие жизнеспособности и работоспособности института. Уход кадров из одной части института не подрывает его деятельность в целом. Общий дух остается, традиции остаются. Институт вновь впитывает молодежь, воспитывает ее и с новой энергией продолжает двигаться вперед. Существование в институте нескольких направлений исследований, как показывает опыт, способствует плодотворной работе во всех направлениях. Примеров этому множество.

Традиции института стали одним из важнейших элементов его успешной

работы. В чем же их суть? Пожалуй, главное в этих традициях — энтузиазм, увлеченность тем научным вопросом, который разрабатывается каждым членом лаборатории, группы. Это и желание делиться своими знаниями с товарищами, умение не замыкаться в себе, а обсуждать возникающие трудности и полученные достижения со всеми. Это и широкая сеть семинаров: групповых, лабораторных, институтских, на которых ставятся не только узкие, специальные, но и широкие вопросы, захватывающие смежные области науки.

Это и стремление помочь товарищу в работе независимо от степеней, званий и рангов, отсутствия пренебрежения к любой работе, которую необходимо выполнить для скорейшего достижения результатов. Это и поощрение живости мысли, инициативы. Очень большое значение имеет та свобода, которую предоставляли и предоставляют старшие товарищи всем способным научным сотрудникам в выборе тематики. Подавление чьим-либо авторитетом инициативы, мысли всегда было вне закона в ФТИ.

Эти традиции сохранились и до настоящего времени. Их воспринимают все вновь приходящие в институт, и горе тому, кто захотел бы их нарушить или не смог воспринять. Коллектив освобождается от таких людей как от инородного тела. Благодаря этим традициям Физтех всегда был и остается притягательным центром для людей, истинно стремящихся к науке, для тех, кто готов поступиться личным благом во имя подлинной научной работы.

Фасад главного здания ордена Ленина Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе АН СССР

Наконец, ориентация на молодежь. Молодежи всегда было много в Физтехе. Недаром в 20-е гг. институт в шутку называли «детским садом». Интересно отметить, что в настоящее время институт «переваривает» несколько сотен молодых людей ежегодно. Это и аспиранты, и стажеры-исследователи, и дипломанты, и практиканты, и просто прикомандированные из других институтов и лабораторий. Приобщаясь к научной работе в Физтехе, усваивая его традиции, вливаясь в его состав, молодежь всегда была неотъемлемой и активной частью научного коллектива института. Среди этой молодежи находились достаточно способные, которые замещали уходящих.

Задачей Физико-технического института, как уже говорилось ранее, являлось не только проведение фундаментальных физических исследований, но и использование результатов этих исследований в народном хозяйстве страны и ее обороне. Всем известны работы по созданию импульсных радиолокационных установок (Д. А. Рожанский, Ю. Б. Кобзарев), по защите кораблей от магнитных мин (А. П. Александров), по разделению изотопов легких элементов (Б. П. Константинов), исследования лабораторий полупроводников по созданию мощных неуправляемых и управляемых вентилях (В. М. Тучкевич)¹, по разработке по-

¹ Эти работы были отмечены Государственными премиями.



1928 г.
В лаборатории И. В. Обреимова — одного из основателей Харьковского физико-технического института. Сидят слева направо: П. Г. Стрелков, И. В. Обреимов, А. Ф. Призотко. Стоят слева направо: Л. В. Шубников, Н. А. Бриллиантов, П. И. Стрельников, В. С. Горский

лупроводниковых счетчиков ядерных частиц, фотоэлементов; работы по броне и некоторые другие. Они принесли не только большой экономический эффект, выражающийся в миллиардах рублей, не только повышение нашей технической и оборонной мощи, но и спасение многих жизней во время Великой Отечественной войны.

Такой большой практический результат оказался возможным потому, что в Физтехе основной упор всегда делался на принципиальные исследования. Технические усовершенствования появлялись как их следствие. Глубокое понимание физики явления, широкая постановка фундаментальных исследований были залогом практических успехов института.

Мне кажутся интересными те пути, которыми шел институт в использовании своих исследований для практических целей. Как удачно заметил П. Л. Капица, слово «внедрение» подразумевает насильственную, под давлением постановку работ в промышленности. Институт, с легкой руки

Б. П. Константинова, не занимался «внедрением», а совместно с работниками промышленности уже на сравнительно ранних стадиях разработок проводил исследования сначала в лабораториях завода, а затем и в цехах. Благодаря этому институт получал широкое поле для экспериментов и переносил центр тяжести технических и конструкторских решений на заводы. Такая постановка дела резко сокращала сроки получения практических результатов, так как разработки велись с учетом оборудования и возможностей заводов, работники которых обучались необходимым приемам еще в процессе исследований, и, помимо этого, они были заинтересованными участниками и соавторами. Особенно яркими и успешными примерами такой постановки задач «внедрения» были работы лаборатории Б. П. Константинова по разделению изотопов легких элементов и лаборатории по мощным неуправляемым и управляемым вентилям.

При таком подходе к проблеме внедрения отпадает необходимость в раз-

витии при институте крупных опытных мастерских и опытных заводов; мастерские института не загружаются большим числом чисто технических заказов, и, как я уже сказал, сроки от принципиального решения задачи до промышленного производства резко сокращаются (иногда до одного года).

Интересно отметить, что прямая связь института с заводом привела к исключению промежуточного звена, которым обычно служит отраслевой институт. По этому пути «ненасильственного внедрения» институт идет и сейчас.

Хочу очень кратко остановиться на некоторых работах института, которые еще ведутся или закончены в самое последнее время. Исследование механических свойств твердых тел является традиционным направлением, существующим с самого основания института. С. Н. Журков с сотрудниками развил новые представления о прочности твердых тел, разработав кинетическую теорию прочности. На огромном материале,



1929 г.
И. В. Курчатов в период работы
над сегнетоэлектриками

1929 г.
Теоретический семинар Я. И. Френкеля. Слева направо: Л. Э. Гуревич, Л. Д. Ландау, Л. В. Розенк-
вич, А. Н. Арсеньева, Я. И. Френ-
кель, М. В. Мачинский, Д. Д. Ива-
ненко, Г. А. Мандель





2 октября 1940 г. А. Ф. Иоффе с молодыми сотрудниками. Слева направо: Ю. А. Дунаев, Э. Я. Зандберг, А. Ф. Иоффе, Н. И. Шишкин и А. Р. Регель

включающем в себя металлы, ионные кристаллы, полимеры и некоторые другие, было показано, что разрушение тела под действием приложенной нагрузки происходит не вследствие разрыва межмолекулярных связей непосредственно нагрузкой, а в результате разрыва этих связей тепловыми флуктуациями¹. Число разорванных связей постоянно растет, и при достаточном времени приложения нагрузки тело разрушается. Нагрузка при этом только понижает потенциальный барьер разрыва межмолекулярных связей. Привлечение современной экспериментальной техники — рентгеновской дифракции, масс-спектрометрического анализа, электронного парамагнитного резонанса, инфракрасной спектроскопии и др. методов исследования — позволило доказать, что эта концепция соответствует реальной картине разрушения твердых тел.

А. В. Степанов с сотрудниками ис-

следует пластичность и прочность твердых тел при гелиевых температурах. Эти исследования интересны с теоретической точки зрения, так как получаемые результаты не замаскированы тепловым движением.

Также традиционно для нашего института изучение полупроводников. Шесть лабораторий ведут работу в этом направлении. Большие достижения получены в результате исследований и разработок сильноточных полупроводниковых вентилях и тиристоров для электротехнической промышленности¹.

В последний год особенно интересные результаты получены при исследовании оптической нелинейности вещества. Один из наиболее характерных нелинейных эффектов — рассеяние света на свете. Эксперимент, поставленный для обнаружения это-

го явления, состоял в наблюдении фотонов, рассеянных в результате встречи двух пучков света от неодимового лазера внутри полупроводникового кристалла. Столкновение фотонов внутри полупроводника должно приводить к виртуальному рождению пары электрон — дырка и последующей их рекомбинации с излучением двух новых фотонов с несколько измененной длиной волны, зависящей от угла рассеяния. Так как энергия рождения пары электрон — дырка в полупроводнике порядка одного электронвольта, сечение процесса столкновения фотонов, например в кристалле CdS , на 38 порядков больше, чем в вакууме (в вакууме сечение рассеяния порядка 10^{-66}). Это дало возможность экспериментально наблюдать принципиально интересный эффект рассеяния фотонов видимого света на фотонах.

Продолжаются интенсивные исследования квазичастиц — экситонов (особого возбужденного состояния электронов в полупроводниковых кристаллах). Экситоны предсказаны и

¹ В 1966 г. за эту работу сотрудникам института (В. М. Тучковичу, И. В. Грекову, В. Е. Челнокову и В. Б. Шуман) была присуждена Ленинская премия.

¹ «Природа», 1965, № 8, стр. 36.



Вице-президенты Академии наук СССР Б. П. Константинов и Н. Н. Семенов — питомцы Физико-технического института

теоретически обоснованы Я. И. Френкелем еще в 1931 году¹.

Очень любопытна работа по изучению поведения электронно-дырочных пар, создаваемых светом в германии при гелиевых температурах. До концентраций порядка 10^{15} см⁻³ все пары связываются в экситонные состояния и не участвуют в проводимости. При больших концентрациях происходит как бы образование экситонной зоны проводимости, обуславливающей проводимость металлического характера.

Наконец, интересный новый тип неустойчивости тока обнаружен в германии при низких температурах, когда электрическое поле приложено в направлении кристаллографической

оси {111}. Вследствие многодолинности зоны проводимости германия разогрев электронов в трех долинах с малой эффективной массой будет выше, чем в долине, направленной вдоль оси {111}, где эффективная масса больше. Горячие электроны из долин с малой эффективной массой переходят в долину с большой массой, где они обладают меньшей подвижностью. При определенных условиях такая перекачка приводит к появлению падающей зависимости дрейфовой скорости от электрического поля и к возникновению движения доменов. При напряжении поля в 2—3 вольт на сантиметр возникают колебания тока, частота которых определяется временем дрейфа носителей тока между электродами образца.

Большие работы проводятся по исследованию новых полупроводниковых материалов и новых типов полупроводниковых приборов. Разработан метод получения резких и плавных гетеропереходов в полупроводниковых монокристаллах переменного состава соединений типа A^3B^5 и изучение их свойств привело к построению новых типов приборов. Многослойные структуры с гетеропереходами дают возможность получать стимулированное когерентное излучение в видимой области излучения, а диоды и транзисторы на их основе обладают быстродействием, измеряемым наносекундами, и выдерживают напряжение до 1000 в.

Ведутся работы по созданию высоковольтных управляемых переключающих кремниевых приборов на большие токи и на их основе разрабатываются совместно с Институтом постоянного тока и заводом «Электровыпрямитель» преобразователи для высоких напряжений.

Широким фронтом идет изучение рекомбинационного излучения в полупроводниковых двойных и тройных соединениях. Разработаны новые типы полупроводниковых источников некогерентного и когерентного света¹.

¹ За работы по получению полупроводниковых лазеров на основе арсенида галлия группе сотрудников института Д. Н. Наследову, А. А. Рогачеву, С. М. Рыжину и Б. В. Царенкову в 1964 г. была присуждена Ленинская премия.

Исследования неупорядоченных (аморфных) полупроводниковых систем позволяют глубже понять связь между структурой полупроводника и его электрическими, оптическими и другими свойствами.

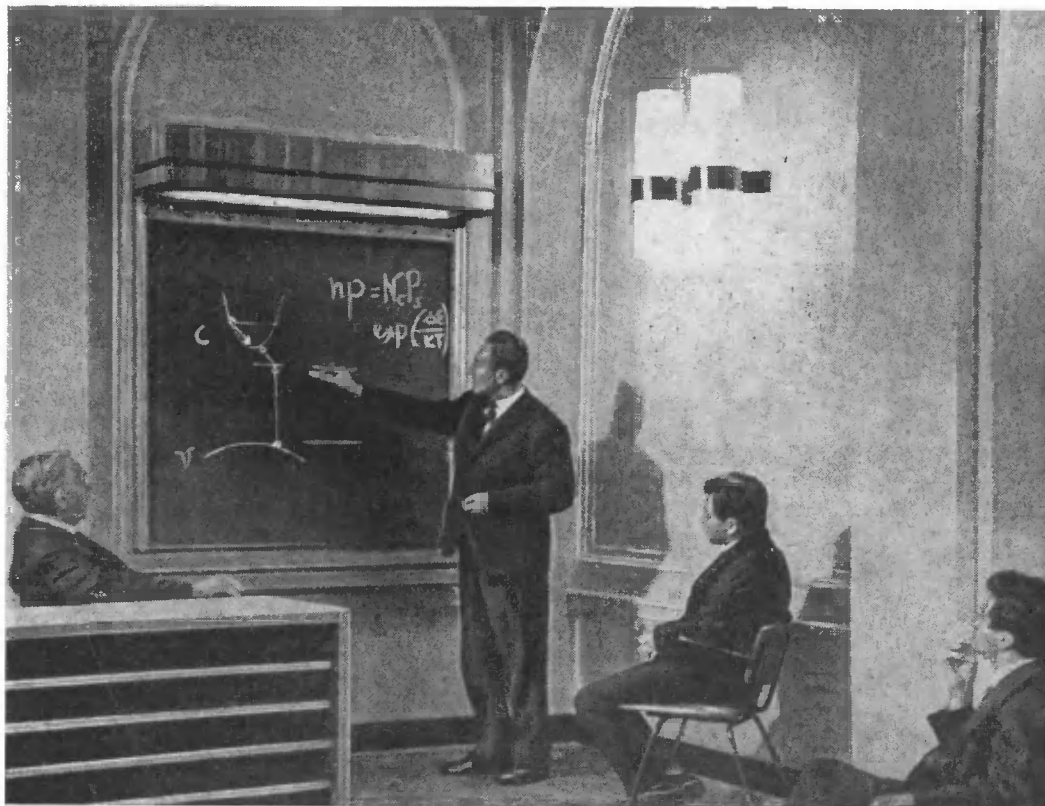
Ядерная физика в институте зародилась в начале 30-х г. Сейчас работы в этом направлении занимают большое место. Исследования ведутся и в ленинградской части института — на нашем маленьком по теперешним масштабам, но заслуженном циклотроне и в филиале — в Гатчине, где мы располагаем исследовательским реактором ВВР-М и новым ускорителем протонов (в последующем — дейтронов и альфа-частиц) — синхротронном. На циклотроне уже проделана и продолжает вестись большая работа по изучению уровней ядер многих элементов методом возбуждения ядер кулоновским электрическим полем ускоренных тяжелых ионов. Этим методом определено время жизни первых уровней более 50 четно-четных ядер и вторых уровней более чем 20 четно-четных ядер. Важные данные об уровнях ядер получены также для 50 нечетных ядер. Найдено большое число неизвестных ранее уровней.

В последнее время разработан новый метод — исследование совпадений гамма-квантов с рассеянными под малым углом ионами, имеющими энергию выше энергии потенциального барьера ядра. Этот метод позволил получить новые данные о высоко расположенных уровнях в легких и средних ядрах. Благодаря этим работам ядерная физика обогатилась значительным числом данных, представляющих значительный интерес для установления правильной модели ядер¹.

Принципиальное значение имеют работы по установлению несохранения пространственной четности в ядерных взаимодействиях. Слабое нуклон-нуклонное взаимодействие должно приводить по теории к появлению

¹ Работа по кулоновскому возбуждению была высоко оценена: коллективу, выполнявшему эти исследования (во главе с Д. Г. Алхазовым и И. Х. Лембергом), в 1968 г. присуждена Государственная премия.

¹ Работы по открытию и исследованию экситонов Е. Ф. Гросса, Б. П. Захарчени и А. А. Каплянского в 1966 г. были отмечены Ленинской премией.



1964 г.
Лауреаты Ленинской премии — исследователи и создатели полупроводниковых квантовых генераторов. Слева направо: Д. Н. Наследов, С. М. Рыбкин, А. А. Рогачев, Б. В. Царенков

эффектов, не сохраняющих пространственную четность в ядерных взаимодействиях. Одним из таких эффектов является круговая поляризация гамма-квантов. Изучение этого тонкого эффекта ведется при помощи очень чувствительной новой методики.

Круговая поляризация гамма-квантов была обнаружена и измерена в распаде ядер лютетия-175 и тантала-181, а совсем недавно — при гамма-распаде радиоактивного аргона.

Пучки нейтронов нашего реактора широко используются для исследования фазовых переходов, структуры и фоновых спектров твердого вещества.

Разработка кристалл-дифракционных спектрометров, чувствительных к ма-

лым смещениям спектральных линий, привела к открытию эффекта химического и изотопического сдвигов внутренних уровней сравнительно тяжелых атомов. Эффект химического сдвига с успехом использован для изучения химической связи многих элементов периодической системы. Интересно отметить, что разработанный метод даст возможность изучать химические связи у элементов, недоступных для изучения методом Мёсбауэра.

Важный этап в жизни института связан с пуском синхротронного ускорителя. На этом ускорителе получен пучок протонов с энергией 1 ГэВ и интенсивностью внутри камеры 0,5 мкА. Это уже превышает проектные данные. Следует отметить, что интенсивность пучка в будущем сможет быть увеличена, но уже сейчас новый синхротрон дает возможность проводить исследования с пучками протонов, мю- и пи-мезонов. Аппаратура, необходимая для физических исследований, в значительной мере уже подготовлена.

К старым традиционным направлениям относятся исследования в области физической электроники. Особо интересные результаты получены при изучении процессов столкновения атомных частиц. В последние годы созданы оригинальные установки, которые позволяют регистрировать методом совпадения после столкновения обе взаимодействующие частицы. Одновременно анализируется их зарядовое состояние. Измерены эффективные сечения многих неупругих процессов для ряда сталкивающихся атомных частиц. В исследовании столкновений, при которых ядра частиц сильно сближаются, а электронные оболочки перекрываются, обнаружен дискретный характер потерь энергии, который требует для своего объяснения качественно новых представлений о механизме атомных столкновений со скоростями, близкими к скоростям внешних электронов атомов.

Большие фундаментальные исследования проводятся по изучению процессов образования и распада отри-

1966 г.

Группа лауреатов Ленинской премии, осуществившая под руководством В. М. Тучкевича исследования сложных структур с $p-n$ переходами и внедрение в серийное производство силовых кремниевых вентилялей, за проведением очередного эксперимента. Слева направо: В. Б. Шуман, И. В. Грехов и В. Е. Челноков



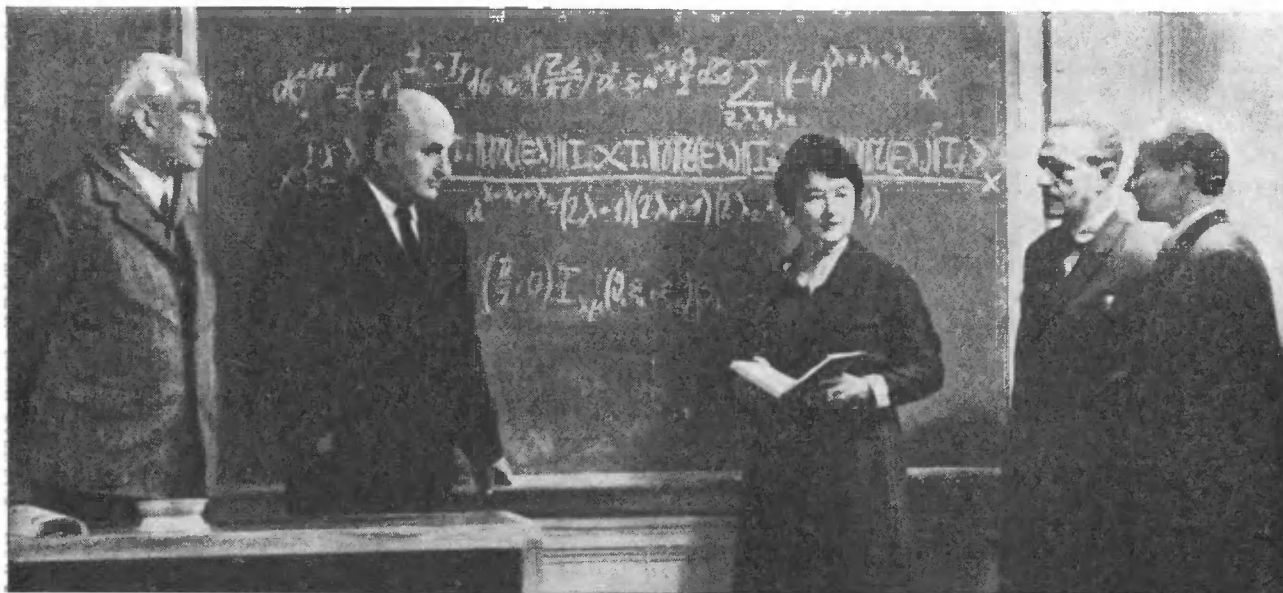
1966 г.

Лауреаты Ленинской премии за исследования экситонов в кристаллах. Слева направо: А. А. Каплянский, В. П. Затарченя, Е. Ф. Гросс



Список институтов, в образовании которых принимал участие ордена Ленина Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе Академии наук СССР

Наименование института и его месторасположение	Год образования или перехода лабораторий из ФТИ
Радиовый институт (Ленинград)	1922
Украинский физико-технический институт (Харьков)	1928
Сибирский физико-технический институт (Томск)	1928
Ленинградский областной теплотехнический институт (Ленинград)	1930
Электромеханический институт (Ленинград)	1930
Институт химической физики (Москва)	1931
Электрофизический институт (Ленинград)	1931
Днепропетровский физико-технический институт (Днепропетровск)	1930
Уральский физико-технический институт (Свердловск)	1932
Институт музыкальной промышленности (Ленинград)	1932
Институт телемеханики (Ленинград)	1932
Гелиотехнический институт (Самарканд)	1932
Физико-агрономический институт (Ленинград)	1932
Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова (Москва)	1943
Институт полупроводников (Ленинград)	1952
Институт высокомолекулярных соединений (Ленинград)	1952



Лауреаты Государственной премии 1968 г. за цикл работ по исследованию кулоновского возбуждения ядер, сотрудники ФТИ. Слева направо: Д. Г. Аллазов, И. Х. Лемберг, К. И. Ерохина, Д. С. Андреев, А. П. Гринберг

*1968 г.
Ученые лаборатории физики прочности за обсуждением хода исследований. Слева направо: В. И. Бетехтин, А. И. Слуцкер, Э. Е. Томашевский, Б. Я. Левин, В. Р. Регель, С. Н. Журков (руководитель лаборатории)*



цательных ионов, процессов ионизации атомов, молекул и радикалов на поверхности металлов и полупроводников.

Замечательные результаты получены по разработке новых типов масс-спектрометров. Предложенный и разработанный времяпролетный масс-спектрометр обладает чувствительностью к парциальным давлениям газов до 10^{-11} тора. Разработаны высокочувствительные магнитные масс-спектрометры с разрешающей способностью до 100 000. Построен двухлучевой магнитный резонансный масс-спектрометр для определения отношения изотопов гелия при их содержании, отличающемся до 10^9 раз.

Для измерения интенсивностей соседних массовых линий, отличающихся в $10^7 \div 10^8$ раз, создан двухступенчатый масс-спектрометр. Эти приборы позволяют решать многие важные и принципиальные задачи, такие как определение гелиевого излучения Солнца, определение источников образования вулканической лавы, нахождение радиогенного гелия, что очень важно в геохимии, и др.

В послевоенное время в институте возник ряд новых научных направлений. Исторически первым из них было электрохимическое, основанное в 1945 г. Б. П. Константиновым.

Фундаментальные исследования в области теории изотопных эффектов привели к разработке нового метода разделения изотопов легких элементов, который нашел практическое применение. На основе этого метода организовано крупное производство, имеющее важное государственное значение. Принципиально важные результаты получены при изучении электропереноса растворов электролитов. Оригинальными методами были впервые исследованы истинные числа переноса, подвижность ионов и другие свойства растворов. Широко изучаются обменные реакции между фазами и химическими соединениями.

Эти методы позволили создать новые приборы: мощный электролизер на 100—150 ка для хлорной промышленности, прибор для экспрессного микроанализа по ионным подвижностям, прибор для анализа ртути в атмосфере и др.

Исследования в области физики высокотемпературной плазмы стали следующим новым направлением. Были развиты методы диагностики плазмы, нашедшие широкое применение во многих лабораториях.

Среди них особенно интересными оказались методы исследования нейтральных частиц, испускаемых плазмой,—так называемая пассивная диагностика. Созданные приборы позволяют определять состав частиц и распределение их по энергиям. Изучение корпускулярных потоков из плазмы дает сведения о составе плазмы, динамике ее нагрева и потерях энергии горячей плазмы, связанных с этими потоками.

Помимо пассивной диагностики была развита активная, основанная на зондировании плазмы пучком быстрых нейтральных частиц извне. Таким способом определяются концентрация плазмы и ее изменение во времени.

Разработанные микроволновые локационные методы исследования нашли применение для изучения коллективных движений в плазме и определения пространственного распределения заряженных частиц. Созданы методы с применением многосеточных зондов, а также оптические и спектроскопические. В последнее время применяется нагрев плазмы высокими частотами и при адиабатическом сжатии.

В 1963 г. Б. П. Константинов организовал астрофизический отдел для изучения новых физических проблем в астрофизике. В отделе по широкой программе ведутся исследования по физике космических лучей, лабораторному моделированию кометных явлений, исследованию микрометеоров в окрестностях Земли. На основных метеорных потоках проводились

эксперименты по обнаружению излучения, характерного для аннигиляции антивещества в атмосфере Земли¹. Экспериментально показано, что при вхождении метеора в атмосферу интенсивность жестких гамма-квантов и нейтронов повышается примерно на 2%.

Исследования соударений с микрометеорами, проведенные на спутниках «Космос-135» и «Космос-163», показали, что гипотеза о существовании пылевого облака вокруг Земли неверна.

Проводится изучение пространственного и энергетического распределения гамма-лучей в околоземном космосе и в атмосфере с целью выяснения генезиса вторичных космических лучей и изучения проблемы зарядовой симметрии. Методом фотоэмульсий получены данные по фрагментации многозарядной компоненты первичных космических лучей.

Среди новых, недавно возникших направлений работ следует отметить радиобиологию и радиохимию.

Рассматривая направления исследований в институте, я разделил их на традиционные и новые. Я не упомянул еще о двух направлениях, одно из которых,—а именно математическая физика—относится к новым, так как этот отдел был организован в 1945 г., а второе—теоретическая физика—одновременно является и традиционным и новым направлением. Работы теоретического отдела, как правило, всегда были связаны с теми направлениями, которые разрабатывались экспериментальными лабораториями. Однако ряд из них имел и более общий характер. Многие работы теоретического отдела получили мировую известность.

Как видно из моего весьма краткого и далеко не полного обзора, в Физико-техническом институте проводится большое число интересных и важных исследований. Надо отметить, что особенно в последние годы чувствуется острая необходимость в

расширении методов исследований, в ускорении сбора и обработки физической информации. И в этом направлении в институте ведется интенсивная работа. В настоящее время для исследований привлекается лазерная техника, сверхвысокие магнитные поля, низкие температуры, пузырьковые камеры, спутники, вычислительные машины и многие другие современные средства.

В филиале разрабатывается централизованная система сбора и обработки физической информации. В этом году в институте начала работать электронно-вычислительная машина БЭСМ-4.

Таков сейчас ордена Ленина Физико-технический институт имени Абрама Федоровича Иоффе Академии наук СССР.

УДК 001(47)(09 физика)

Публикуемые в этой статье редкие фотографии любезно предоставлены нам сотрудником Ленинградского физико-технического института им. А. Ф. Иоффе В. К. Вороновским

¹ «Природа», 1967, № 2, стр. 85.

Взаимодействие в биологических системах

Профессор Ю. М. Васильев

Член-корреспондент АН СССР
И. М. Гельфанд

Ш. А. Губерман
Кандидат технических наук

М. Л. Шик
Кандидат медицинских наук

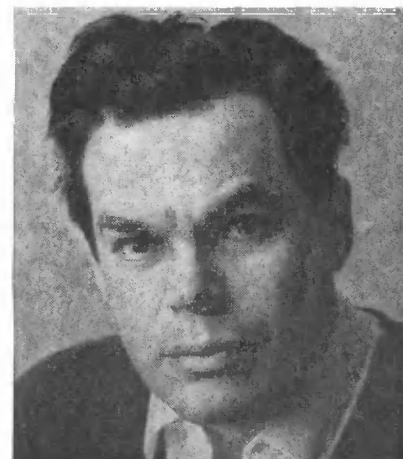
Публикуемая статья является плодом сотрудничества представителей биологических и математических наук. В статье излагается и иллюстрируется на разных уровнях биологической организации ряд сформулированных авторами общих принципов построения и функционирования живых систем. Некоторые авторские соображения редакция считает не бесспорными, что, однако, не делает их менее интересными.



Юрий Маркович Васильев, доктор медицинских наук, профессор Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, заведует лабораторией механизмов канцерогенеза в Институте экспериментальной и клинической онкологии АМН СССР. Основные исследования посвящены изучению действия химических канцерогенных веществ на клетки и выяснению взаимоотношений между клетками в нормальных тканях и при опухолевом росте.



Израиль Моисеевич Гельфанд, профессор Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, заведует лабораторией математических методов в биологии МГУ. Президент Московского математического общества. Автор фундаментальных работ по математике (функциональный анализ, теория представлений групп и др.) и ряда работ по биологии.



Шеля Айзикович Губерман, научный сотрудник Института прикладной математики АН СССР, работает в области эвристического программирования.

*

Марк Львович Шик, научный сотрудник Института проблем передачи информации АН СССР, занимается изучением нервных механизмов управления движениями.

Когда М. Л. Цетлин¹ и один из нас (И. Г.) заинтересовались проблемами биологии, то, как все математики и физики, которые решили часть своего времени посвящать занятиям биологией, мы были убеждены, что нам удастся применить опыт, накопленный в занятиях такими сложными системами, как квантовая теория поля и другие, где даже такие простые вещи, как электрон, описываются сложнейшим образом, что нам удастся элементы этих сложных и трудных представлений применить к биологическим системам.

Действительно, с точки зрения названного физика-теоретика или математика, между биологическими и сложными неживыми системами есть большое сходство (единственный из физиков, кто так не считал, был Бор). Поскольку всякая биологическая система (даже такая «простая», как клетка) состоит из довольно большого числа взаимодействующих между собой элементов, биохимических реакций и т. д., то, имея некоторую привычку и опыт в математическом изучении взаимодействия большого числа элементов, мы надеялись продвинуться и в биологии.

Как и всякая не вполне бессмысленная точка зрения, эта идеология привела к некоторому числу скромных экспериментальных результатов². Кроме того, мы сформулировали принцип наименьшего взаимодействия³.

Когда мы затем захотели перейти к более сложным биологическим системам, то поняли, что каждая живая часть живой системы не проще для изучения, чем вся система, и если изучать живую систему, разбивая ее на отдельные элементарные процессы, как диктуют нам рационалистические традиции науки XVIII и XIX вв., то это не приведет к успеху.

Это не означает, что следует отказаться от рассмотрения принципов, на которых построено живое. К сожалению, думать об этих принципах намного труднее, чем о вопросах физики и техники с их сложившимся и привычным для специалистов языком...

I. Некоторые общие соображения

Соображения, излагаемые в этом разделе, возникли в связи с изучением двух биологических проблем. Одна из них — это механизмы управления простейшими естественными движениями млекопитающих, другая — регуляция деления клеток в культуре ткани. Общность впечатлений от двух столь разных систем дает основание полагать, что эти соображения могут оказаться в той или иной степени приложимыми и к другим биологическим системам.

Авторы надеются, что читатель вернется еще раз к этому разделу после прочтения всей статьи.

1. Особенности биологических систем

Когда инженер строит системы из неживых элементов, то в результате он получает также неживую систему. Мы думаем, что в построении живых систем заложены такие принципы, которых нет в создаваемых нами неживых системах.

Одним из основных законов построения искусственных неживых систем является функциональная целесообразность: про любую часть системы, про любой канал передачи информации можно сказать, для чего они предназначены. Очень часто этот подход применяется к изучению и живых систем. Нам такой подход представляется ограниченным.

Живая система отличается от искусственных неживых систем тем, что каждая структурная единица в ней имеет свои «личные» задачи. Существование этих единиц не нуждается в специальном оправдании, в то

время как в неживой конструкции такие структурные единицы — это элементы, подчиненные лишь замыслу всей конструкции.

Одна из важнейших «личных» целей живой системы — сохранение ее индивидуальности (совокупности собственных задач). Поэтому каждая живая система всегда стремится повысить степень своей стабильности, создать для себя условия, при которых воздействия на систему факторов, могущих ее разрушить, становятся минимальными.

Имеется, с нашей точки зрения, и другая особенность живых систем: они способны объединяться друг с другом в коллективы, которые в свою очередь также являются живыми системами. Отдельные компоненты клетки, такие как митохондрии, рибосомы и т. д. (некоторые из них уже сами являются, по видимому, живыми системами), образуют клетку, обладающую собственным сложным поведением. Живые клетки объединяются в ткани и органы. Живые ткани и органы образуют живой организм. Живые организмы образуют колонию, стадо и другие формы коллективов. Способность к образованию коллективов, к объединению с себе подобными — характерная черта живых систем.

Каждая живая система имеет свои «личные» задачи; вместе с тем она способна к созданию коллектива, способна помочь соседям осуществить их «личные» планы. Поясним эти свойства коллектива на примере модельной системы из большого числа автоматов.

Каждый автомат может совершать два действия, за которые он получает штраф или поощрение (в зависимости от того, адекватно или не адекватно действие состоянию внешней среды). Разобьем все множество автоматов на подмножество (семью). При этом некоторые автоматы могут входить одновременно в разные семьи (семьи «пересекаются»). Если каждому автомату будет свойственно «заботиться» обо всех остальных членах сво-

¹ Михаил Львович Цетлин (1924—1966) — математик, автор работ по теории игр автоматов, создавший новый подход к моделированию простейших форм поведения.

² И. М. Гельфанд, С. А. Ковалев, Л. М. Чайлахян. «ДАН СССР», т. 148, 1963, стр. 983.

³ И. М. Гельфанд, М. Л. Цетлин. Модели структурно-функциональной организации некоторых биологических систем. М., 1966, стр. 9.

ей семьи (т. е. выбирать свое действие так, чтобы уменьшить их штраф), то коллектив автоматов быстрее выйдет на оптимальную стратегию (т. е. обеспечит более высокий средний выигрыш одного автомата) по сравнению с вариантом, когда каждый автомат интересуется только своим выигрышем.

Для клеток объединение в коллективы оказывается выгодным во многих отношениях. Условия их жизни существенно улучшаются даже в коллективе самого примитивного типа, где клетки не соединены друг с другом, а просто находятся в общей среде, например, в одном сосуде для культивирования. Совместными усилиями коллектив клеток делает эту среду более удобной для жизни, выделяя в нее одни вещества и удаляя другие, вредные. Помещенные в те же условия одиночные клетки часто не справляются с задачей «кондиционирования» среды и погибают.

Если клетки объединяются пространственно (образуют ткань), то условия их жизни становятся еще более стабильными. У отдельной клетки вся ее поверхность граничит с внешней средой, имеющей иной химический состав, чем внутриклеточная среда. Поэтому клетке приходится затрачивать значительные усилия для поддержания постоянства своего состава. В тканевых коллективах выполнение этой задачи резко облегчается. Условия существования каждой отдельной особи в коллективе животных также улучшаются: так, в стаде животных легче отбиваться от хищников, уменьшаются их энергетические траты и т. д.¹ (Разумеется, стабилизация условий существования — не единственное преимущество, которое дает коллектив своим членам. Существенные преимущества может создать разделение труда между членами коллектива, обучение одних членов коллектива другими, возможность быстрого накопления информации в коллективе и т. д.).

Неверно было бы думать, что способность к образованию коллективов вы-

годна лишь в каких-то частных ситуациях. В той или иной форме «коллективность» характерна для самых разных типов организмов. Эту способность можно поэтому рассматривать как одно из независимых и общих свойств живых систем. В ряде случаев объединение живых систем в коллектив очевидно (ткань, колония, муравейник, стадо животных и т. д.). В других случаях такой «очевидный коллектив» отсутствует: организмы, по видимости, ведут индивидуальный образ жизни. Однако при более тщательном исследовании и здесь удаётся часто выявить те или иные формы взаимодействия сходных организмов. Примером «скрытых коллективов» может служить разделение общей среды обитания одного вида на отдельные территории, каждая из которых занята одной особью или одной семьей.

В многоклеточном организме существуют два крайних типа тканевых коллективов, в которых задача уменьшения взаимодействия клетки со средой решается принципиально разными способами. В покровных эпителиальных тканях все клетки тесным образом соединяются друг с другом, склеиваясь своими боковыми поверхностями в единый пласт (или ячейку, или трубку). В таком коллективе часть поверхности каждой клетки, непосредственно контактирующая с внешней средой, резко уменьшается (рис. 1а). В структурах другого типа, например, в соединительной или в костной ткани каждая клетка окружается большим количеством межклеточного вещества (вырабатываемого клетками совместно), которое служит как бы единой «шубой», защищающей все клетки данной ткани от контакта с внешней средой (рис. 1б).

Исходя из изложенных представлений, а именно: рассматривая клетку не как деталь машины, а как звено единого тканевого коллектива, — можно объяснить ряд фактов, трудно объяснимых с функциональной точки зрения (согласно которой каждое структурное образование предназначено в организме для выполнения определенной функции).

2. Управление в биологических системах

Характерным свойством живых систем является то, что при всей сложности этих систем их действия можно описать довольно простым способом — будь то реакция клетки или движения человека. Такой простоты можно было бы достигнуть, если бы каждый из элементов живой системы был информирован о задаче, стоящей перед всей системой. Однако отдельная клетка не имеет представления о целях всего организма. Поэтому целесообразное поведение системы требует управления деятельностью всех ее элементов.

Управление это может происходить двояко. Либо существует единый центр, который постоянно указывает каждому из элементов, что ему делать (так работает, например, вычислительная машина с вложенной в нее программой или станок с программным управлением), либо — и это более естественный способ — система управления имеет иерархическую структуру¹.

Из отдельных элементов управляющей системы в зависимости от задач, стоящих перед организмом, формируются временные объединения — подсистемы. Каждая подсистема решает задачу гораздо меньшей сложности, чем вся система. Задачу, решаемую подсистемой, мы будем называть «синергией»².

Действие, совершаемое подсистемой, обычно существенно сложнее, чем сигнал, вызывающий это действие. Задача отдельного уровня управления — с точки зрения всей управляющей системы — состоит в том, чтобы сформировать подсистемы на более низком уровне и определить взаимодействие между ними. Если число задач, решаемых на данном уровне, не-

¹ Соображения о принципах управления в биологических системах, во многом близкие к излагаемым в настоящей статье, содержатся в работе А. А. Малиновского, опубликованной в сборнике «Организация и управление в народном хозяйстве СССР» (М., изд-во «Наука», 1967, стр. 105). Идея иерархической структуры управления — применительно к проблеме координации движений — подробно излагается в работах Н. А. Бернштейна (см. III раздел статьи в следующем номере журнала).

² От греч. «синергос» — совместно действующий.

¹ См. обзор И. А. Шилова. «Успехи совр. биол.», т. 64, 1967, стр. 333.

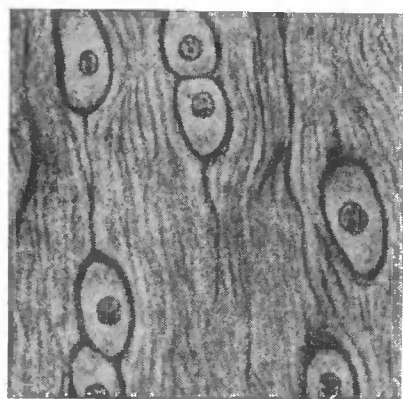
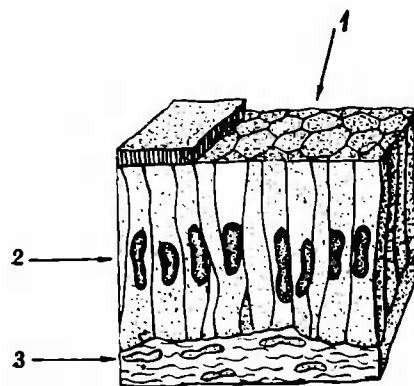


Рис. 1. Задача уменьшения взаимодействия клеток со средой решается по-разному в тканевых коллективах разного типа: в эпителии клетки плотно соединены друг с другом боковыми поверхностями, что резко уменьшает общую площадь их соприкосновения со средой; в соединительнотканном коллективе клетки окружены единой «шубой» — выработанным ими совместно межклеточным веществом.

Вверху — модель цилиндрического эпителия. 1 — свободные поверхности эпителиальных клеток, 2 — эпителиальный пласт, 3 — соединительнотканная основа эпителиального пласта

Внизу — волокнистая хрящевая ткань — пример соединительнотканного коллектива (микрофото)

велико, то и число управляющих сигналов (или подсистем вышележащего уровня) может быть небольшим, и они могут быть достаточно простыми. Ясно, что даже при небольшом разнообразии подсистем, образующихся на каждом уровне, общее разнообразие задач, которые может решать многоуровневая система в целом, очень велико. У подсистемы остается еще несколько внешних степеней свободы¹, которые позволяют ей адаптироваться к изменениям внешних условий и согласовывать свои действия с работой других систем (подробнее об этом см. в III разделе настоящей статьи).

Иерархическая структура и формирование подсистем могут быть осуществлены как в живых, так и в неживых системах. Однако в живой системе элементы имеют свои «личные» цели. Поэтому управление должно происходить так, чтобы деятельность элементов, решающих свои локальные задачи, приводила к достижению общей цели.

При управлении состояние подсистемы должно меняться таким образом, что ее элементы дают привычные, «запаянные» в них реакции, приспособленные для решения их «личных» задач. Иными словами, формирование сложного живого коллектива идет таким образом, что реакции, которые были индивидуально целесообразными для каждого элемента, складываются в систему реакций, выгодную для коллектива в целом. Такой подход к проблеме управления сложной живой системой можно охарактеризовать как замену глобального принципа (элементы системы существуют и действуют лишь постольку, поскольку это необходимо для системы в целом) локальным принципом: каждый живой элемент стремится к осуществлению своих «лич-

ных» целей, но система сформирована таким образом, что при этом достигаются общие цели всей системы¹.

В следующей главе мы рассмотрим некоторые конкретные попытки приложения этих подходов к проблеме управления многоклеточным организмом. Сейчас заметим только, что согласно изложенным представлениям, при формировании коллектива его элементы не должны приобретать каких-то принципиально новых свойств, необходимых для управления ими; речь идет о приспособлении и организации уже имеющихся «личных» реакций этих элементов. Поэтому существуют организмы, сравнительно близкие друг другу эволюционно, но по-разному взаимодействующие с особями того же вида. Например, среди насекомых или кишечнополостных есть виды, где каждая особь ведет индивидуальный образ жизни (коллективные взаимодействия трудно обнаружить), и другие виды, где каждое животное — элемент жесткой коллективной системы и деятельность каждой особи строго подчинена интересам целого.

Элементы, входящие в подсистему, объединяются на время решения данной задачи; при решении других задач эти элементы могут входить в другие подсистемы. В печени, например, имеются ретикулярные купферовские клетки. Во многих случаях они выступают как члены «печеночного коллектива». Так, если удалить часть печени, то в оставшихся ее частях начнется регенераторное размножение всех клеток, в том числе и купферовских. В других условиях те же купферовские клетки выступают как часть другой подсистемы — подсистемы ретикуло-эндотелиальных клеток, удаляющих из крови чужеродные частицы. Если ввести в кровь взвесь частиц туши, то купферовские клетки фагоцитируют эти частицы так же, как ретикуло-эндотелиальные клетки селезенки, костного мозга и других тканей.

¹ Число степеней свободы механической системы определяется числом жестких связей, которые необходимо наложить на систему, чтобы полностью задать ее положение в пространстве. Например, находящийся в желобе шар обладает одной степенью свободы: если присоединить к нему стержень, другой конец которого закрепить, то шар не сможет двигаться. Если шар находится на столе, то при наличии одной связи (одного стержня с закрепленным вторым концом) он может еще двигаться по окружности. Для того чтобы шар не двигался, необходим второй стержень. Поэтому говорят, что шар на плоскости имеет две степени свободы.

¹ И. М. Гельфанд, М. Л. Цетлин, Модели структурно-функциональной организации некоторых биологических систем. М., 1966, стр. 264.

В такой живой системе, как человеческое общество, один и тот же человек может быть членом многих разных коллективов (подсистем): коллектива завода или института, семьи, жильцов дома, родителей учащихся одной школы, футбольной команды и т. д. Время существования разных подсистем может быть различным. Некоторые коллективы существуют в течение очень короткого времени, но тем не менее ведут себя как настоящие живые системы, обладающие целостным поведением. Кратковременно существующими системами являются, например, коллектив зрителей на стадионе во время футбольного матча или культура клеток, высаженных вместе в один флакон с питательной средой.

3. Адекватный язык описания сложных систем

В последнее время становится ясно, что даже при изучении не живых, но достаточно сложных систем, важнейшую роль играет выработка такого языка, на котором проблема, представляющаяся сложной, формулировалась бы простым образом и решалась бы простыми методами, например, сравнительно небольшим перебором вариантов.

Введем термины полного и адекватного описания (языка). Полным мы назовем описание, позволяющее однозначно реконструировать данную систему. Адекватным мы назовем язык, который дает возможность просто описывать систему в привычных для нее ситуациях. Естественно, что адекватное описание может быть разным в различных задачах (рис. 2).

Значение адекватного языка можно пояснить на примере решения человеком задач узнавания. Мы легко можем узнать своего знакомого не только по лицу, но и по фотографии или даже по карикатуре. С другой стороны, задание координат всех точек лица является достаточно полным способом описания этого лица. Если мы получим по телеграфу из другого города такие координаты, то по ним можно сделать слепок, и по этому слепку мы без труда узнаем своего знакомого. Но попробуйте

узнать его по набору чисел — координат точек лица!

В этом примере язык описания лица с помощью координат — полный, но сложный и неадекватный задаче узнавания. Если угодно, это язык лишь в чисто формальном смысле слова. Нам пришлось, решая задачу, перейти от задания координат к слепку, и лишь с помощью слепка (т. е. на каком-то простом языке, который мы не умеем формулировать) мы смогли узнать своего знакомого.

Простой язык, применяемый при изучении неживых систем, есть наш способ изучения этих систем. Например, в атмосфере (наборе молекул N_2 , O_2 и H_2O) нет понятия погоды. «Погода» есть одно из слов языка, которым мы описывает состояние атмосферы. Сами неживые системы безразличны к этим понятиям.

Мы предполагаем, что живые системы описываются простым образом (на простом языке). Это свойство не привнесено нами при изучении живых систем, а связано с глубокими принципами, заложенными в самой их организации. Сложное же описание живых систем возникает обычно при попытках описывать их неадекватным образом: клетку — как совокупность мембран, веществ и биохимических реакций; нервную систему — как множество нейронов, собранных в блоки и т. д.

Живые системы не только сами могут быть описаны простым способом на адекватном языке¹, но и действуют наиболее эффективно в тех ситуациях (в такой среде), где имеется или куда может быть внесена та или иная степень «организации». Мир, в котором может существовать живая система, всегда в той или иной степени «для нее организован».

При изучении биологических систем перенос понятий чаще всего идет снизу вверх, т. е. от клетки к организму и т. д. Нам кажется, что аналогии могут оказаться не менее глубокими, если переходить с более высокого уровня на более низкий.

¹ Адекватным описанием в удачном случае может быть математическая или другая модель.

Для описания живых систем могут оказаться, например, пригодными некоторые категории психологии или лингвистики. Конечно, необходимо будет при этом для каждого уровня наполнить основные понятия своим специфическим содержанием.

Мы хотим подчеркнуть нашу основную мысль: в основе поведения живых систем лежит небольшое число принципов. Эти принципы определяют некоторое число основных механизмов поведения. С помощью этого небольшого числа механизмов оказывается возможным организовать разумное поведение системы при всем многообразии ситуаций внешнего мира. Видимое безграничное разнообразие форм поведения каждой живой системы возникает из-за того, что мы описываем это поведение не на том языке. Именно поэтому проблема объяснения поведения живых систем есть проблема выработки соответствующего языка.

*

Рассмотренные выше соображения, наверняка, не исчерпывают всех особенностей живых систем. Можно, однако, думать, что с теми или иными «поправками» они приложимы ко многим живым системам, изучаемым в физиологии, психологии, может быть, в лингвистике.

Сейчас трудно указать границы применимости приведенных правил (это можно будет сделать только после развития более общей теории). Однако их изложение кажется нам оправданным, так как высказанные соображения могут помочь планировать эксперименты и в ряде случаев даже предсказать их результаты. Примеры такого рода будут приведены в следующих разделах статьи.

II. Поведение клеток в организме

В этом разделе мы рассмотрим некоторые подходы к изучению факторов, регулирующих поведение клеток. Поиски таких подходов сложны, так как формы поведения клеток очень многообразны, и в этом многообразии трудно выделить черты, общие для разных клеточных реак-

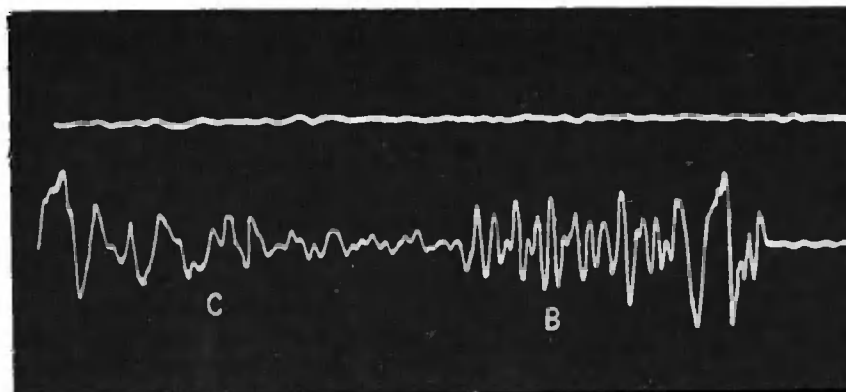
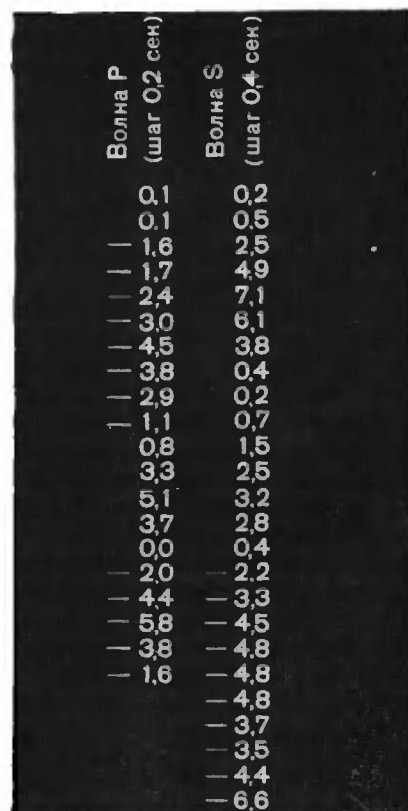


Рис. 2. На рисунке изображены две кривые, начерченные сейсмографом. Верхняя кривая получена, когда земная кора спокойна, на нижней — видны сигналы землетрясения (участки В и С). На участке В записана волна, идущая в глубине земной коры (волна Р), на участке С — волна, идущая по поверхно-

сти (волна S). Попробуйте теперь отличить эти два участка по их координатам (столбцы цифр слева). Задача эта для неопытного глаза значительно труднее (неадекватный язык описания состояния земной коры), чем в случае рассмотрения кривой (адекватный язык описания)

ций и межклеточных взаимодействий.

Под влиянием регулирующих факторов клетки могут начать расти и делиться или, наоборот, могут перестать делиться. Они могут начать вырабатывать и выделять в среду разнообразные вещества или, наоборот, прекратить синтез определенных продуктов. Клетки могут начать поглощать молекулы из среды, а также совершать сложные перемещения внутри ткани или из одной ткани в другую. Наконец, при воздействии определенных физиологических факторов клетки могут просто погибнуть (так гибнут, например, клетки молочной железы по окончании периода вскармливания). Каждое из подобных изменений поведения может быть вызвано в разных тканях и организмах весьма разнообразными факторами.

Так, рост и деление клеток в организме млекопитающих могут вызвать:

а) гормоны (часто специфичные для определенных тканей, например

эстрогены¹ — для клеток матки, тиреотропный гормон гипофиза² — для клеток щитовидной железы и т. д.);

б) антигены³ (вызывают рост и размножение клеток лимфоидной ткани);

в) повышение функциональной нагрузки на ткань (пример: удаление одной почки повышает нагрузку на оставшуюся почку и вызывает размножение ее клеток);

г) удаление или повреждение участка ткани (пример: локальное регенераторное размножение клеток, приводящее к заживлению кожной раны).

Сейчас уже многое известно о том, как меняются клетки на разных стадиях подобных процессов реактивно-

го роста, но механизм развития ни одного такого процесса еще не расшифрован.

Клеточные синергии

Внешний агент, меняющий поведение клетки, обычно вызывает в ней не одну какую-либо химическую реакцию, а целостную группу таких реакций (синергию), осуществляемую определенной подсистемой внутриклеточных структур.

Сравнительно простой формой ответа клетки на действие внешнего агента является индуцированный синтез ферментов у бактерий: к среде добавляют определенное вещество — индуктор, и клетка начинает синтезировать один определенный фермент. Изучение механизма этого ответа показало, что он состоит из последовательности значительного числа процессов¹.

¹ Женские половые гормоны, вырабатываемые в яичнике.

² Гормон, стимулирующий деятельность щитовидной железы.

³ Антигены — соединения, обладающие способностью при попадании во внутреннюю среду высших животных вызывать образование особых белков — антител, связывающих эти соединения. (Прим. ред.)

¹ Индуктор связывается в клетке с определенным репрессором — веществом, блокирующим определенный участок генома. В результате блокада снимается и на данном участке ДНК начинает синтезироваться информационная РНК. Эта РНК соединяется затем с рибосомами, на которых и происходит синтез соответствующего белка-фермента.

Отдельные этапы этой синергии (например, синтез РНК, синтез белка) сами по себе являются сложными последовательностями реакций — частными синергиями. Многие другие синергии организованы значительно сложнее, чем процесс индуцированного синтеза ферментов у бактерий. Процесс реактивного (вызываемого гормоном или другим фактором) размножения клетки, например, состоит, во-первых, из последовательности очень большого числа синтезов, которые приводят к удвоению всех ее структур (хромосом, митохондрий, рибосом и т. д.) и, во-вторых, из сложного комплекса действий, необходимых для разделения этих структур между двумя дочерними клетками.

Многие синергии организованы как циклы: после завершения процесса клетка возвращается в состояние, близкое к исходному (примеры: секреторный цикл в железистых клетках, цикл биохимических реакций при сокращении мышц, митотический цикл). Регулирующий агент может индуцировать в клетке циклическую синергию, по окончании которой клетка вновь становится чувствительной к действию этого агента (при отсутствии агента синергия не начинается). По-видимому, в некоторых системах регуляция организована несколько иначе: клетка продлевает определенную циклическую синергию и без участия внешнего регулирующего фактора, но при наличии этого фактора скорость прохождения цикла резко повышается. Возможно, таким образом действуют некоторые гормоны, влияющие на размножение чувствительных клеток. Гормоны могут повышать скорость прохождения клетками одновременно нескольких фаз митотического цикла¹.

Отдельные этапы синергий не всегда образуют простую последовательность (реакция А вызывает реакцию Б, реакция Б индуцирует реакцию В и т. д.). Во многих синергиях несколько цепей реакций может идти одно-

временно. Например, процесс деления клетки состоит, по-видимому, из нескольких рядов параллельно развивающихся процессов¹. Блокирование процессов одного ряда каким-либо ингибитором может не нарушать параллельно идущие процессы.

*

Можно думать, что общее число синергий, которыми каждая клетка способна реагировать на действие внешних агентов, не очень велико. Способность к основным синергиям, вероятно, записана в клетках уже с первых стадий эволюции. Такими синергиями клетки отвечали адекватно на типичные изменения внешней среды. Набор типичных изменений среды стал для клеток первым языком, контролировавшим их поведение. Клетки «знали», что на изменение среды данного типа «следует» отвечать синергией, приводящей к делению. Другое изменение среды требует построения прочной оболочки и т. д. Когда эволюция привела к образованию сложных многоклеточных организмов, этот язык был использован для организации управления поведением клеток. Факторы, регулирующие поведение клеток, не просто включают или выключают какие-то определенные звенья внутриклеточных процессов, но меняют взаимоотношение клетки со средой, причем меняют их привычным для клетки образом.

На знакомое изменение среды клетка отвечает той синергией, которая, как подсказывает ей эволюционная память, наиболее целесообразна в данных условиях. Поэтому, когда мы рассматриваем изменения поведения клетки под влиянием регулирующего фактора, следует в каждом случае попытаться разобраться в том, из какой типовой синергии возник данный специфический процесс, как действие регулирующего фактора переводится на привычный для клеток язык изменений их взаимоотношения со средой.

¹ Представления о параллельных процессах, идущих при митозе, разбираются в статье В. Я. Александрова («Цитология», т. 4, 1962, стр. 3) и в книге Д. Мезия «Митоз и физиология клеточного деления», пер. с англ. М., ИЛ, 1963.

Д. Н. Насонов и В. Я. Александров¹ почти тридцать лет назад пытались выделить общий комплекс так называемых паранекротических изменений, которые развиваются в клетке в ответ на самые разнообразные повреждающие воздействия (механические, температурные, химические и др.). Они отметили ряд характерных признаков паранекротических изменений (изменения вязкости цитоплазмы, характера окраски клеток некоторыми красителями и т. д.). По данным этих исследователей, паранекротические изменения развиваются в клетках не только при повреждении, но и при возбуждении их физиологической активности, например, при сокращении мышечных клеток, при выделении секрета из клеток желез и т. д. По мнению Д. Н. Насонова и В. Я. Александрова, физиологическое возбуждение можно рассматривать как обратимое повреждение клеток агентом, к которому эти клетки в ходе эволюции приобрели повышенную чувствительность. Очевидно, такой подход к изучению клеточных реакций и те общие представления, которые были изложены выше, идейно очень близки².

Нарушение обособленности клетки от среды и синергия восстановительных процессов

Можно надеяться, что при тщательном анализе удастся выявить общие черты в разнообразных и специфических клеточных синергиях подобно тому, как анатом выявляет общий план строения скелета конечности в таких разных и специфичных образованиях, как лапы тюленя, нога лошади или рука человека.

Нами³ была сделана попытка проанализировать в этом плане процес-

¹ Д. Н. Насонов, В. Я. Александров. Реакция живого вещества на внешние воздействия. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1940.

² Мы не касаемся здесь вопроса о конкретных механизмах паранекроза. Общая идейная направленность этих работ не очень сильно зависит от того, насколько представления о механизмах паранекроза, изложенные Д. Н. Насоновым и В. Я. Александровым, окажутся правильными.

³ Ю. М. Васильев и И. М. Гельфанд, «Вестник АМН СССР», 1968, № 3, стр. 45; «Currents in modern biology», v. 2, 1968, p. 43.

¹ О. И. Епифанова. Гормоны и размножение клеток. М., Изд-во «Наука», 1965; J. L. Ladinsky and B. M. Peckham. «Exp. Cell. Res.», v. 40, 1965, p. 447; P. Galand, F. Rodesch, F. Leroy and J. Chénier. «Exp. Cell. Res.», v. 48, 1967, p. 598.

сы, возникающие при различных нарушениях обособленности клетки от среды. Как уже говорилось в разделе I этой статьи, клетки, подобно всем другим живым системам, стремятся сохранить свою индивидуальность, свою обособленность от среды. Химический состав цитоплазмы клеток и окружающей их среды (тканевой жидкости, лимфы, крови) очень различен. Концентрации некоторых ионов, например, различаются в среде и в клетках на несколько порядков. Постоянство внутреннего состава клетки необходимо для нормального течения в ней всех биохимических процессов. Такое постоянство обеспечивается, прежде всего, свойствами клеточной мембраны, расположенной на границе клетки со средой. Мембрана обладает избирательной проницаемостью, т. е. она по-разному (с разной скоростью) пропускает в клетку и из клетки различные вещества.

Однако мембрана не может быть только «занавесом», мешающим общению клетки со средой. Изоляция клетки от среды необходима, но столь же необходимо и их непрерывное взаимодействие. Если бы обособленность клетки никогда не нарушалась, она не могла бы поглощать пищу, выбрасывать наружу продукты своей жизнедеятельности, двигаться, в общем, не могла бы жить.

Поэтому в ходе жизни клетки ее изоляция от среды непрерывно нарушается. По-видимому, проницаемость мембраны при этом обратимо повышается, и ряд компонентов среды, например, ионы натрия и кальция, начинают проникать в клетку, тогда как некоторые компоненты цитоплазмы выходят из клетки в среду. Наиболее хорошо изучены обратимые сдвиги проницаемости мембран нервных и мышечных клеток, наблюдаемые при их возбуждении. Есть основания полагать, что до известной степени сходные изменения проницаемости наступают в клетках и других типов в периоды их физиологической активности (при таких процессах, как секреция, фагоцитоз, движение клетки и т. д.). Возникающие в работающей клетке

изменения нарушают постоянство состава цитоплазмы, а это в свою очередь приводит к повреждению внутриклеточных структур и нарушению течения биохимических реакций. В далеко зашедших случаях все это может плохо кончиться для клетки. Например, если возбуждать нервные клетки слишком часто и длительно, то масса каждой клетки и содержание в ней РНК начинают уменьшаться и в конце концов такие клетки могут просто погибнуть.

В ответ на нарушение обособленности клетки от среды в ней начинается серия реакций, направленных на восстановление нарушенного постоянного внутриклеточного содержания.

Одной из таких реакций является активация работы «насосов» мембраны — специальных приспособлений, откачивающих из клетки проникшие в нее из среды избыточные ионы (например, ионы натрия). Одновременно обнаруживаются изменения и иного типа: активизируются многие синтетические процессы.

Когда мы сопоставили разнородные литературные данные о различных ситуациях в жизни клеток, сопровождающихся обратимыми нарушениями их изоляции, то оказалось, что во всех этих случаях в клетке последовательно и сходным образом активизируется ряд определенных синтетических процессов: синтеза фосфолипидов и РНК, синтеза белков, позже в некоторых системах — синтез ДНК и деление. Такие изменения наблюдаются в клетках некоторых типов при фагоцитозе, при действии антител на лимфоциты, при действии на разные клетки поверхностно-активных веществ, повышающих проницаемость их мембран, и т. д. Эти сопоставления дали основания предположить, что клетка реагирует на разные нарушения обособленности сходной синергией синтетических процессов, приводящих к восстановлению поврежденных внутриклеточных структур.

Благодаря существованию такой синергии клетка может переносить без вредных последствий те, подчас зна-

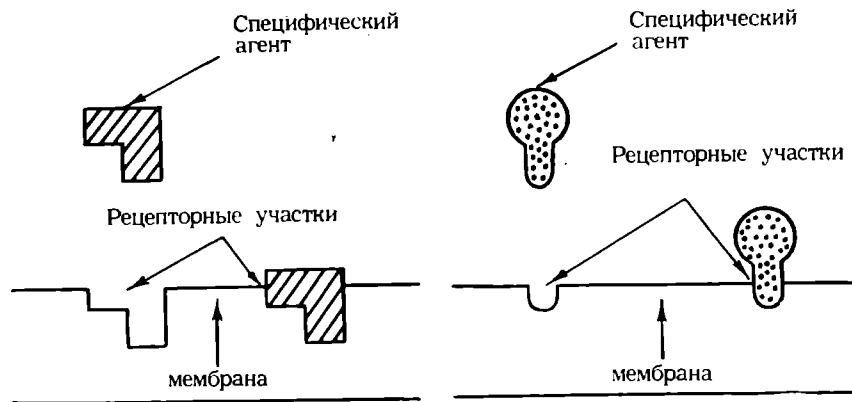
чительные, нарушения постоянства внутриклеточной среды, которыми сопровождается ее жизнедеятельность.

Можно предположить, что в многоклеточном организме различные типы реактивных процессов, сопровождающихся ростом и делением клеток, развились в ходе эволюции на основе синергии восстановительных процессов, которая возникает в ответ на нарушение изоляции клетки. Возможно, что внешние факторы, вызывающие рост и деление (гормоны, антигены, повышенная функциональная нагрузка и др.), первично меняют состояние поверхности клетки, что является сигналом к включению синергии восстановительных процессов. Если нарушение постоянства внутриклеточной среды, вызванное внешним агентом, невелико, то регенераторные процессы могут оказаться значительно более интенсивными, чем процессы повреждения внутриклеточных структур. Тогда в результате действия этого агента начинается рост и деление клетки.

*

Если разные факторы, вызывающие рост и деление, действуют сходным образом на клеточную поверхность, то легко понять, почему действие каждого такого фактора (например, каждого гормона) специфично для клеток определенных типов. Строение поверхности клеток каждой ткани существенно различно. Клетки каждого типа имеют на своей поверхности специфические рецепторы, благодаря которым резко повышается их чувствительность к определенным внешним агентам (рис. 3). Например, поверхность мышечной клетки в области концевой пластинки нерва содержит специфические рецепторы, реагирующие с ацетилхолином. Каждый раз, когда на этот участок поверхности попадает ацетилхолин, проницаемость клеточной мембраны обратимо повышается. У животных, иммунизированных определенным антигеном, на поверхности лимфоидных клеток появляются компоненты, избирательно связывающие этот антиген.

Рис. 3. Избирательная чувствительность разных клеток к различным регулирующим факторам среды (гормонам, медиаторам и др.) зависит от строения их поверхности



Специфичность строения поверхности обеспечивает избирательность действия определенного агента на клетки определенного типа, но все эти агенты в чувствительных к ним клетках вызывают в конечном счете одно и то же, привычное для клеток, изменение — нарушение изоляции их от среды. На это нарушение клетки реагируют сходной синергией восстановительных процессов.

Эта синергия в клетках разных типов оказывается сходной, но не идентичной. В пределах общего плана возможны многие варианты. Один из типичных вариантов — «отсечение последних стадий синергии» (в клетках развивается вся последовательность реакций, характерная для синергии, кроме конечных ее этапов). Например, в нервных клетках после повторного их возбуждения развиваются все этапы регенераторных реакций, но никогда не происходит деления. В высоко дифференцированных лейкоцитах крови под влиянием фагоцитоза активируются лишь первые стадии регенераторных реакций (синтез РНК и фосфолипидов), но не последующие стадии (синтез ДНК, деление). В ретикулярных клетках селезенки тот же фактор (фагоцитоз) индуцирует синтез ДНК и деление, т. е. полноценную синергию. Вероятно, существуют и другие способы образования вариантов одной и той же синергии, подобно тому, как на основе одного корня образуется целое гнездо слов, отличающихся друг от друга приставками и суффиксами.

Изложенные представления могут стать основой для экспериментальной работы в нескольких направлениях. Укажем на два из них, с нашей точки зрения наиболее важные. Во-первых, можно сравнить ранние изменения при разных типах реакций, сопровождающихся ростом и делением клеток, и выяснить, происходят ли при всех этих процессах сдвиги, характерные для нарушения изоляции клетки от среды (например, ранние изменения проницаемости поверхности, повреждение внутриклеточных структур и т. д.).

Во-вторых, можно попытаться имитировать действие физиологических факторов, вызывающих рост и деление клеток разных типов, применяя различные воздействия (например, поверхностно-активные вещества), обратимо нарушающие проницаемость клеток.

Экспериментальная разработка этих вопросов покажет, насколько был в данном случае правильно выделен единый прототип разных клеточных реакций. (В последнее время получены данные, доказывающие возможность стимуляции деления клеток нескольких типов — лимфоцитов, фибробластов, клеток вилочковой железы — подобными неспецифическими воздействиями. О группе таких опытов, проведенных нами, будет рассказано ниже).

(Окончание в следующем номере)

УДК 574/578
576.3
612.08

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- В. Я. Александров. РЕГУЛЯТОРНЫЕ ПРОЦЕССЫ В КЛЕТКАХ. В кн. Руководство по цитологии, под ред. А. С. Трошина. М., Изд-во «Наука», т. 2, 1966, стр. 590.
- П. Вейсс. ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ КЛЕТКАМИ. В кн. Современные проблемы биофизики. Под ред. Г. М. Франка и А. Г. Пасынского. М., ИЛ, т. 2, 1961, стр. 184.
- П. Вейсс. ДИНАМИКА КЛЕТКИ. В кн. Современные проблемы биофизики. М., ИЛ, т. 1, 1961, стр. 21.
- Ю. М. Васильев и А. Г. Маленков. КЛЕТочная ПОВЕРХНОСТЬ И РЕАКЦИИ КЛЕТКИ, Л., Изд-во «Медицина», 1968.
- Сборник «МОДЕЛИ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ НЕКОТОРЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ». М., Изд-во «Наука», 1966.
- М. Л. Цетлин. ИГРЫ АВТОМАТОВ. В журнале «Успехи математических наук», 1963, вып. 2.

Четыре нерешенные проблемы планетной космогонии

Б. Ю. Левин
Доктор физико-математических наук



Борис Юльевич Левин заведует отделом эволюции Земли и планет Института физики Земли АН СССР. Этот отдел, основанный в 1945 г. О. Ю. Шмидтом, продолжает разрабатывать проблемы происхождения Земли и планет. Круг интересов Б. Ю. Левина включает, кроме того, физику комет, метеоров и метеоритов. По всем этим вопросам им опубликован ряд статей и монография.

У некоторых читателей, после того как они прочтут название этой статьи, возможно, возникнет вопрос: а сколько всего есть нерешенных проблем планетной космогонии и какие проблемы уже решены? Число нерешенных проблем вообще неопределенно — оно зависит от того, как классифицировать нерешенные вопросы и какие из них возводить в ранг проблемы. То же самое относится и к решенным вопросам. Поэтому я ограничусь указанием на одну-единственную решенную проблему, а именно — на выяснение вопроса о том, из какого вещества образовалась планетная система. Сейчас твердо установлено, что планетная система образовалась из газовой-пылевой облака, которое некогда существовало вокруг Солнца. Это дает возможность не блуждать в потемках и не рассматривать все мыслимые постановки проблем планетной космогонии, а формулировать четкий и ясный план исследований и знать, какие именно проблемы оказываются основными и важнейшими.

В настоящей статье рассматриваются следующие четыре нерешенные проблемы: происхождение протопланетного облака; конденсация вещества в облаке и фракционирование железа; аккумуляция планет-гигантов и, наконец, дифференциация Луны. Первые две проблемы относятся к самым важным — таким, без решения которых трудно продвигаться вперед во всех других областях планетной космогонии. Последние две проблемы более частные и призваны проиллюстрировать разнообразие вопросов, с которыми приходится сталкиваться.

Образование планет из газовой-пылевой облака

Полезно напомнить основные доводы, на которых базируется современное представление о происхождении планет из газовой-пылевой облака. Прежде всего, это старый аргумент, восходящий еще к Канту и Лапласу и относящийся к движению всех планет по приблизительно круговым и лежащим в одной плоскости орбитам. Попытки объяснить это во времена господства теории Джинса тем, что планетные орбиты были округлены сопротивляющейся средой, неудовлетворительны, так как для тел планетных масштабов не существует сопротивляющейся среды в духе аэродинамики и гидродинамики, когда среда только сопротивляющаяся. В астрономических условиях среда является одновременно и питающей: для существенного округления орбиты масса планеты, вернее, ее зародыша должна возрасти в несколько раз, т. е. фактически должно произойти образование планеты из этой среды.

Другой довод — это деление планет на две группы: небольших планет земного типа и планет-гигантов. Давно известно, что сгустки раскаленного солнечного вещества, если бы они были вырваны из Солнца, должны были разлететься в пространстве, а если говорить о холодных массивных сгустках, то в этом случае невозможна дифференциация по составу, невозможно избирательное извлечение от одних легких элементов с сохранением более тяжелых. На

Земле существует дефицит инертных газов, который для наиболее тяжелого из них — ксенона составляет $10^5 \div 10^6$ по сравнению с космическим обилием, а для более легких, например для неона, доходит до $10^{10} \div 10^{11}$. Это свидетельствует о том, что Земля аккумулировалась из твердых тел — газы в нее не вошли. Если бы вначале имелся сгусток вещества солнечного состава, то инертные газы, и в особенности тяжелый ксенон, не могли бы избирательно рассеяться, и притом в такой степени.

С другой стороны, присутствие в Земле и в метеоритах таких умеренно летучих элементов, как кадмий, цинк, ртуть, показывает, что Земля и родительские тела метеоритов образовались из холодных частиц, потому что из горячих частиц эти элементы были бы потеряны. В отношении метеоритов существуют и другие многочисленные аргументы в пользу того, что они — продукт аккумуляции холодного вещества. Таким образом, все данные указывают на то, что планеты образовались из холодного околосолнечного газово-пылевого облака.

Совместное образование Солнца и протопланетного облака

Удивительное распределение момента количества движения между Солнцем и планетами (98% у планет) привело О. Ю. Шмидта к предположению, что вещество для образования планет было захвачено Солнцем из межзвездного вещества. Возможность такого захвата (при различных механизмах) была неоднократно подтверждена многочисленными работами, однако остается непреодолимой трудностью объяснение того факта, что Солнце вращается в том же направлении, в котором происходит и обращение планет вокруг него, причем ось вращения почти перпендикулярна плоскости планетных орбит. Если допустить, что это результат выпадения части вещества облака на Солнце, то получается, что до такого выпадения Солнце

практически вовсе не вращалось. Но это трудно согласовать с любой гипотезой образования Солнца.

Еще 20 лет назад многие исследователи указывали, что Солнце и протопланетное облако образовались совместно, в едином процессе. Но в то время происхождение самого Солнца оставалось столь неясным, что эта гипотеза не могла быть конкретизирована.

За последнее десятилетие появились три гипотезы, в которых это совместное образование так или иначе конкретизируется и указываются пути, следуя которым, можно попытаться решить проблему распределения момента между Солнцем и планетами. Кроме того, за это десятилетие появились доводы в пользу того, что протопланетное облако действительно образовалось совместно с Солнцем. Первая группа доводов относится к области ядерной физики.

В веществе Земли и метеоритов присутствуют литий, бериллий и бор. Эти элементы не образуются при термоядерных реакциях в недрах звезд, наоборот, они там сгорают, и для объяснения их существования нужно искать другие пути. Li был обнаружен в атмосферах звезд типа Т Тельца и звезд с магнитной активностью. Еще в середине 50-х гг. было предположено, что образование этих элементов связано с процессами электромагнитного ускорения частиц в атмосферах таких звезд со скалыванием более тяжелых ядер ударами быстрых частиц.

Первая конкретизация этой идеи была дана в 1962 г. в работе В. Фаулера, Дж. Гринстейна и Ф. Хойла. Они исходили из того, что, кроме самого существования Li, Be и B, необходимо объяснить, почему у Li и B отношение изотопов довольно сильно отличается от единицы. Авторам казалось, что при процессах скалывания оба изотопа должны были образоваться примерно в одинаковых количествах. В то же время дефицитные изотопы Li и B обладают большими сечениями ядерных реакций с тепловыми нейтронами. Поэтому авторы выдвинули гипотезу, по которой обра-

зование Li, Be, B перемещалось из самого Солнца в ледяные планетезимали приблизительно метровых размеров, которые облучались энергичными протонами, излучавшимися молодым Солнцем.

В ходе процессов скалывания возникали быстрые нейтроны, которые, по мнению этих авторов, затормаживались и становились тепловыми благодаря присутствию льда (т. е. водорода) в планетезиমাлях и, взаимодействуя с Li и B, создали то отношение изотопов, которое наблюдается. Но оказалось, что эти процессы должны были привести к образованию в веществе, которое подверглось облучению, такого количества дейтерия (H^2), которое на порядок больше фактически наблюдаемого. Поэтому предполагалось, что планетезимали были достаточно велики и облучению подвергались лишь их наружные слои, а потому облученное вещество перемешивалось с необлученным. Первоначально считали, что облучению подверглась 1/10 вещества, но позже эта цифра была снижена до 1/20.

Однако эта гипотеза натолкнулась на непреодолимые трудности при объяснении, почему в Земле и метеоритах элементы, имеющие большое сечение по отношению к нейтронам (в некоторых случаях лишь у отдельных изотопов), присутствуют в одинаковом обилии, с одинаковым изотопным составом. Получалось, что в зоне образования Земли и в зоне образования метеоритов облучение почему-то было одинаковой интенсивности и все прочие условия, определяющие результат облучения, тоже были одинаковыми. Это привело к тому, что авторы сами стали спускать свою гипотезу на тормозах.

Вообще данные об изотопном составе гадолиния, европия и самария исключают возможность протекания в протопланетном облаке каких-либо процессов с участием медленных нейтронов. Изотопы Gd, Eu и Sm, имеющие громадные сечения захвата медленных нейтронов, должны были бы присутствовать в резко понижен-

ных количествах, чего ни в Земле, ни в метеоритах не наблюдается¹.

В 1967 г. появилась работа Р. Бернаса, Е. Градштейна, Х. Ривса и Э. Шацмана, в которой они вернулись к первоначальной идее об образовании Li, Be и B в атмосферах звезд. В данном случае авторы имеют в виду наружные слои протосолнца, где температура была 2—4 млн градусов и где образование этих элементов происходило быстрее, чем их сгорание. Они относят образование Li, Be, B либо к тому времени, когда наше Солнце проходило последнюю стадию сжатия и было подобно звездам типа Т Тельца, либо даже к гипотетической дозвездной стадии, так называемой стадии Хербига—Харо, когда звезды еще не обладают заметной светимостью.

Образование дейтерия в дозвездной стадии невозможно, и Шацман выдвинул в том же, 1967 г. идею, что дейтерий образовался несколько позднее — уже не в атмосфере протосолнца, а во внутренней части протопланетного облака в результате скалывания ядер гелия солнечными протонами. Чтобы такой процесс мог произойти, внутренняя часть облака должна была успеть потерять водород за 10^5 лет, пока еще не окончилось интенсивное корпускулярное излучение молодого Солнца.

Чтобы все эти процессы могли происходить, планеты должны были образоваться не из захваченного откуда-то извне вещества, а из вещества, которое отделилось от протосолнца в ходе его сжатия.

Другая группа доводов в пользу совместного образования Солнца и протопланетного облака относится к тепловой истории родительских тел метеоритов. Эти тела, несомненно, прошли через стадию высоких температур и затем медленно остывали. При температурах 450—700°С в металлической фазе метеоритов образовались Видманштеттовы фигуры. При этом никелистое железо распалось на α - и γ -фазу с различным

содержанием никеля и никель диффундировал из одной фазы в другую. Несколько лет назад И. Б. Боровским и А. А. Явнелем впервые в мире был применен рентгеноспектральный микроанализ, чтобы найти профили распределения никеля в тэните (γ -фаза, обогащенная никелем). Диффузия происходила в условиях понижающейся температуры. Скорость диффузии уменьшалась, и поэтому края балок тэнита содержат никеля гораздо больше, чем центральные части, куда он не успел продиффундировать (рис. 1). Крутизна уменьшения концентрации от края к центру характеризует скорость остывания в области температур порядка 500°С.

Сравнение теоретических профилей никеля, вычисленных для разных значений скорости остывания, с измеренными профилями, дает возможность определить скорость остывания железного метеорита с Видманштеттовой структурой (рис. 1 вверху) или метеорита с железными включениями. Оказалось, что остывание большинства метеоритов шло со скоростью от нескольких десятых до 10 градусов за миллион лет. Следовательно, остывание происходило в недрах тел размером от нескольких десятков до нескольких сотен километров. Встречающиеся иногда более крутые профили как будто указывают на большие скорости остывания и требуют тел размером в 10 км и меньше. Однако такие скорости фиктивны и связаны с разделением никелистого железа на фазы в условиях переохлаждения. Итак, определения скоростей остывания метеоритов в недрах их родительских тел дали возможность оценить размеры этих тел. Для тел подобных размеров отпадает возможность их разогрева долгоживущими радиоактивными элементами.

Долгоживущие радиоактивные элементы калий, уран, торий неспособны разогреть тела столь малых размеров. Как только температура повышается на несколько десятков градусов, потеря тепла начинает превышать его поступление. К, U, Th могут разогреть только тела с поперечником 500 км и больше (рис. 2).

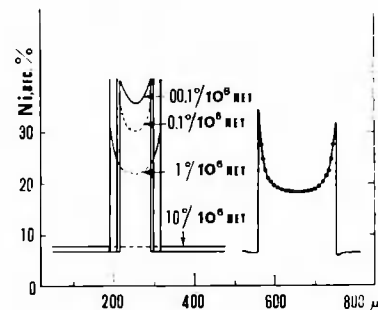
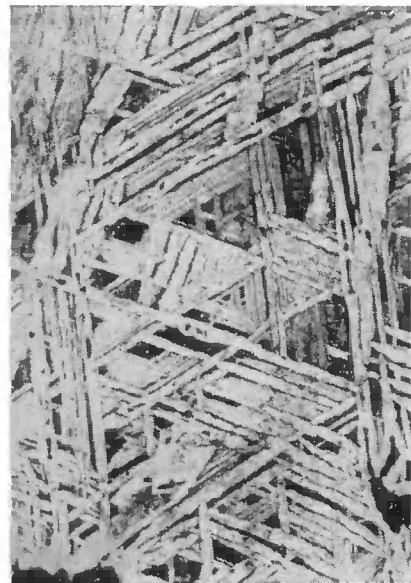


Рис. 1. Видманштеттовы фигуры на полированной и протравленной поверхности железистого метеорита (вверху). Распределение никеля в тэните (внизу): справа — измеренный профиль распределения никеля; слева — теоретические профили, вычисленные для различных скоростей остывания. По оси абсцисс отложена глубина расположения структуры (в μ), по оси ординат — содержание никеля (в весовых %)

¹ Этот вопрос уже обсуждался на страницах нашего журнала (см. «Природа», 1963, № 11, стр. 26). Там же были приведены некоторые соображения о возможных путях образования легких элементов. (Прим. ред.)

Рис. 2. Изменение со временем температуры в центре астероидов разных размеров R , разогреваемых долгоживущими радиоактивными элементами — ураном, торием и калием (расчет С. В. Маевой)

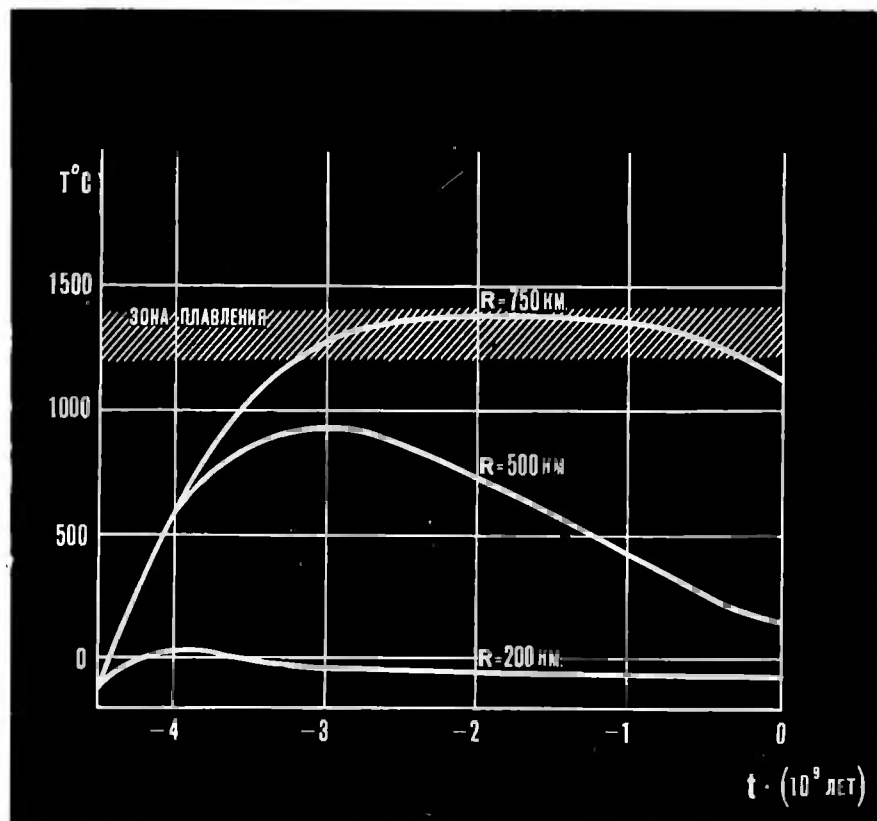
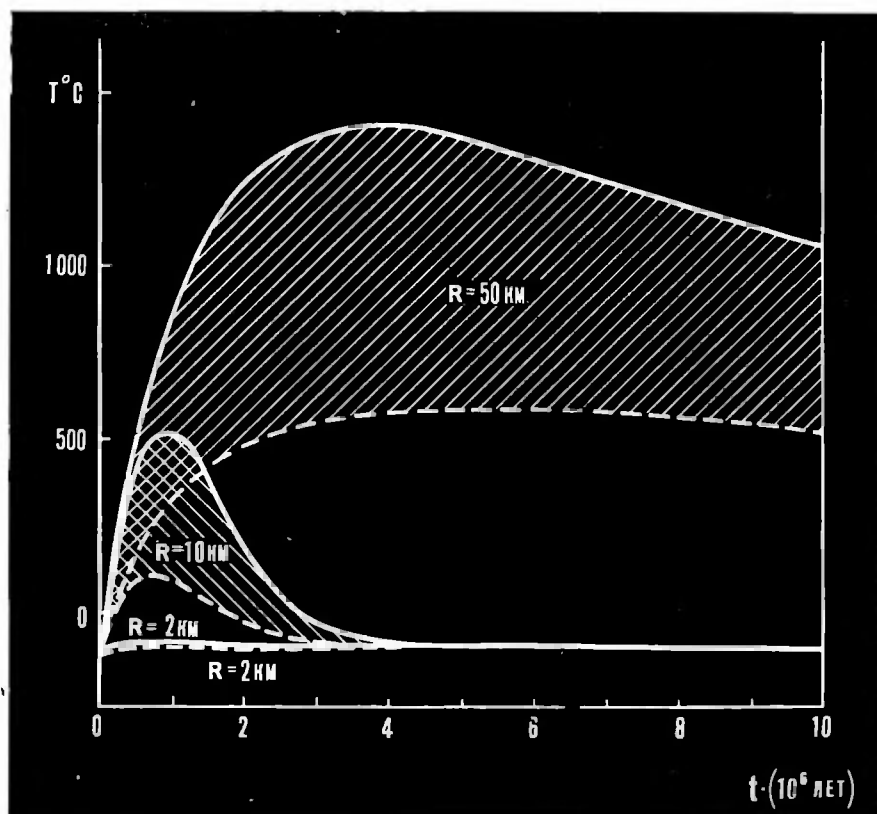


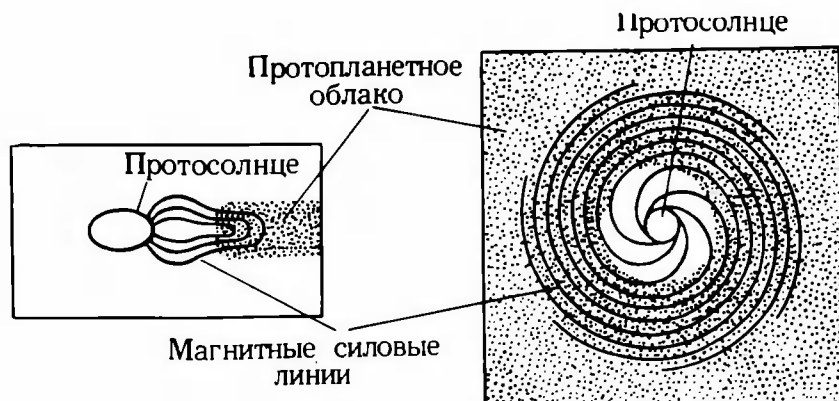
Рис. 3. Зависимость от времени температуры в центре астероидов разных размеров, разогреваемых короткоживущим изотопом алюминия-26 (расчет С. В. Маевой). Заштрихована область температур, соответствующая интервалу возможных содержаний алюминия-26



Разогреть малые тела мог бы Al^{26} , если бы он присутствовал в достаточном количестве, так как его период полураспада меньше миллиона лет. Но даже при таких темпах распада скорость выделения тепла превышает скорость его рассеяния в пространстве только в телах размером более 50 км. Тела еще меньших размеров даже Al^{26} нагреть не может (рис. 3).

Встает вопрос, откуда мог взяться Al^{26} . При галактическом синтезе, судя по соседним стабильным изотопам, Al^{26} образуется в таком количестве, что должно было пройти не больше 4—5 млн лет со времени его образования до образования родительских тел метеоритов, чтобы он мог их разогреть. Этот срок очень мал и находится в прямом противоречии с оценками того же промежутка времени, которые делаются на основании соотношения первоначального содержания радиоактивного J^{129} и его продукта распада — избыточного He^{129} , а также на основании оценок первичного содержания Pu^{244} и продукта его распада — избыточного He^{136} . Оценки по этим элементам показывают, что от взрыва Сверхновой, который породил J^{129} и Pu^{244} , до начала накопления продуктов их распада в родительских телах метеоритов прошло от 50 до 200 млн лет (в зависимости от предположений о начальном составе космического вещества — о содержании в нем J^{129} и Pu^{244}). Но оказалось, что тот же процесс, который привел к образованию Li, Be и B, приводит и к образованию Al^{26} . Причем если от образования Al^{26} до образования родительских тел прошло очень мало времени, то количество Al^{26} было бы достаточным, чтобы нагреть родительские тела метеоритов до температуры около $1000^\circ C$. Можно предполагать, что на самом деле нагрев составлял около $500^\circ C$.

За последнее время выявилась интересная новая возможность нагрева родительских тел метеоритов. Дело в том, что молодое Солнце должно было испускать солнечный ветер в миллионы раз более интенсивный, чем сейчас, и унесший, возможно,



массу, составляющую половину современной массы Солнца. Согласно расчетам американских ученых К. Сонетта, Д. Колберна и К. Шварца, этот солнечный ветер был достаточен, чтобы, будучи неоднородным, создать индукционный нагрев в планетных телах. По расчетам Сонетта, Колберна и Шварца, молодое Солнце могло разогреть находившиеся в зоне астероидов тела размером в сотни километров до температур порядка $1000^\circ C$ и выше.

Таблица I

Пример индукционного нагрева тел в астероидной зоне ($a = 2,5$ а. е., $T = 2 \cdot 10^6$ лет)

Радиус тела (км)	Начальная температура ($^\circ C$)		
	300	400	500
1500			1063
1000	335	652	1181
500	332	577	1313
300	328	538	1265
150	323	493	1030
100	320		920
75	319		855
50	316		770

Однако сами тела должны были иметь начальную температуру около $500^\circ C$, чтобы с самого начала обладать достаточной электропроводностью. Откуда же взять такую начальную температуру? Авторы рассматривают свой расчет, приведенный в таблице, как пример. Если взять несколько большую электропроводность и предположить более крутую зависимость ее от температуры, то такой же разогрев может быть полу-

Рис. 4. Схема передачи момента количества движения от протосолнца отделившемуся веществу в результате магнитного сцепления (по гипотезе Хойла): слева — разрез перпендикулярно экватору протосолнца; справа — проекция на плоскость облака

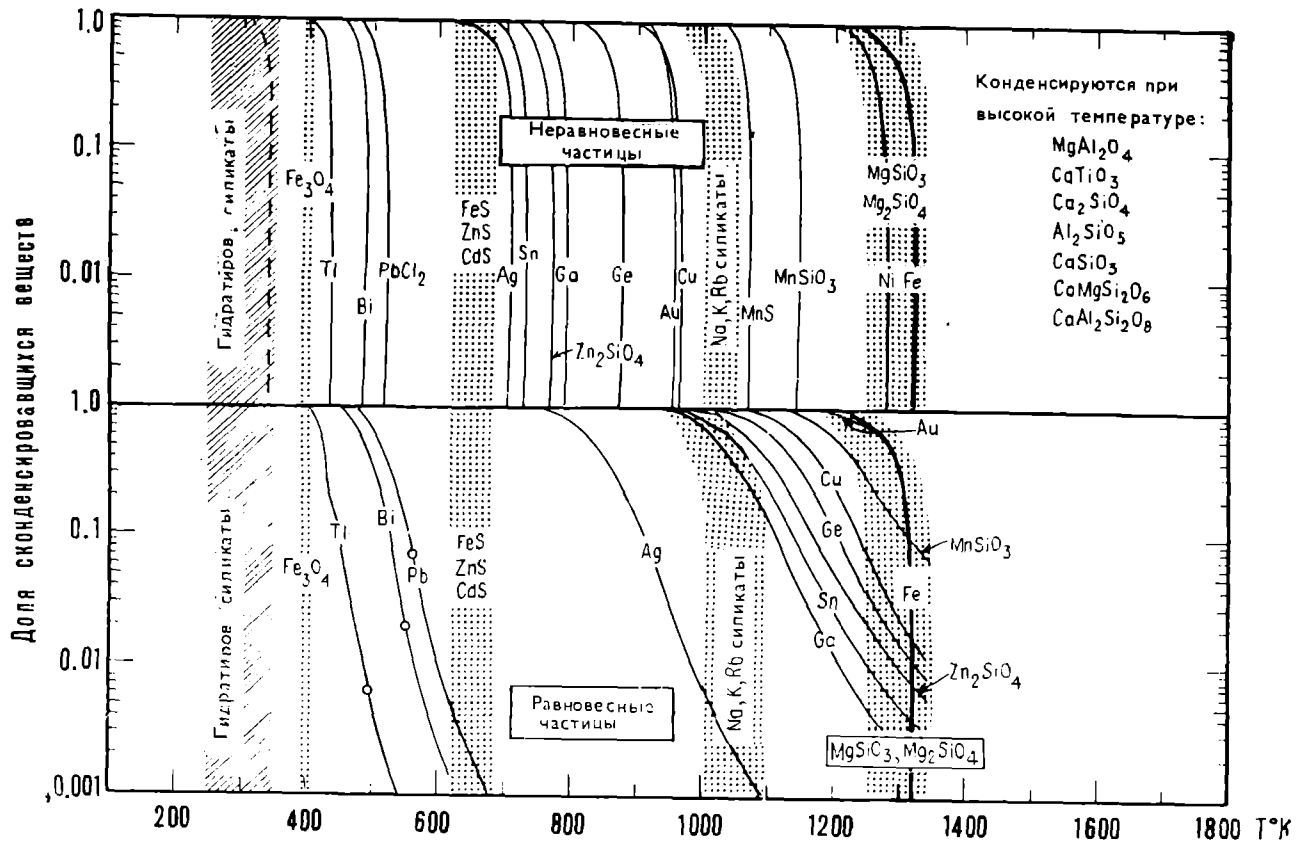
чен и при начальной температуре в $300^\circ C$. Но даже температура в $300^\circ C$ в зоне астероидов слишком велика. Здесь может прийти на помощь Al^{26} . Он может нагреть тело до $300—500^\circ C$, а дальше вступает механизм индукционного нагрева.

Так или иначе, но и механизм разогрева алюминием-26 и индукционный нагрев требуют, чтобы протопланетное облако и даже родительские тела метеоритов образовались в то время, когда Солнце было еще молодым, т. е. это должен был быть процесс, связанный с образованием самого Солнца.

Таким образом, есть основания считать, что совместное образование Солнца и протопланетного облака, действительно, имело место.

Три гипотезы о происхождении протопланетного облака

Первая из современных гипотез была высказана Ф. Хойлом в Москве, во время Международного астрономического съезда в 1958 г., и опубликована в 1960 г. Согласно гипотезе



Ф. Хойла, вращающееся и сжимающееся протосолнце оказалось ротационно-неустойчивым, когда его радиус сократился приблизительно до радиуса орбиты Меркурия. Произошло отделение вещества с экватора чечевицеобразного протосолнца. Как только Солнце (точнее, протосолнце), сокращаясь дальше, ускорило свое вращение по отношению к отделившемуся веществу, возникло магнитное торможение вращения Солнца в результате того, что его магнитное поле создало сцепление между Солнцем и отделившимся веществом.

Магнитное сцепление, тормозя вращение Солнца, во-первых, вывело его из состояния ротационной неустойчивости и тем самым прекратило дальнейшее отделение вещества и, во-вторых, передало момент количества движения отделившемуся веществу, заставляя его отодвинуться и распространиться на все пространство современной планетной системы. Так, согласно Хойлу, возникло протопланетное облако, из кото-

рого в дальнейшем образовались планеты (рис. 4).

На рис. 4 видно, что магнитные силовые линии закручены в спирали и Солнце, вращаясь, тянет за собой отделившееся вещество, тем самым передавая ему момент количества движения. Трудность заключается в том, что по неясной причине должно было происходить не просто отодвигание кольца отделившегося вещества, а его распространение по всему пространству современной планетной системы. Хойл объясняет это турбулентным трением. Но он знает, что такая ссылка неоправдана, поскольку рассеянная среда с кеплеровскими скоростями вращательного движения должна быть устойчивой по отношению к возникновению турбулентности и потому должна обладать ламинарным движением.

Каким образом отделившееся вещество распространилось по всему пространству солнечной системы? Вот,

Рис. 5. Конденсация различных веществ в ходе остывания протопланетного облака солнечного состава

пожалуй, самый неясный вопрос в гипотезе Хойла.

Вторая гипотеза была выдвинута американским астрофизиком А. Камероном, который не согласен с гипотезой Хойла на том основании, что Хойл выбирает протосолнце, обладавшее нужной массой и нужным моментом количества движения. Камерон берет типичную туманность с типичным моментом количества движения. Он рассматривает туманность с массой $2 \div 4 M_{\odot}$, обладающую такой скоростью вращения, что отделение вещества начинается при радиусе, превышающем радиус орбиты Плутона.

Камерон, кроме того, считает, что протозвезда не успевает в ходе отделения вещества перестроиться и изменить свою внутреннюю структу-

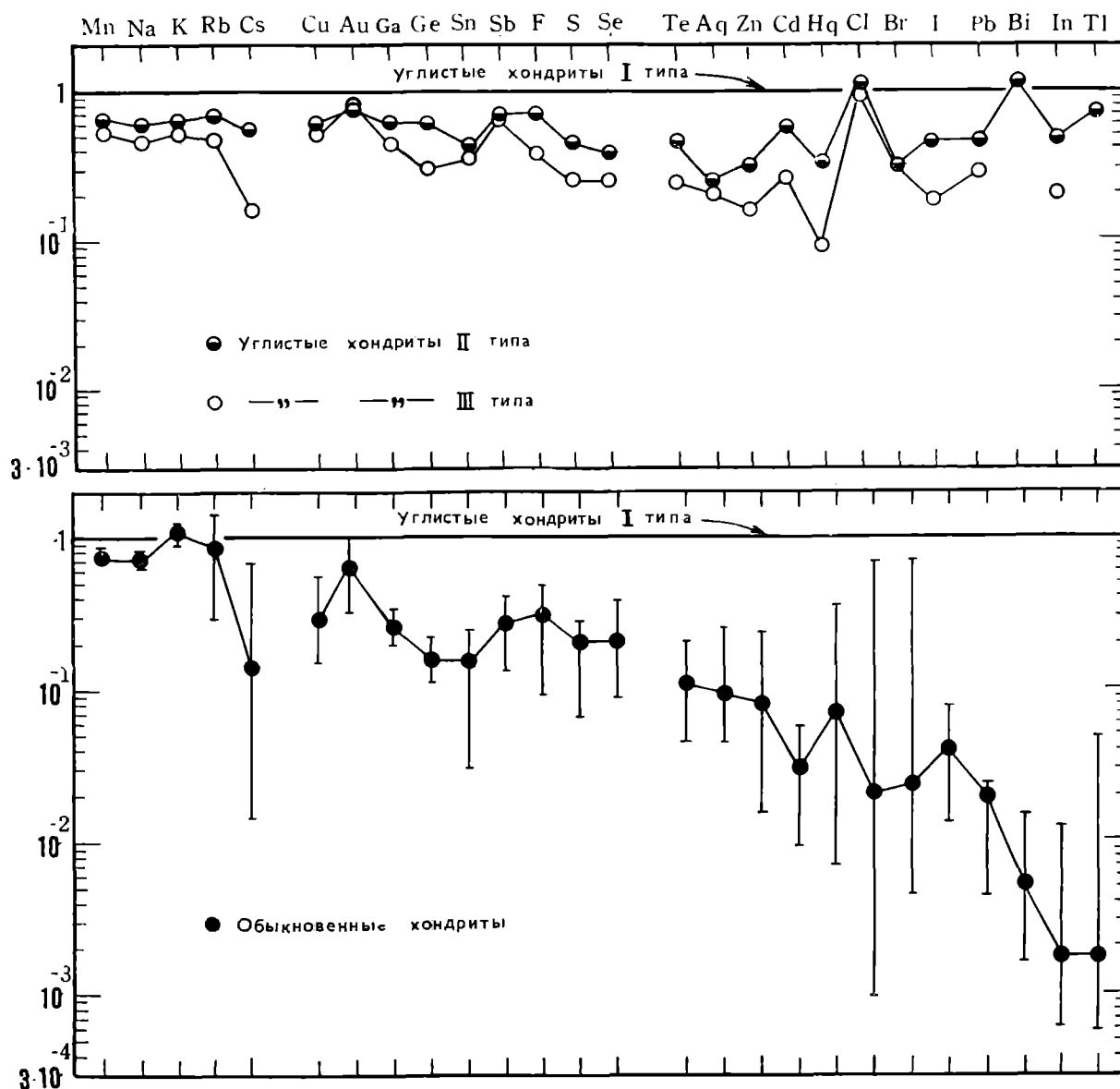


Рис. 6. Дефицит умеренно летучих элементов в хондритах разных типов по отношению к углистым хондритам I типа

ру, а просто происходит отделение наружных частей вещества цилиндрическими слоями. Получается совершенно удивительное распределение вещества в диске. Хотя плотность вещества возрастает к центру, сокращение длины окружности кольцевых зон одинаковой ширины приводит к тому, что большая часть массы оказывается на периферии диска. Внут-

ри современной орбиты Земли, по схеме Камерона, первоначальная масса должна была быть меньше массы Солнца. В центре практически нет никакого сгущения — нет Солнца. Все вещество перешло в диск, и только в дальнейшем, в результате процессов, происходивших в этом диске, часть вещества упала к центру, образовав Солнце. Другая, большая часть, рассеялась в пространстве. Только ничтожная доля общей массы вещества оказалась собранной в планеты. Совершенно непонятно, как происходил этот процесс, чем именно определяется та

ничтожная доля массы, которая собралась в планеты. Кроме того, в гипотезе Камерона Солнце образуется после протопланетного облака, и остается непонятным, откуда появились в облаке Li, Be, B, H² и Al²⁶, которые затем вошли в состав планет.

Наконец, третья гипотеза — гипотеза Э. Шацмана (1967), которая была высказана в связи с его же гипотезой об образовании H² путем скалывания He. По существу, гипотеза Шацмана возрождает гипотезу Лапласа. Она имеет много общего и с гипотезой Хойла. Здесь тоже происходит цент-

робежное отделение протопланетного облака небольшой массы, но только никакого магнитного сцепления не предполагается. Отделение начинается в районе орбит самых далеких планет и продолжается в ходе дальнейшего сжатия протосолнца. Только что образовавшееся Солнце обладает быстрым вращением, а затем затормаживается в результате мощного корпускулярного излучения, уносящего 10^{-4} – 10^{-5} его массы.

Конденсация в облаке и фракционирование элементов

Три современные гипотезы о происхождении протопланетного облака ведут к очень разным картинам его образования, с различным распределением в нем вещества и с разной историей остывания. Не сделав между ними выбор, очень трудно изучать, как происходила конденсация пылинок в этом облаке, которое первоначально имело температуру около 2000°C и находилось целиком в газообразном состоянии.

Однако не изучая процесса конденсации, нельзя понять, чем определяется химический состав Земли и метеоритов. Приходится начинать изучение конденсации в протопланетном облаке, не имея твердых представлений об его образовании.

Большинство исследователей этого вопроса изучают равновесную конденсацию, в которой предполагается равновесие между пылинками и газом. В работе Дж. Ларимера рассматривается конденсация и для случая, когда падение температуры происходило так быстро, что пылинки получались слоистыми. Вещества, конденсировавшиеся на поверхность пылинок позже, не успевали диффундировать внутрь. Таким образом, между поверхностью пылинок и газом равновесие было, а внутри пылинок равновесия не было.

Однако американские физико-химики М. Бландер и Дж. Кац (1967) настаивают, что надо изучать неравно-

весную конденсацию, т. е. конденсацию из переохлажденного газа, когда нет равновесия между твердыми частицами и газом и когда образуются частицы с очень резкими различиями в составе. И действительно, у метеоритов наиболее примитивного типа, которые не подверглись в дальнейшем термальному метаморфизму, отдельные минеральные частицы имеют весьма различный состав: минералы не находятся друг с другом в термодинамическом равновесии.

Согласно Ларимеру, конденсация протекает, как показано на рис. 5. При температуре около 1800 – 1900°C сгущаются немногочисленные, самые нелетучие вещества. При температуре около 1600°C конденсируется железо. Благодаря присутствию водорода оно выделяется в металлическом виде. При остывании до 1400°C становятся твердыми силикаты. К моменту, когда температура снижается до таких значений, конденсируется примерно 90% всего вещества, которое вообще способно стать твердым в зоне планет земного типа. При остывании до 600°C происходит образование сернистого железа в результате воздействия сероводорода на металлические железные частицы, а затем, ниже 400°C , железо ржавеет: водяные пары вызывают его окисление.

Пока что никто не изучал воздействие солнечной корпускулярной радиации на химические процессы в облаке. Есть только грубая оценка, проведенная Б. Донном. Количество энергии, излученной молодым Солнцем, составляет 10^{45} эрг. Если бы вся эта энергия была затрачена на химические реакции, могло бы образоваться до 10^{55} молекул, т. е. химические превращения произошли бы в массе вещества порядка солнечной массы. Таким образом, химическое воздействие этой радиации на протопланетное облако гораздо меньшей массы могло быть чрезвычайно значительным.

До настоящего времени не выяснен вопрос, на каком этапе происходило фракционирование элементов. Существуют типы каменных метеоритов,

которые содержат элементы в количествах, соответствующих их космическому обилию, тогда как в метеоритах других типов наблюдается тот или иной дефицит этих элементов (рис. 6).

Углистые хондриты I типа содержат все элементы в космическом обилии. Метеориты этого типа образованы мелкозернистым веществом, состоящим из гидратированных силикатов. В них совершенно нет металлического железа (все железо окислено) и есть различные органические соединения. В углистых хондритах II и III типов содержатся такие минералы, как оливин, пироксен и немного металлического железа.

Если принять за единицу содержание элементов в углистых хондритах I типа, то недостаток примерно 30 умеренно летучих элементов в углистых хондритах II и III типов и в обыкновенных хондритах оказывается таким, как показано на рис. 6. По мнению Э. Андерса, известного исследователя метеоритов, кривые для углистых хондритов II и III типов дают основание утверждать, что элементы различной летучести потеряны в одинаковой степени. На этом основании он делает вывод, что углистые хондриты II и III типов представляют собой смесь вещества хондритов I типа с каким-то другим веществом — более высокотемпературной фракцией, содержащей металлическое железо, оливин и пироксен. В обыкновенных хондритах, состоящих в основном из оливина и пироксена и содержащих в большем количестве металлические включения, дефицит этих элементов гораздо больший. Но тогда нельзя провести через точки горизонтальную прямую и считать, что все элементы потеряны в одинаковой степени и поэтому двухкомпонентная схема Андерса применима к обыкновенным хондритам лишь с большим количеством искусственных допущений.

Австралийский геохимик А. Рингвуд предполагает, что дефицит появился не во время конденсации, а уже в недрах родительских тел метеоритов.

Очень важно, что кроме различия в содержании умеренно летучих элементов имеется большое различие содержания железа в разных группах метеоритов. На рис. 7 по горизонтали отложено содержание окислов железа, а по вертикали — металлического и сернистого железа. Если бы общее содержание железа было одинаково, а все дело заключалось в относительном количестве восстановленного и окисленного железа, то точки лежали бы вдоль прямой, наклоненной под углом 45° . На самом деле мы сталкиваемся с группами хондритов, которые содержат явно различное количество железа. Как и где произошло это разделение, мы, к сожалению, не знаем.

Вопрос о железе в метеоритах имеет и другие стороны. Оказывается, его в метеоритах около 25%, или в несколько раз больше, чем в солнечной фотосфере. По отношению к нелетучим элементам, из которых в основном состоят метеориты, его содержание в фотосфере составляет около 6%. Почему — толком неизвестно.

В солнечной короне доля железа больше, чем в фотосфере, и Камерон считает, что металлы, в том числе железо, выносятся в корону селективным световым давлением и теряются вместе с солнечным ветром. В результате фотосфера Солнца обеднена металлами и железом, тогда как метеориты дают правильное космическое обилие железа.

Г. Юри и Дж. Арнольд возражают против этого. Они считают, что солнечный ветер уносит химические элементы в нормальной солнечной пропорции, и полагают, что солнечная корона обогащена железом за счет того, что в нее все время сыплется вещество метеоритного типа — вещество зодиакального света. В короне оно испаряется, в результате чего происходит обогащение железом.

Еще сложнее вопрос о содержании железа в планетах земной группы. Оценки его доли в Земле и Венере существенно зависят от того, принять ли старую гипотезу о «железном»

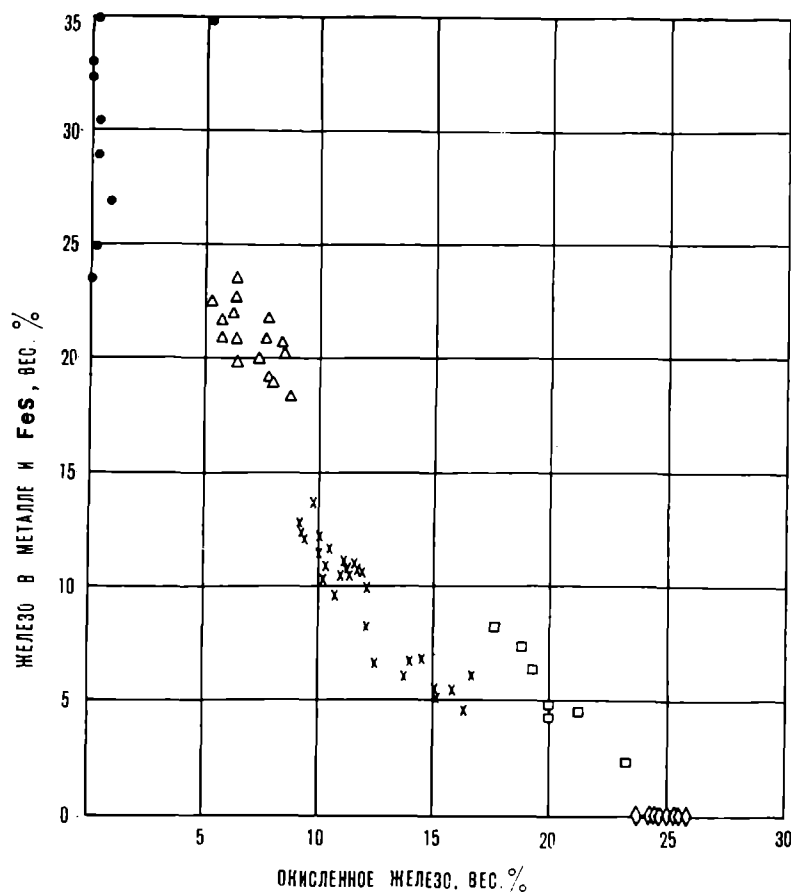


Рис. 7. Соотношение между содержанием окисленного железа и железом в металле и сульфиде в хондритах, показывающее разделение на отдельные группы и изменения внутри групп (Мэйсон, 1962)

● — энстатитовые хондриты;
△ — оливин-бронзитовые хондриты;
× — оливин-гиперстеновые хондриты;
□ — оливин-пироксеновые хондриты;
◇ — углистые хондриты

Таблица II

Содержание железа в планетах земной группы (в % по массе)

Планеты	Данные, основанные на гипотезе «железного» ядра Земли		Данные, основанные на гипотезе о ядре Земли, состоящем из металлизированного силиката	
	1	2	3	4
Меркурий	63	57	60	55
Венера	26	39	0—25	27—40
Земля	31,5	42	0—2	25—27
Луна	5	23	0	25
Марс	19	35	0—5	30

Примечание: 1—Содержание Fe, Ni, Si. 2—Те же данные, приближенно пересчитанные на общее содержание железа в предположении, что в силикатах его содержится 25%. 3—Содержание металлического никелистого железа. 4—Те же данные, приближенно пересчитанные на общее содержание железа в предположении, что в силикатах его содержится 25%.

Рис. 8. Снимок Луны, показывающий существование на ее поверхности континентальных и морских областей

ядре Земли¹ или же гипотезу Лодчинова—Рамзея о ядре из металлизированных силикатов. Если исходить из гипотезы «железного» ядра Земли, то получается, что, даже исключив Меркурий, мы имеем различие по меньшей мере в 6 раз в содержании железо-никель-кремниевое сплава и различие в полтора раза в общем содержании железа как элемента (см. столбцы 1 и 2 в табл. II).

Если же исходить из предположения, что ядро Земли состоит из металлизированных силикатов, можно получить более отрадную картину. Для Венеры допустимы модели с весьма различным количеством металлического никелистого железа и, соответственно, с различным содержанием железа как элемента. Но если взять для нее модели без существенного железного ядра, то получится, что Венера, Земля, Луна и Марс могут иметь сходный состав, лишь немного (как и в метеоритах) различающийся по содержанию железа.

Приведя в согласие данные для Венеры, Земли, Луны и Марса, мы ничего не можем сделать с Меркурием, высокая плотность которого указывает, что в нем имеется около 60% никелистого железа, т. е. 50—55% железа как элемента. Это не

¹ После экспериментов по ударному сжатию железа и никелистого железа, проведенных Л. В. Альтшулером и др. (УФН, 1965, т. 85, № 2, стр. 197), сторонники гипотезы о «железном» ядре Земли больше не считают, что оно состоит из никелистого железа, а предполагают некоторую примесь кремния, снижающую плотность этого сплава и приводящую ее к согласию с геофизическими данными.



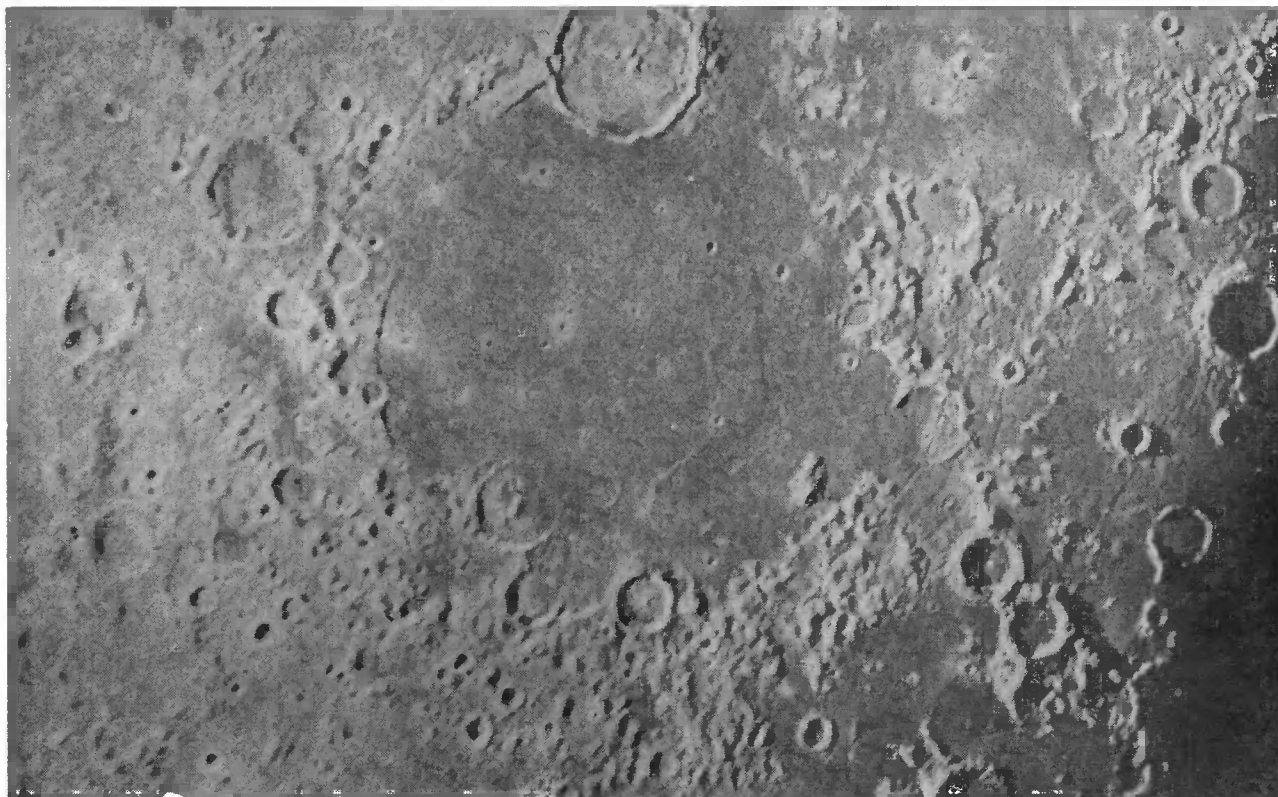


Рис. 9. Круглое море Влажности. На его поверхности, как и на поверхности других морей, кратеры малочисленны

похоже ни на какие другие планеты. По-видимому, температура пылевого вещества в зоне формирования Меркурия не опускалась до 400°C , поэтому железо осталось в металлическом состоянии и его магнитные свойства проявились в преимущественной аккумуляции железных пылин.

Проблемы аккумуляции планет-гигантов

Планеты земной группы малы, и они не могли своими возмущениями выбрасывать вещество из зоны своего образования. Практически все твердое вещество, которое присутствовало в зоне образования планет земной группы, вошло в состав этих

планет. В случае планет-гигантов картина иная. Их массы настолько велики, что они своими возмущениями выбросили некоторое количество вещества за пределы планетной системы.

Если предполагать, что в зоне Урана и Нептуна было только то вещество, которое ныне входит в состав этих планет, на аккумуляцию Урана и Нептуна ушло бы время, превышающее возраст солнечной системы. Только предположив, что вначале там было существенно больше вещества, можно получить приемлемую длительность аккумуляции. В зоне планет-гигантов твердые тела имели ледяной состав, и выброс тел из этой зоны был в то же время процессом образования облака кометных ядер, которое окружает в настоящее время солнечную систему. Оно простирается до расстояния в 100—150 тыс. а. е. и служит источником комет, которые сейчас наблюдаются.

Таким образом, даже в рамках чисто механической постановки вопро-

са об аккумуляции планет из твердого вещества процесс образования планет-гигантов существенно сложнее процесса аккумуляции планет земной группы.

Однако Юпитер и Сатурн содержат огромное количество водорода. Чтобы водород мог заморзнуть и войти в состав планет в твердом состоянии, нужно снизить температуру наружных частей протопланетного облака до $4\text{--}5^\circ\text{K}$. Это казалось не безнадежным, так как внешняя часть облака была загорожена внутренней частью от солнечных лучей. Однако в последние годы выяснилось, что в атмосфере Юпитера есть гелий, который никак не мог перейти в твердое состояние в протопланетном облаке. Следовательно, Юпитер и Сатурн аккумуляровались не только из твердого, но и из газообразного вещества. К сожалению, совершенно неясно, на каком этапе аккумуляции твердого вещества планета переходит к такому режиму, что она в состоянии начать вбирать в себя и газообразное вещество.

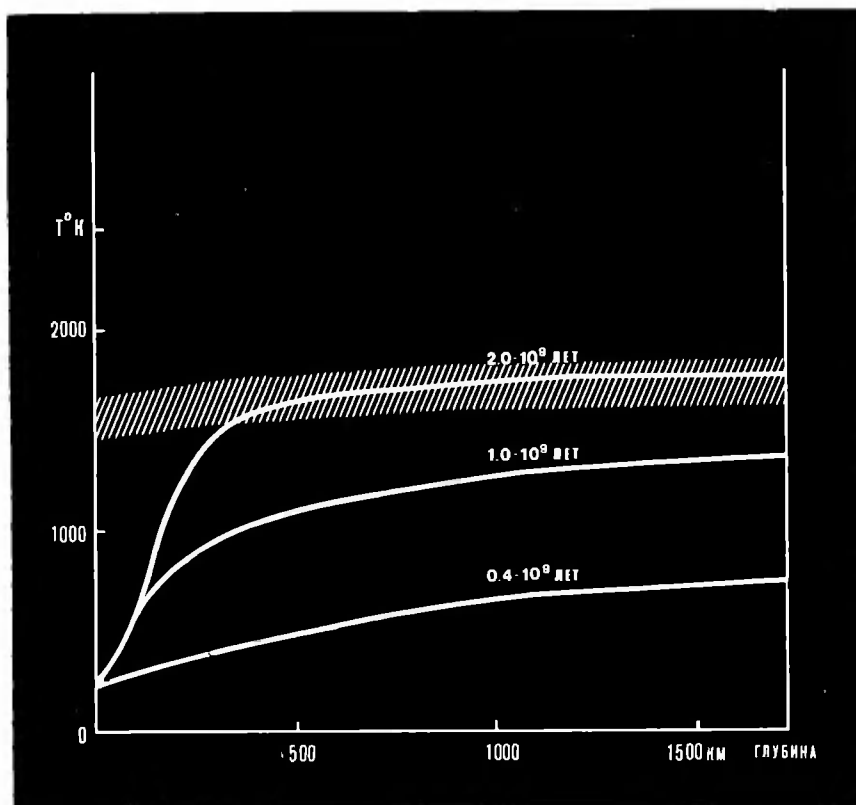


Рис. 10. Разогрев Луны долгоживущими радиоактивными элементами (U, Th, K). Заштрихована область температуры плавления. Через 2 млн лет после образования Луны наступило расплавление, сопровождавшееся дифференциацией вещества в недрах Луны и выходом большей части радиоактивных элементов к поверхности (расчет С. В. Маевской)

Вполне возможно, что масса, при которой начинается собирание газов, меньше массы Земли. Если это подтвердится, то для объяснения, почему Земля не обладает первичной атмосферой, нужно будет допустить, что к концу аккумуляции Земли газ уже успел диссипировать из земной «зоны питания».

Дифференциация Луны

Как известно, на Луне есть более светлые области, густо усеянные кратерами, и более темные равнины, на которых кратеров значительно меньше (рис. 8). Равнины получили название морей, а светлые области называются континентами или материками. Большинство исследователей Луны издавна полагали, что моря образованы излившейся лавой, хотя строгих доказательств не было и потому нельзя было категорически опровергнуть гипотезу Т. Голда, считавшего моря впадинами, заполненными мелкой пылью.

Число кратеров на морях как раз соответствует ожиданиям, основан-

ным на оценках частоты ударов о поверхность Луны небольших астероидов и кометных ядер, залетающих в район земной орбиты. Наблюдаемые кратеры должны были образоваться за время существования морей, составляющее 2—3 млрд лет.

Но на материках число кратеров столь велико, что они не могли образоваться за все время существования Луны при том же темпе кратерообразования (рис. 9). Ведь возраст Луны, как и возраст всей солнечной системы, не превосходит 5 млрд лет, т. е. он всего вдвое больше возраста лунных морей. Поэтому многие исследователи Луны, в первую очередь сторонники ударного происхождения кратеров, считали материи остатками первичного наружного слоя Луны, усеянного кратерами на заключительном этапе ее аккумуляции. По оценке американского исследователя Маркуса, плотность кратеров на материках соответствует насыщению и не может быть увеличена дальнейшей бомбардировкой: число

уничтожаемых при этом кратеров будет равно числу образующихся вновь.

Однако наряду с такими взглядами имелись и предположения, что лунные материи, подобно земным, состоят из гранитных пород. В отношении состава морей существовало большее единство взглядов: почти все исследователи считали, что они сложены базальтовыми лавами, поскольку эти лавы гораздо менее вязки, чем гранитные, и потому могут растекаться на огромные площади.

Прямые измерения состава поверхностного слоя Луны, впервые проведенные акад. А. П. Виноградовым и Ю. А. Сурковым при помощи советских автоматических станций «Луна-10» и «Луна-12», принесли блестящее подтверждение гипотезам о базальтовом составе лунных морей, а также указали на более основной состав лунных материков. Последнее как раз согласуется с предположением, что материи сложены первичным насыпным веществом, незамещен-

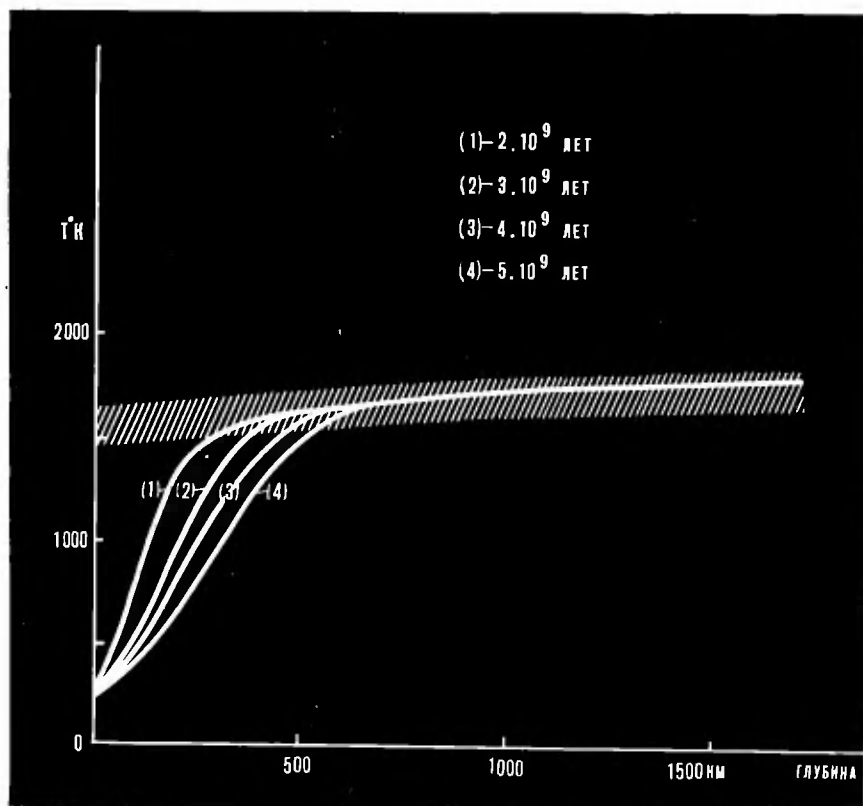


Рис. 11. Остывание Луны. Вынос радиоактивных элементов к поверхности облегчил рассеяние в пространство выделяемого ими тепла и привел к переходу Луны от разогрева к остыванию (расчет С. В. Маевой)

ным лавами, излившимися из недр Луны.

Теоретические расчеты термической истории Луны, проведенные С. В. Маевой под руководством автора, показали, что нагрев радиоактивными элементами должен был вызвать расплавление значительной части лунных недр (рис. 10). Образование и подъем легких лав создали 2—3 млрд лет назад благоприятные условия для их излияния. Однако, судя по строению лунной поверхности, излияния лав происходили, как правило, не самопроизвольно, а в результате ударов крупных тел, что вело к проседанию окружающих областей и к образованию круглых морей. Редкие самопроизвольные излияния лавы или ее растекание за пределы круглых морей привели к образованию морей неправильной формы. Поскольку базальтовые лавы сильно обогащены радиоактивными элементами, подъем этих лав и выход на поверхность облегчил ускользание в пространство тепла, выделяемого радиоактивными элементами. Это привело к переходу Луны от нагрета

вания к остыванию (рис. 11), происшедшему 2—3 млрд лет назад. Сейчас на Луне нет прежних благоприятных условий для лавовых излияний.

На первый взгляд все как будто достаточно ясно и не видно оснований относить проблему дифференциации Луны к числу нерешенных проблем. К сожалению, такие основания есть!

Прежде всего остается непонятным, почему лавовые излияния не покрывают всю поверхность Луны, почему на ней сохранились в виде материковых областей остатки первичного наружного слоя. Твердые силикаты плотнее расплавленных силикатов того же состава, и частичное сохранение первичного наружного слоя указывают на какие-то пока что недостаточно ясные особенности его состава и структуры, которые сделали первичный слой более легким, чем поднимавшиеся снизу базальтовые магмы.

Во-вторых, радиоастрономические измерения температуры в поверхностном слое Луны, выполненные В. А.

Троицким и его сотрудниками, привели к заключению о большом потоке тепла из недр Луны — столь большим, что даже в настоящее время раскаленное вещество должно находиться на незначительной глубине. Но это несовместимо с отклонениями фигуры Луны от гироэстатического равновесия.

С другой стороны, наблюдения магнитных полей в окрестностях Луны, осуществленные американскими исследователями (Несс и др.), привели их к прямо противоположному заключению, что недра Луны должны обладать малой электропроводностью, а потому должны быть относительно холодными. Столь холодными, что неясно, как объяснить их дифференциацию, проявляющуюся в существовании базальтовых морей.

Перечисленные противоречия и дают основание относить проблему дифференциации Луны к числу нерешенных.

Мне хотелось бы закончить тем, с чего я начал: выяснение характера вещества, из которого образовалась наша планетная система, выяснение основных черт процесса ее образования дает основание для весьма оптимистической оценки перспектив развития планетной космогонии. Сочетание теоретических исследований, наблюдений с Земли и космических экспериментов приведет к тому, что проблемы, которые сейчас приходится относить к числу нерешенных, одна за другой будут переходить в категорию решенных.

Вулканизм и радиоактивные изотопы

Профессор
В. В. Чердынцев

Радиоактивные изотопы в вулканизме до последних лет почти не изучались. Начиная с классических исследований Дж. Джоли в начале века и до наших дней подобные работы ограничивались лишь исследованием материнских элементов — урана, тория и калия, без учета их продуктов распада. Вместе с тем радиоактивные изотопы имеют большое значение при выяснении возможности переноса газо-паровыми струями вещества из глубин Земли в виде различных химических соединений и возможности поступления вещества различных генераций при формировании эффузивных пород. И, наконец, радиоактивные изотопы в вулканизме, как и в других геологических процессах, позволяют установить абсолютный возраст горных пород. В последние годы советская наука значительно расширила наши знания в этой области. Большое число работ, в частности, выполнено в Геологическом институте АН СССР (ГИНе) коллективом молодых ученых — В. М. Купцовым, И. В. Казачевским, Г. И. Кислициной, Е. А. Кузьминой и др. В своей статье автор рассматривает поведение практически всех тяжелых радиоэлементов.



Виктор Викторович Чердынцев, доктор геолого-минералогических наук, заведует лабораторией абсолютного возраста в Геологическом институте АН СССР, специалист в области ядерной геохимии и космохимии, радиоактивности естественных элементов.

Радиоизотопы в природе

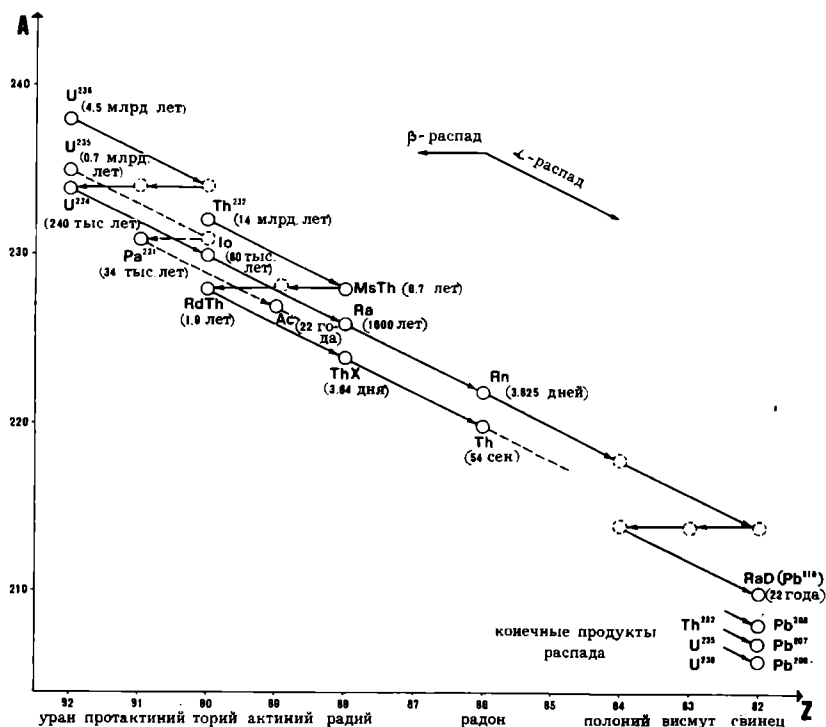
«Человек подвешен между двумя бесконечностями», — сказал Декарт. Это изречение, может быть, сейчас приобретает новое содержание. Основные усилия науки в наши дни направлены, с одной стороны, на исследование космоса, а с другой — на изучение недр Земли, слоев верхней мантии, подстилающих земную кору. Эти проблемы требуют такого применения сил и приложения средств, что становятся научными проблемами государственного значения.

Естественно, что наряду с запуском космических кораблей продолжается и расширяется исследование космоса с Земли при помощи телескопов, радиотелескопов, радиозондов и т. д. А до штурма подкоровых слоев Земли, который еще не начат, необходимо изучить глубинное вещество в той мере, в какой это до-

ступно исследователю, находящемуся на поверхности Земли, и здесь огромное значение приобретают процессы вулканизма.

Вулканы — это те отдушины, по которым вещество верхней мантии непосредственно поступает на земную поверхность, но, проходя поверхностные горные породы, оно изменяется, разлагается на компоненты, захватывает вещество окружающих пород. Для познания вулканизма нужно опираться на какие-то элементы, соотношение которых в первичном веществе мантии строго известно. Обычно мы способны делать лишь некоторые предположения о составе этого вещества, используя такую несовершенную базу, как сравнение с веществом космоса (метеоритов), или же собственную интуицию.

Однако есть изотопы, для которых начальное соотношение точно известно. Это радиоактивные изотопы —



продукты распада урана и тория. В ненарушенной начальной системе они находятся в хорошо известном состоянии радиоактивного равновесия.

Известно, что за область устойчивых изотопов, от водорода (атомный номер $z=1$) до висмута ($z=83$), начинается область, где все изотопы обязательно неустойчивы к альфа-распаду (или самопроизвольному делению) и, как следствие этих процессов,— к бета-распаду. Имеется, однако, «островок устойчивости», включающий только три изотопа: U^{238} , U^{235} и Th^{232} . Они распадаются так медленно, что сохранились за время существования атомных ядер и являются «первозданными» (в той же мере, как изотопы устойчивых элементов). При распаде первозданных изотопов урана и тория возникают короткоживущие продукты распада, образуются ряды распада. За время значительно большее, чем период полураспада $T_{1/2}$, между ними устанавливается состояние радиоактивного равновесия, при котором для каждого продукта распадается

столько же атомов, сколько и образуется.

В изолированной системе состояние равновесия достигается для ряда распада U^{238} практически за миллион лет, для ряда U^{235} —за сотни тысяч лет, а для ряда Th^{232} —всего за сто лет. В древних горных породах (примерно дочетвертичного возраста) радиоактивное равновесие, безусловно, уже установилось. Однако оно может нарушаться, если какой-либо изотоп покидает систему (например, растворяется в циркулирующих растворах). Такие процессы наиболее сильны у поверхности Земли, а системы, наиболее отклоняющиеся от равновесия,— это природные воды. Именно они—основной фактор переноса всех элементов в поверхностных слоях земной коры.

Прежде чем говорить о вулканизме, рассмотрим, как происходит разделение изотопов в природе на хорошо изученном материале геологии земной коры. Это разделение существенно зависит от периодов полураспада радиоизотопов. Короткоживу-

Схема рядов распада трех тяжелых естественных радиоизотопов: U^{238} , U^{235} и Th^{232} (A —массовое число, z —атомный номер элемента). Первозданные изотопы образуют продукты распада, из которых на рисунке указаны только наиболее долгоживущие, важные для нашего очерка (некоторые короткоживущие изотопы показаны пунктирными кружками). Распад каждого изотопа подчиняется простому закону: $n=n_0e^{-\lambda t}$, где n_0 —начальное содержание изотопа, n —содержание через время t , а λ —вероятность распада изотопа, связанная с его периодом полураспада простым соотношением: $T_{1/2}=0,693/\lambda$. Продукты распада накапливаются по закону: $n=n_0(1-e^{-\lambda t})$. Здесь n_0 означает максимальное содержание изотопа, соответствующее состоянию равновесия. В состоянии радиоактивного равновесия число атомов изотопа прямо пропорционально его периоду полураспада: $n_1/T_1=n_2/T_2=\dots$, а активность всех изотопов (число распадов за одну секунду) равна. Универсальные законы в применении к накоплению Ra , Rn и ThX в природных водах имеют вид:

$$n(Ra) = n_0(Ra)(1 - e^{-\lambda_{Ra}t});$$

$$n(Rn) = n_0(Rn)(1 - e^{-\lambda_{Rn}t});$$

$$n(ThX) = n_0(ThX)(1 - e^{-\lambda_{ThX}t}).$$

Для поверхностных природных вод время подземной циркуляции обычно порядка одного года. В этом случае:

$$\lambda_{Ra}t \ll 1, \text{ а } \lambda_{Rn}t \approx \lambda_{ThX}t \gg 1$$

и написанные выше формулы переходят в

$$n(Ra) = n_0(Ra)\lambda_{Ra}t; \quad n(Rn) = n_0(Rn);$$

$$n(ThX) = n_0(ThX).$$

Отсюда очевидно преимущественное накопление Rn и ThX в молодых водах по сравнению с радием (Ra^{226}).



щие изотопы ($T_{1/2} \leq 1$ день) практически всегда следуют за своими материнскими веществами и не имеют собственной геохимической истории. Само существование первозданных радиоактивных изотопов зависит от периода их полураспада. Если $T_{1/2} = 3 \cdot 10^7$ лет, то от первозданного изотопа на Земле, безусловно, не сохранилось ни одного атома, а если $T_{1/2}$ в сто раз больше, то изотоп сохранился почти полностью (распалось меньше 10%).

На Земле, а вероятно и во всем веществе солнечной системы, сейчас тория примерно в 3,8 раза больше, чем урана. При этом активности обоих элементов (т. е. величина λn — число атомов, распадающихся за единицу времени) примерно равны. В глубинах Земли оба элемента находятся в четырехвалентном состоянии, в котором их геохимические свойства очень близки. Однако в зоне окисления (у поверхности Земли) уран переходит в шестивалентное со-

Кратер Мутновского вулкана на Камчатке. 1967 г.

Фото Л. Сулержицкого



Ключевской вулкан. «Прорыв Пий-па». 1966 г.

Фото Н. Кирсанова



Полевая лаборатория на фумарольном поле

Фото Л. Сулержицкого

стояние, а торий остается в четырехвалентном. Здесь элементы «разлучаются». Торий почти нерастворим в природных водах, а уран, в виде комплексного иона уранила $(\text{UO}_2)^{+2}$, оказывается весьма подвижным компонентом, образуя многочисленные вторичные минералы, куда он приходит без своих продуктов распада — иония (изотопа тория) и протактиния¹.

¹ Протактиний (Pa) также не дает растворимых соединений, будучи аналогом ниобия и тантала.

Дальний потомок урана — щелочно-земельный элемент радий — очень подвижен, легко переносится хлоридными водами, но выпадает из карбонатных и сульфатных вод, в которых уранил легко растворим. В этом смысле радий выступает как «антагонист» урана.

Однако поведение радиоизотопов в природе обуславливается не только их химическими свойствами, а в значительной мере также ядерными

свойствами. Продукты распада при своем зарождении обладают энергией радиоактивной отдачи порядка 100 кэв. Этой энергии хватает на то, чтобы преодолеть много тысяч межузловых расстояний решетки кристалла, в который закономерно входят их материнские вещества.

В конце концов атом отдачи останавливается в некотором случайном месте, где он оказывается чужеродным телом и, следовательно, обладает меньшей энергией связи, а потому

легче выделяется наружу при воздействии природных вод, в широкой мере независимо от их состава.

Этот механизм, который в ядерной физике носит название эффекта Сцилларда — Чалмерса, управляет выделением из горных пород в воды долгоживущих продуктов распада (таких как U^{234} , Io , Ra^{231}), а короткоживущие обогащают воды по закону накопления атомов радиоактивной отдачи. При этом степень обогащения воды изотопом определяется отношением времени циркуляции воды к периоду распада данного изотопа.

Различие в периодах распада приводит к важным следствиям. Поверхностные воды полностью насыщаются радоном, а содержание изотопа радия — Ra^{226} (в единицах активности) в них в тысячи раз меньше. Для многих молодых вод активность короткоживущего изотопа радия — ThX также в сотни и тысячи раз больше активности самого радия (см. рис. на стр. 36). Однако при циркуляции вод по породам, которые содержат вещества гораздо больше, чем сами воды, происходит обмен атомов радия между твердой и жидкой фазой. Число атомов при этом не изменяется, но изотопный состав радия в воде быстро приближается к составу радия в породах, т. е. к равновесному состоянию, в котором активности изотопов примерно равны.

Для долгоживущих изотопов непосредственное поступление атомов отдачи в воду не приводит к заметному накоплению этих изотопов, так как период их распада много больше продолжительности подземной циркуляции воды. Однако воды вымывают из пород в первую очередь накопленные в них продукты распада, поскольку энергия связи этих изотопов меньше, чем у материнских веществ. Из изотопов урана в воды преимущественно поступает продукт распада U^{234} , а из изотопов тория — ионий (Th^{230}). Отношение $\gamma = U^{234}/^{238}$ достигает 12 в водах, выходящих непосредственно из области их питания, а в среднем для вод из

гранитов равно 3 (здесь и в дальнейшем все отношения изотопов даются в единицах активности). При циркуляции по наносам за счет межфазового изотопного обмена это отношение падает примерно до 1,2, (в случае равновесия γ тождественно равно единице). Для пород земной коры в среднем отношение $Io/Th^{232} = 0,8$, но оно повышается в природных водах примерно в полтора раза.

Таким образом, содержание радиоизотопов в водах определяется не только химическими свойствами атомов, но и их ядерными свойствами (накопление долгоживущих продуктов распада с меньшей энергией связи в минералах горных пород и поступление атомов отдачи короткоживущих изотопов в воды, циркулирующие по трещинам пород).

Радиоизотопы в активном вулканизме

Мы видели, что содержание радиоизотопов в природных водах определяется: химическими свойствами, законами распада и, наконец, межфазовым изотопным обменом. Посмотрим теперь, как эти факторы проявляются в активном вулканизме.

Особенность вулканических процессов состоит в том, что содержание радиоэлементов и отношение изотопов может изменяться в чрезвычайно широких пределах (иногда в десятки тысяч раз). Это затрудняет вычисление средних содержаний и, во всяком случае, требует большого числа изученных образцов. Еще сильнее затрудняет работу то, что даже среднее содержание урана в вулканических продуктах, как правило, в десятки раз ниже обычного для земной коры («среднекларкового»). Успех в этих работах дается только в награду за длительные исследования при помощи чувствительной и высокостабильной аппаратуры.

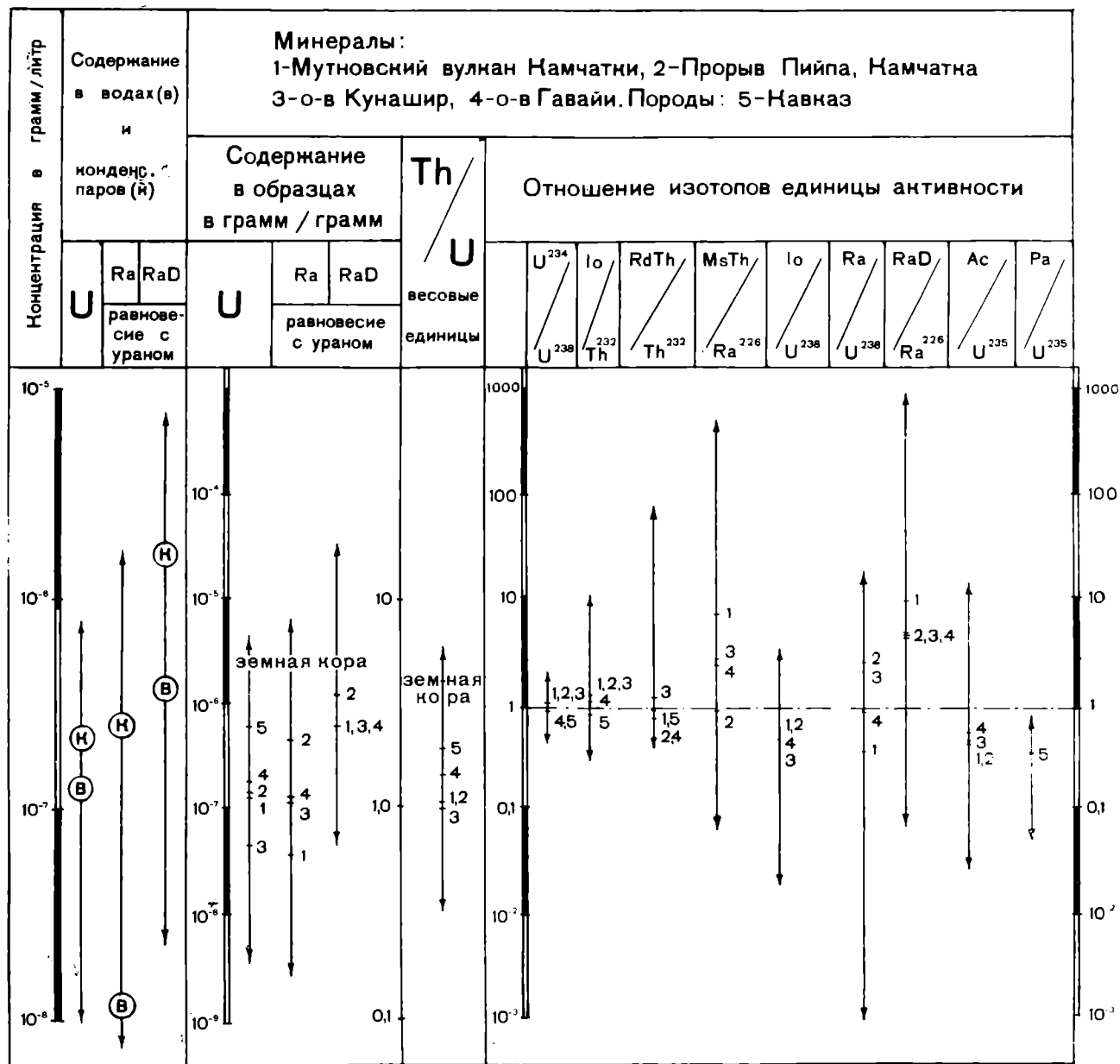
Наиболее мощные проявления подземных сил — это взрывы или извержения вулканов, при которых на поверхность выбрасываются кубические километры газов, пепла и шла-

ка, изливаются реки лавы. Для вулканолога более доступны очаги в перерывах между катастрофами: тогда можно собрать минералы фумарол, газо-паровых струй и лаву застывших потоков. Мы собирали этот материал в нескольких активных вулканических районах Тихого океана, а также на Кавказе, где вулканическая деятельность прекратилась только за последние тысячелетия.

Среди вулканов Камчатки исследователей привлекает малодоступная, но очень интересная Мутновская сопка, которая непрерывно активно действует, хотя и редко дает сильные извержения. Кратер вулкана всегда заполнен дымами от десятков фумарол. Из грозных событий последних лет отметим возникший на Камчатке «Прорыв Пийпа» — трещину на склоне Ключевской сопки, названную в честь замечательного советского вулканолога Б. И. Пийпа. Постоянно действуют вулканические кочегарки и многих активных вулканов Курильских островов, где мы работали на вулканах Менделеева и Головинна (о-в Кунашир). Периодически возникает и выливается в боковые прорывы лавовое озеро на дне кратера Хаумеамеа на о-ве Гавайи. Во время сбора проб в 1968 г. уровень раскаленного озера прибывал ежедневно примерно на четверть метра.

На стр. 38 показана химическая лаборатория у выхода газов в кратере Мутновского вулкана, довольно отличная от привычного вида химических лабораторий. Работа в удушающей среде кислых и сероводородных паров требует большого энтузиазма. Но если энтузиазм обязателен для всякого геолога, работающего в поле, то электронную аппаратуру, необходимую для измерения на месте выхода торона (Rn^{220} , который живет всего 54 секунды), «заразить энтузиазмом» и заставить работать было иногда нелегко.

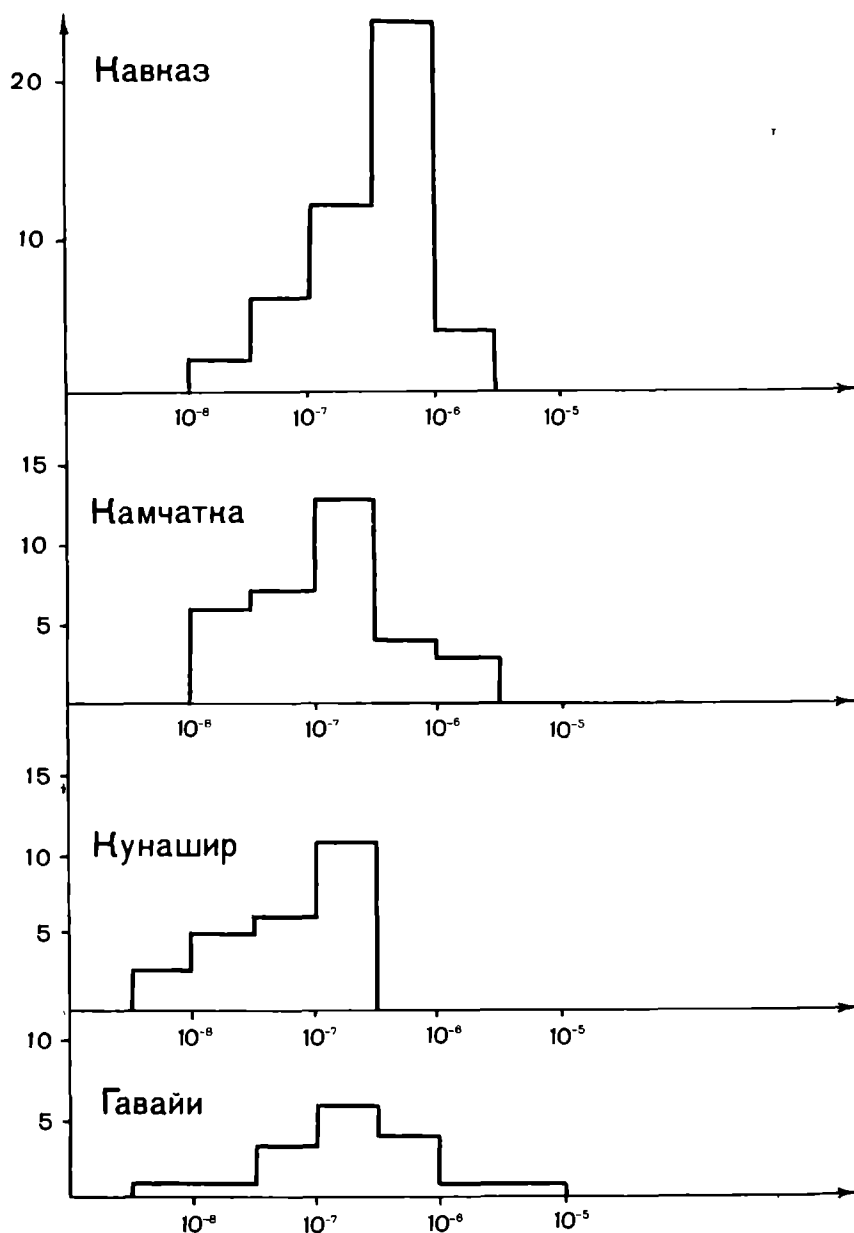
Большая часть наших измерений была проведена в стационарной лаборатории ГИНа в Москве. Эти работы также требуют энтузиазма и в такой же мере наполнены романтикой познания нового, но описать ее, боюсь,



Радиоактивные элементы и радиоизотопы в вулканизме. Содержание U, Ra и RaD, торий-урановое отношение и отношения изотопов радиоэлементов в вулканогенных водах, минералах и породах. Стрелки показывают границы разброса отдельных величин (всего изучено больше 200 образцов). Отношения: Ra/U, MsTh/Ra и RaD/Ra способны изменяться в десятки тысяч раз (на четыре порядка). Содержание радиоэлементов в конденсатах паров выше, чем в фужерольных водах за счет разбавления этих вод метеорными подтоками. Содержание радия уменьшается особенно сильно, так

как он легко выпадает в сульфатной среде вулканических вод. Содержание урана, а также торий-урановое отношение для вулканогенных минералов и пород много меньше, чем для земной коры в целом. Отношения MsTh/Ra и RaD/Ra в среднем много больше единицы, так как короткоживущие изотопы MsTh и RaD обогащают подземные газо-паровые струи за счет поступления атомов радиоактивной отдачи. Если бы этот механизм действовал в чистом виде, то отношение изотопов было бы равно отношению их вероятностей распада (порядка ста). Малое относительное

содержание Io, Ac²²⁷ и Pa²³¹ говорит о том, что эти изотопы переносятся газовыми струями вулканов в значительно меньшей степени, чем уран



Распределение содержания урана в вулканических породах и минералах Кавказа, Камчатки, о-ва Кунашир и о-ва Гавайи (в г/г)

труднее, чем романтику «царства Дьявола» — действующих вулканов.

Если обратиться к основным результатам определений содержания радиоэлементов и отношения радиоизотопов, то повторяю, что эти величины способны для отдельных образцов изменяться в тысячи или даже в десятки тысяч раз. Это отличает геохимию вулканизма от геохимии других процессов Земли. В то же время средние значения радиохимических параметров оказываются до-

статочно постоянными для различных вулканических очагов, что позволяет говорить о существовании некоторых закономерностей, о которых мы сейчас и расскажем.

Содержание урана в вулканогенных продуктах изменяется в тысячи раз даже для одного района. Если для изверженных пород общеизвестно увеличение радиоактивности при переходе от основных пород к кислым, то здесь эта закономерность очень слаба, и ее можно заметить только при статистической обработке результатов. В то же время средние величины для различных регионов заметно отличаются.

Содержание тория в вулканогенных продуктах мало, и торий-урановое отношение в некоторых случаях уменьшается в тысячи раз по сравнению со средним для земной коры — до $\text{Th}/\text{U} = 0,0025$ (в весовых единицах) для отложений подводного вулкана Индонезии. Даже для вулканических пород, слагающих кратеры и излившихся у подножия вулканов, такое отношение много меньше среднего. Отсюда можно заключить, что значительная часть урана переносится газами из вулканического очага. Поэтому активность тех пород поверхностных слоев, которые поглощают уран, слабо зависит от их состава и определяется только региональными особенностями отдельных очагов.

То, что торий переносится газами в меньшей степени, чем уран, с полной безусловностью следует из сравнения урана с продуктом его распада — изотопом тория — ионием. Отношение Io/U^{238} значительно меньше равновесного для минералов молодого вулканизма и даже для пород погасших вулканов Кавказа, где часть иония успела уже накопиться из урана за время существования этих пород (в некоторых случаях $\text{Io}/\text{U}^{238} = 0,09$, а в среднем — только 0,41). Для минералов активного вулканизма ионий-урановое отношение может уменьшиться до 0,02.

Так же низко содержание протактиния. В молодых эффузивах Кавказа в среднем $\text{Pa}^{231}/\text{U}^{235} = 0,38$, а иногда

падает до 0,06, хотя этот изотоп обладает меньшим периодом полураспада, чем ионий, и должен накапливаться еще быстрее (согласно закону накопления, см. рис. на стр. 36). Резкий недостаток обоих изотопов показывает, что уран выносятся из недр в значительно большей степени, чем торий и протактиний.

Короткоживущие продукты распада урана: актиний, радий, радиоактивный свинец (с периодами полураспада от десятков до тысячи лет), могут поступать наружу различными путями: выноситься из глубинного очага, переходить в газо-паровые струи при растворении пород зоны прогрева по пути от очага до выхода на поверхность или поступать в эти же струи за счет атомов отдачи, возникающих при радиоактивном распаде.

В минералах современного вулканизма в среднем радия столько же, сколько урана ($Ra^{226}/U^{238} \approx 1$). Из этого не следует, что радий выносятся газовыми струями так же легко, как и уран, — для него есть другие возможности накопления. О существовании механизма атомов отдачи свидетельствует то, что короткоживущего изотопа радия — мезотория (Ra^{228}) в этих минералах в несколько раз больше, чем основного изотопа радия (Ra^{226}). Еще выше относительное содержание радиоактивного свинца RaD (Pb^{210}). Однако доминирующим радиоактивным изотопом газо-паровых струй оказывается радон, которого в них содержится в $10^3 \div 10^5$ раз больше, чем радия. Время циркуляции газо-паровых струй по этим данным оценивается в пределах от нескольких дней до года. Высокая концентрация радона также говорит о переносе изотопов по механизму поступления атомов отдачи. Содержание актиния в вулканических продуктах значительно меньше содержания равновесного урана, хотя это и короткоживущий изотоп ($T_{1/2} = 22$ года). Возможно, что малый перенос актиния газовыми струями объясняется его химическими свойствами: галоидные соединения актиния, как и других редкоземельных элементов, нелетучи.

У поверхности Земли, в зоне окисления, воды приобретают сульфатный состав, и радий легко выпадает в отложения источников. Выход вулканических фумарол окружен обычно желтым кольцом самородной серы; дальше простираются белые налеты сульфатов и бурые окислы железа. Все это — недолговечные минералы. В них содержатся изотопы радия, но их продукты распада (в частности, ThX — материнское вещество торона, ториевой эманации) не успевают накопиться, а из более глубоких слоев этот короткоживущий изотоп также не успевает прийти. Поэтому содержание торона в вулканических газах очень мало и, по нашим данным, лежит за пределами измерений. Активность торона не больше нескольких процентов от активности радона.

В некотором удалении от выхода газов обычно формируются отложения, в которых радий более прочно связан, и здесь его содержание может повыситься до $2,7 \cdot 10^{-12}$ г/г — в сто раз больше среднего для вулканогенных минералов. Торий в этих условиях почти не адсорбируется. Однако изотоп тория и его продукт распада — короткоживущий радиоторий ($RdTh^{228}$) здесь накапливается из изотопа радия — мезотория. Отношение $RdTh/Th^{232}$ в этих минеральных телах иногда необычайно сильно возрастает, становится в десятки раз выше равновесного. Воды фумарольных полей содержат по сравнению с конденсатами паров очень мало радия (он выпадает из сульфатных растворов), а отношение $RdTh/Th^{232}$ в них повышается.

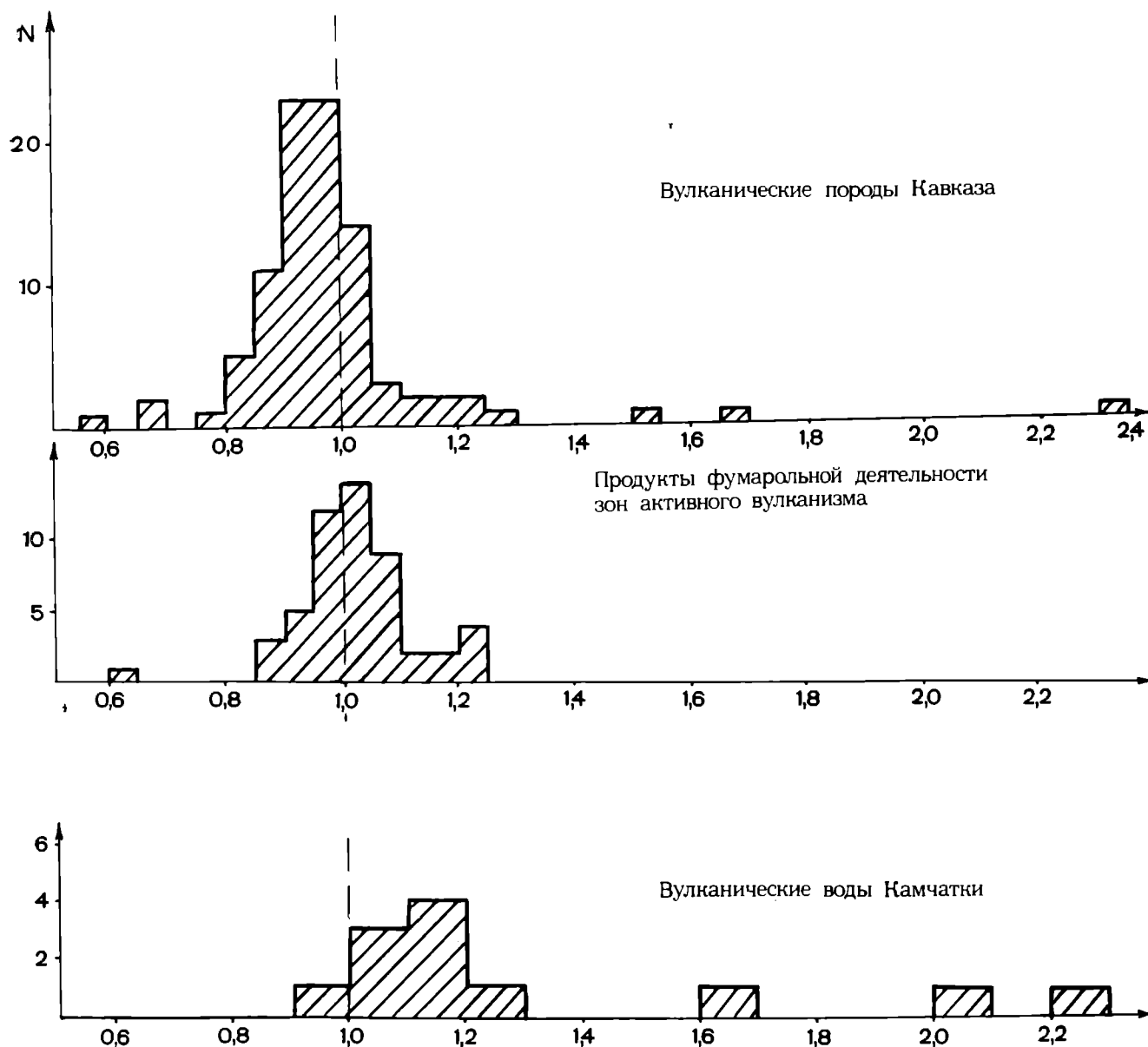
Несомненно, часть урана и тория поступает не из глубин, а из зоны прогрева. Об этом свидетельствует обогащение вулканогенных минералов продуктами распада, изотопами Io и U^{234} . Эти изотопы, как уже отмечалось, менее прочно связаны в минералах по сравнению с материнскими веществами и при растворении зоны прогрева легче выделяются наружу.

В 1959 г. произошло катастрофическое извержение вулкана Безымянного, до этого не подававшего признаков жизни за все время пребыва-

ния человека на Камчатке. В одной из вулканических бомб, выброшенных при этом, мы обнаружили, что $Io/Th^{232} = 10,6$ вместо обычного для земных пород значения около 0,8 (в единицах активности). В среднем для изученных вулканических образцов это отношение близко к 1,2, т. е. примерно в полтора раза выше «среднекарловского».

Уран переносится вулканическими газами легче тория. По пути он способен осаждаться и снова выделяться. В результате на поверхность поступает уран с усредненным изотопным составом, близким к равновесному ($\gamma = U^{234}/U^{238} \approx 1$), хотя и встречаются разности с большими отклонениями. Первые фракции урана, выносимого из породы, должны быть обогащены U^{234} , а в глубинной породе, т. е. в области выноса урана, $\gamma < 1$. Действительно, отношение γ наиболее велико для вулканических вод, уменьшается в вулканогенных минералах и заметно меньше единицы — в неовулканических породах Кавказа.

Замечательная особенность минералов фумарольных полей состоит в том, что для одного выхода можно найти минералы с совершенно различным отношением изотопов урана и тория. Так, например, среди минералов фумарольного поля Мутновского вулкана встречен сульфат железа с $\gamma = U^{234}/U^{238} = 0,88$ и с $Io/Th^{232} = 1,17$, в то время как для воды фумарол эти отношения равны 1,63 и 0,60 соответственно, а для пирита того же выхода $Io/Th^{232} = 1,80$. Таких примеров можно привести очень много. Очевидно, глубинные газы переносят радиоэлементы различных генераций, с различным изотопным составом, образуя различные летучие химические соединения. Детальное исследование фракций одной породы (трахилипарита горы Змейка, Кавказские Минеральные Воды) показало, что в ней также содержатся минералы различных генераций, как это можно судить по значительным отклонениям U^{234}/U^{238} , Io/Th^{232} и Ra^{231}/U^{235} . Таким образом, формирование породы нельзя рассматривать как остывание



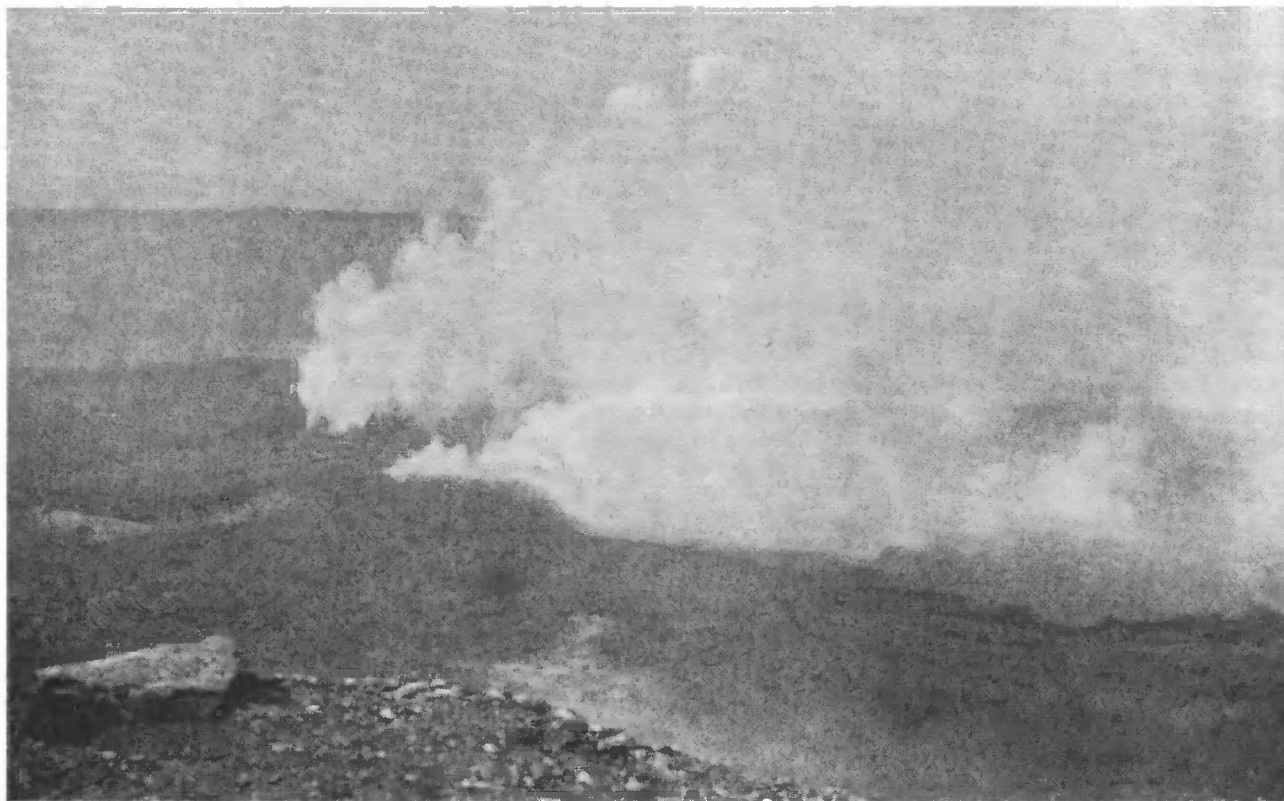
одного магматического расплава. При выяснении деталей этого важного для геологов и минералогов процесса незаменимую роль играют изотопы радиоэлементов.

Определение возраста молодого вулканизма по неравновесному урану

Радиоизотопы позволяют также определить возраст угасших вулканов. Мы видели, что ионий и протактиний

в молодых породах находятся в недостатке по сравнению с материнскими изотопами урана. Если бы мы знали начальное содержание иония или протактиния, то могли бы вычислить абсолютный возраст образования вулканических пород, пользуясь хорошо известным математическим аппаратом ядерной геохронологии. Приравняв начальные содержания иония и протактиния к нулю, мы получаем заведомо завышенный, максимальный возраст неовулканических пород.

Распределение величин отношения U^{234}/U^{238} в вулканических породах угасших вулканов Кавказа; минералах активного вулканизма Камчатки и Курильских о-вов; вулканических водах Камчатки и Курильских островов



*Лавовое озеро вулкана Хаумеаеа
(о-в Гавайи)*

Фото автора

Таким путем удалось определить предельный возраст большого числа погасших вулканов Кавказа. Полученные даты обычно хорошо согласуются с точкой зрения геологов. Активная деятельность вулканов прекратилась там в заключительный этап эпохи последнего оледенения и даже в послеледниковье. Деятельность таких известных вулканов, как Эльбрус, Казбек, Арагац, закончилась не более 7,5—14 тыс. лет назад.

Для того чтобы точно найти возраст этих вулканов, надо знать начальное отношение Io/U^{238} или $\text{Ra}^{231}/\text{U}^{235}$. Его мы еще не умеем определять и, больше того, знаем, что в начальный момент для различных минералов это отношение могло сильно отличаться.

Качественно на молодой возраст эффузивных пород указывает отноше-

ние изотопов урана, отличное от равновесного. Например, в базальте подводного хребта Индийского океана было обнаружено $\gamma=1,30$, что много выше этого значения для морской воды ($\gamma=1,16$) и недвусмысленно указывает на то, что это не выход пород верхней мантии, а молодое излияние. Четвертичный возраст породы был подтвержден также калий-аргоновым методом.

Редкие газы — индикаторы глубинного вещества

Мы видели, что большая часть урана переносится из глубинного магматического очага газо-паровыми струями, но какая часть — сказать трудно. Геологов и вулканологов интересуют элементы или изотопы, которые бы непосредственно указывали на глубинное происхождение вещества, но это должны быть такие изотопы, состав которых резко отличается от того, какой наблюдается в земной коре. Примером могут служить аргон и другие газы нулевой

группы таблицы Менделеева. Эти газы были почти полностью потеряны Землей при ее образовании. Сохранились только ничтожные следы, так что их изотопный состав может легко изменяться под действием различных ядерных процессов. Поэтому редкие газы исключительно важны для решения многих задач геохимии, и в частности для выяснения роли подкорового вещества в вулканических процессах.

Еще во времена Менделеева была обнаружена аномалия аргона в периодической таблице. Его атомный вес больше, чем у калия, хотя по своим химическим свойствам он, безусловно, обладает меньшим атомным номером. Это объясняется тем, что первоначальный аргон, в котором преобладал изотоп Ar^{36} , потерял Землей. К ничтожному количеству сохранившегося аргона добавился тяжелый Ar^{40} , образующийся при распаде радиоактивного калия — K^{40} в земных минералах, откуда он поступает в атмосферу. Этого радиоактивного аргона так много, что аргон

сейчас — третий по содержанию компонент атмосферы после азота и кислорода.

На протяжении геологических эпох отношение $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ все время возрастало и сейчас достигло 295. Во всех минералах земной коры это отношение еще больше, так как в них содержится в каких-то количествах K^{40} , дающий при распаде Ar^{40} . Очевидно, при формировании Земли древний аргон ($\text{Ar}^{40}/\text{Ar}^{36} < 295$) мог быть захвачен глубинными породами. Возможен случай, что в этих породах содержание калия настолько мало, что накопление Ar^{40} оказалось слишком слабым, чтобы уничтожить первичный недостаток Ar^{40} или, иначе говоря, избыток Ar^{36} . Известно, что отношение K^{40} к Th^{232} или U^{238} в горных породах достаточно постоянно, а абсолютное содержание этих радиоизотопов уменьшается при переходе к основным и ультраосновным породам, из которых, по-видимому, сложено вещество верхней мантии. Если среднее содержание калия в земной коре составляет около 2%, то для ультраосновных пород оно падает до $0.10^{-4}\%$.

Работы, проведенные в ГИНе АН СССР, показали, что некоторые вулканические газы действительно содержат избыток Ar^{36} , достигающий в отдельных случаях 6% против этого аргона в современной атмосфере. Таковы, например, газы вулканов Безымянного на Камчатке и Головинна на о-ве Кунашир, в меньшей степени — углекислые струи из молодых лав Эльбруса. Некоторые газы обладают очень низким отношением He/Ar , что также говорит об их глубинном происхождении.

Американские ученые (Дж. Рейнолдс и др.) нашли в глубинных углекислых газах США избыток Xe^{129} , однако в количествах, лежащих в пределах погрешности измерения. Изотоп Xe^{129} образовался в основном из первозданного иода — I^{129} , с $T_{1/2} = 16$ млн лет, который еще мог содержаться в веществе Земли при ее образовании, но сейчас полностью «вымер».

Недавно ленинградские ученые

(И. Н. Толстихин и др.) обнаружили в вулканических газах избыток редкого изотопа гелия — He^3 , который очень легко уходит из земной атмосферы благодаря малому атомному весу и инертным свойствам.

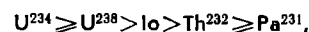
Существует еще один путь изучения вещества мантии. Мы говорили в начале статьи, что изотопы урана и тория составляют небольшой островок устойчивости в области тяжелых неустойчивых изотопов. Возможно, в далекой заурановой области находится еще один первозданный изотоп, сохранившийся до наших дней. Работы ГИНа установили присутствие в природе альфа-излучателя с энергией распада около 4,6 Мэв (близкой к энергиям U^{234} , Io и Ra^{226}). По химическим свойствам он близок к осмию и, может быть, является его высшим аналогом ($z = 108$). Во всяком случае и по геохимическим свойствам он тяготеет к глубинным породам, что затрудняет его изучение. Продуктами распада и неизменными спутниками этого трансуранового элемента являются Pu^{239} , а также некоторый изотоп, способный к самопроизвольному делению.

Химические свойства плутония сейчас изучены очень полно, и это позволяет вести его поиски с большим успехом. Действительно, Pu^{239} найден в большом количестве вулканогенных минералов и пород, причем в некоторых случаях его активность превосходит даже активность урана. По-видимому, плутоний легко переносится вулканическими газами и поступает на поверхность без своего прародителя, хотя в некоторых вулканогенных отложениях удалось обнаружить следы осмиеподобного альфа-излучателя. Вероятно, основная масса Pu^{239} выносится из подкорового вещества, и он также может служить «показателем глубинности». Изотоп обнаружен в минералах и породах всех изученных вулканических областей.

Избыток урана по сравнению с продуктами распада, аномальный изотопный состав редких газов, присутствие плутония — все это уверенно говорит о глубинном происхождении

части вулканических продуктов, но как велика эта часть, мы еще не знаем.

Итак, на поверхность в значительной мере поступает глубинное вещество, но оно претерпевает изменения в зоне прогресса, обогащаясь короткоживущими изотопами — атомами отдачи. По способности переноса долгоживущие изотопы располагаются в ряд:



а короткоживущие — в ряд:



Механизмы выделения и переноса членов этих двух рядов различен, но, по-видимому, уран как химический элемент переносится легче радия.

Работы последних лет по изучению радиоактивных изотопов в вулканизме приблизили нас, таким образом, к познанию законов переноса элементов газо-паровыми струями и их взаимодействия с веществом земной коры.

УДК 539.16; 551.21

Мысли о науке

В журнале «Industrial Research» (США) (т. 10, 1968, № 1) были опубликованы высказывания лауреатов Нобелевской премии о науке и ее будущем. Мы помещаем выступления английского ученого А. Тодда и американских ученых Э. Ваксмана и А. Корнберга, знакомящие с мыслями о развитии органической химии, о работе по созданию антибиотиков и идеями о механизме наследственности.

Третий период в органической химии обещает много нового

Александр Тодд
Англия



Александр Тодд, профессор органической химии в Кембридже, внес крупный вклад в химию различных классов природных соединений, особенно витаминов. Наиболее известны его работы по химии нуклеотидов и коферментов нуклеотидов. За эти работы, начатые в 1939 г., А. Тодд в 1957 г. был удостоен Нобелевской премии.

Все науки время от времени проходят через периоды перестройки и переориентации, вызванные появлением новых идей и методов. Заметить и оценить эти общие признаки прогресса в ходе их становления часто бывает непросто. Органическая химия не является исключением из этого правила. За последние полтора века в ее развитии можно выделить три таких фазы, из которых каждая длилась примерно 50 лет.

В каждом случае для перестройки науки были свои основания. Для первого периода, который я условно ограничу 1855—1875 гг., основой таких изменений стала эмпирическая теория химического строения. На фундаменте этой теории развилась химия углерода и его соединений.

Второй период, за верхнюю границу которого можно принять первую мировую войну, носил иной характер. Хотя для современников изменения и нововведения не были столь заметны, однако они имели глубокие последствия. Благодаря успехам химии углерода и новым экспериментальным методам, оказалось возможным на новой основе обратиться к исследованию сложных органических соединений, входящих в состав живых организмов.

Прежде чем говорить о современном периоде в органической химии, я еще раз должен предупредить об условности деления науки на периоды.

Событиям в их становлении и развитии трудно дать верную оценку, к то-

му же прогресс в науке непрерывен, и точно расставить вехи и межвековые знаки невозможно. Прошлое всегда бросает тень на будущее и маскирует продвижение вперед: отдельные ученые обгоняют свое время, а их работы, часто незамеченные современниками, предвещают будущие перемены и сдвиги в науке. Я думаю, что с этими оговорками мое выделение основных этапов в развитии органической химии вполне оправдано.

Происходящий в настоящее время поворот в органической химии — трудный для многих исследователей — вызван введением новых оригинальных методов исследования, главным образом применением точнейших физических приборов, появившихся в результате прогресса физики.

Химик-органик имеет дело главным образом с двумя проблемами — строением органических молекул и их синтезом. Это не означает, что можно пренебрегать другими вопросами, например механизмом реакций. Однако все более частные или специальные направления и подходы всегда подчинены двум главным проблемам органической химии — выяснению строения и синтезу органических соединений.

В течение прошлого столетия основным способом установления химического строения был метод химического расщепления сложной молекулы на более простые и известные осколки. Доведенный до высокой степени совершенства, этот метод в случае сложных молекул требовал многих лет труда¹. Его применение к раскрытию строения различных структур, а также их синтез, достигший высокого уровня, были основными занятиями химика-органика и составляли для него притягательную силу науки. Именно в этой традиционной области органической химии и произошла за последние 20 лет настоящая революция.

Я хорошо помню, как однажды мы с

Леопольдом Ружичкой¹ обсуждали разницу в том арсенале возможностей и экспериментальных методов, которыми располагал он в начале этого века и который был доступен мне на том же этапе научной карьеры, но поколение спустя. Оборудование у нас было очень скудным. Горелка Бунзена и набор стеклянной посуды — вот все приборы, которыми мы располагали. Однако я имел и некоторые преимущества: как раз в начале моей исследовательской работы в лабораторной практике стали применять микроанализ, каталитическое гидрирование и хроматографию на колонках. Какой поразительный контраст с теми средствами, которыми располагают сейчас начинающие исследователи!

На наших глазах получили широчайшее развитие методы разделения и анализа сложных смесей — все виды хроматографии, противоточное разделение, электрофорез. Применение спектральных методов — ультрафиолетовой и инфракрасной спектроскопии, ядерного магнитного резонанса, масс-спектрометрии освободили химика от значительной части сложной работы по расщеплению. Все эти методы позволили несравненно глубже проникнуть в механизм реакций и понять различные факторы, влияющие на строение и устойчивость органических соединений. 20 лет назад мы могли лишь мечтать об этом.

Усовершенствование рентгеноструктурного анализа в сочетании с применением вычислительных машин для обработки полученных данных достигло такого уровня, что во многих случаях стало возможным устанавливать полную структуру соединений, вообще не прибегая к расщеплению.

Синтез претерпел меньшие изменения, хотя он стал многостадийным и более изощренным, благодаря новым реакциям и реагентам, а также бла-

годаря легкости выделения и идентификации веществ с помощью физических методов.

Конечно, столь разительная перемена в методах исследований вызвала серьезное замешательство среди части химиков. Некоторые спрашивали, не прошла ли золотая пора органической химии. Однако те, кто задает такой вопрос, совершенно не понимают характера нового этапа в развитии науки. С самого начала существования своей науки химии-органики постоянно искали и с готовностью брали на вооружение любые новые методы, аналитические и прочие, которые могли бы облегчить работу по установлению строения веществ.

В химии природных соединений, составляющих живые организмы, выяснение структуры не является конечной целью исследования. В этом случае важно понять, почему и как та или иная определенная структура выполняет в организме определенную функцию.

Новые физические приборы, конечно, широко войдут в лабораторную практику, как это было раньше и с другими новшествами. Они помогут исследователю все глубже решать проблему структуры и функции, причем синтез в свою очередь должен развиваться и быть необходимым союзником в этой работе. Процесс перевооружения, процесс освоения новых идей и методов прошел уже большой путь. Вызванные этим процессом страхи и замешательство исчезают. Я думаю, что в ближайшие два-три года характер нового периода в органической химии, черты которого уже проступают сейчас, окончательно проявятся.

Горизонты нового периода в органической химии трудно обозримы. Как и в прошлом, ученых будет привлекать пленительная сложность живого вещества, стремление разобраться в его тонкой структуре, понять принципы его работы, исследовать механизмы приспособления к внешним условиям и выяснить его существенные признаки. Могут сказать, что все эти

¹ См. ст. А. А. Баева «Структура и функция транспортных РНК», «Природа», 1969, № 4.

¹ Леопольд Ружичка — швейцарский химик, получивший в 1939 г. Нобелевскую премию за работы по химии терпенов. (Терпены — распространенные в природе органические соединения общей формулы $(C_5H_8)_n$, где $n = 2, 3, 4$ и т. д. Терпены и их производные — главные составные части различных эфирных масел из цветов, плодов, листьев и других частей растений. Особенно богаты терпенами хвойные породы.)

проблемы — предмет популярной ныне молекулярной биологии. Это действительно так, однако молекулярная биология — лишь собирательный термин, возникший в результате комплексного изучения биологических процессов рядом наук. И среди этих наук важная роль должна принадлежать органической химии — без ее участия никакой прогресс в этой области невозможен.

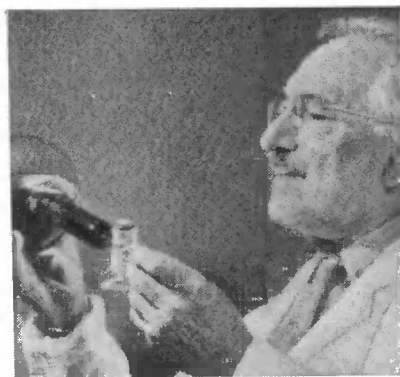
Я предвижу, что органическая химия внесет значительный вклад не только в терапию, но и в направленное воздействие на наследственный материал организма. Человек будет контролировать развитие не только других форм жизни, но и свое собственное.

На основе работ в этих направлениях, а также благодаря новым достижениям в области синтеза, особенно синтеза макромолекул, можно с уверенностью предсказать появление непрерывного потока различных промышленных продуктов и препаратов. Эти продукты промышленного органического синтеза удовлетворят разнообразные потребности людей и повысят уровень жизни. Сейчас уже можно предвидеть те огромные изменения, которые органическая химия произведет в области вычислительных машин, если удастся найти способ использовать присущую макромолекулам (например, нуклеиновым кислотам) способность к хранению колоссального количества информации.

Благодаря длительным усилиям своих предшественников, химик-органик сейчас знает о строении и реакциях углеродных соединений уже достаточно, чтобы попытаться решать новые сложные задачи. Многообразие новых физических приборов и экспериментальных методов делают надежду на успех вполне реальной. Органическая химия находится сейчас на заключительной стадии своего третьего периода переоценок и перевооружения и готовится к новому решительному броску вперед. Ее будущее в ряду других наук представляется мне самым блестящим и самым захватывающим.

УДК 547

Перевод с английского
К. В. Массавва



Нужны ли новые антибиотики?

Зелман Ваксман
США

Зелман Ваксман — американский микробиолог, профессор Института микробиологии при университете Рутгерса. Внес крупный вклад в почвенную микробиологию, особенно в изучение актиномицетов. С именем Ваксмана связано открытие ряда антибиотиков — актиномицина, стрептомицина, неомицина, актиномицина D, получивших широкое распространение для лечения различных инфекционных заболеваний. За работы по открытию стрептомицина в 1952 г. был удостоен Нобелевской премии.

История антибиотиков насчитывает уже несколько более четверти века. В 1939 и 1940 гг. были открыты три важных химических вещества, вырабатываемых различными группами микробов и обладающих весьма сильными антибактериальными свойствами. Эти вещества — продукты жизнедеятельности (метаболиты) бактерий (грамидин) и низших грибов (пенициллин и актиномицин). Развитие и усовершенствование техники выращивания микроорганизмов-продуцентов позволило наладить промышленное производство антибиотиков.

Сначала было получено всего лишь несколько граммов лекарств, сейчас же их производство измеряется миллионами фунтов в год. И для этого фантастического развития заметным толчком послужило промышленное производство пенициллина (начато в 1942 г.) и стрептомицина (в 1944 г.). Оборудование для производства антибиотиков имеется сейчас в 29 странах.

Интенсивный отбор многообразных микроорганизмов проводится во многих лабораториях США. Недавно

опубликованный обзор литературы свидетельствует о том, что за последние 25 лет открыто более 1100 антибиотиков и каждый год в специальной литературе появляется описание примерно 50 новых. Если за период с 1947 г по 1960 г. большинство лекарств было создано в лабораториях США, то в последнее время значительная часть описаний новых антибиотиков публикуется в Японии.

Любое предсказание в области исследований антибиотиков связано с необходимостью ответа на два следующих вопроса: нужны ли новые антибиотики и нуждается ли врач, имеющий сейчас в своем распоряжении 60 антибиотиков, в новых соединениях подобного рода? Если да, то откуда их брать?

Лишь против инфекций, вызванных грамположительными¹ бактериями, а именно стафилококками, стрептококками и пневмококками, врач может с уверенностью применить лекарство, которое, вероятно, подействует. Но всегда есть опасность занесения инфекции, особенно грамотрицательными бактериями. Нет еще надежных и эффективных средств против многих штаммов таких родов, как *Pseudomonas* и *Proteus*. Что же касается *Aerobacter* и *Salmonella*, то они подавляются неполностью.

Существует потребность и в антибиотике, направленном воздействующем на грамотрицательные инфекции. Антигрибковые средства, которые можно использовать систематически, и средства против простейших все еще недостаточно эффективны. Полезного антибиотика, обладающего антивирусными свойствами, также не существует. Тем не менее смертность от таких инфекционных заболеваний, как дизентерия, скарлатина, коклюш и сифилис, уменьшилась на 95%. С момента введения лечения антибиотиками на 50—80% понизилась смертность от воспаления легких, туберкулеза и менингита.

¹ Грамположительные и грамотрицательные бактерии различаются по способности образовывать устойчивые комплексы с красителем. Метод окраски бактерий был предложен в 1884 г. датским врачом Х. Грамом и имеет важное значение при диагностике инфекционных заболеваний. (Прим. ред.)

В определенном смысле период с 1940 по 1960 г. в открытии антибиотиков был эрой микробиолога. Сейчас же, когда производятся полусинтетические пенициллины, цефалоспорины (cephalosporins), модифицированные тетрациклины и рифомицины (rifomycins) мы вступили в эру химика.

Химикам, работающим с микробиологами, удалось изменить молекулу антибиотика и получить более широкий спектр действия, лучшие абсорбционные свойства, большую длительность сохранения в крови при высокой концентрации и изменить характер экскреции (выделения). Такое сотрудничество химика и микробиолога со временем должно привести к получению улучшенных и менее ограниченных по своему действию антибиотиков.

Значение новых антибиотиков для использования в клинической медицине постоянно подчеркивается в большинстве дискуссий, тем не менее не следует забывать и о других областях, в которых их применение играет немаловажную роль. Так, чтобы прокормить растущее население земного шара, необходимо будет уменьшить поражение сельскохозяйственных культур микробами. Антибиотики, используемые в настоящее время в сельском хозяйстве против патогенов растений,— это стрептомицин и тетрациклин против бактерий и циклогексимид (cycloheximide) и бластицидин S (blasticidin S) против грибов.

Текущие исследования в области антибиотиков включают химические и биологические модификации известных антибиотиков, их химический синтез, механизмы их образования микробной клеткой, а также характер их селективного антимикробного действия. Сюда же относятся такие широкие программы отбора, объектами которых являются бактерии, грибы, культуры тканей и вирусы.

Следует также упомянуть интенсивные программы исследований, осуществляемые в лабораториях многих стран мира. Ученые ищут

антибиотики, активные против вирусов и опухолей. Хотя обещающих результатов до сего времени было мало, новый подход дает основание предполагать, что со временем, возможно, будут открыты новые перспективные направления изысканий.

•

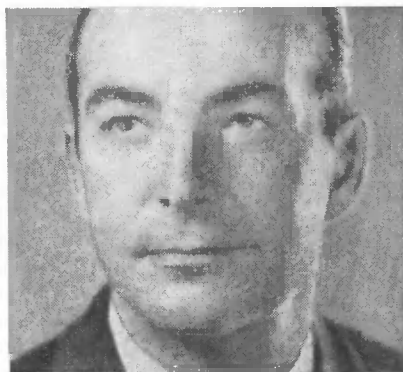
Перед нами еще много проблем, решить которые можно с помощью новых антибиотиков. Постоянные поиски дадут нам новые ценные лекарственные средства. Эра антибиотиков вступает во вторую четверть своей истории, и есть основания считать, что лучшее еще впереди.

Сокращенный перевод
с английского
К. В. Массарева

УДК 615.779.9

Биохимия исследует механизм наследственности

Артур Корнберг
США



Артур Корнберг, американский биохимик, профессор, возглавляет отдел биохимии в Станфордском университете. А. Корнберг в 1957 г. впервые синтезировал ДНК не в организме, а в пробирке¹, используя в качестве «затравки» природную ДНК. В 1959 г. А. Корнбергу совместно с другим американским биохимиком — С. Очоа, синтезировавшему РНК, была присуждена Нобелевская премия.

Мой случайный сосед в самолете слышал о ДНК, хотя точно не знал, что означает этот термин. Об АТФ он не имел никакого понятия. А ведь эти символы обозначают ключевые соединения, играющие решающую роль в механизме наследственности и в энергетике живых клеток. Они заслуживают того, чтобы ими интересовались не меньше, чем планетами или бейсбольной статистикой.

Даже при поверхностном знакомстве с функциями ДНК и АТФ в организме мой спутник мог бы обнаружить, что за последние два десятилетия в биологии произошла грандиозная революция и что эти открытия в последующие два десятилетия могут коренным образом изменить и его жизнь.

Луи Пастер век тому назад убедительно показал, что именно дрожжевые клетки превращают пресный виноградный сок в искристое вино. Он убедил всех в том, что для сбраживания сахара в спирт в виноградном соке необходимы целостные живые клетки. Однако в начале этого века было обнаружено, что клеточный сок, выделенный из дрожжевых клеток, сбраживает сахар ничуть не хуже, чем живые клетки. С этого открытия началась современная биохимия. В период с 1900 по 1940 г. превращение сахара в спирт в дрожжевом соке и в молочную кислоту в мышечных экстрактах было тщательно изучено. Оказалось, что эти процессы протекают ступенчато в результате десяти последовательных химических реакций, каждая из которых катализиру-

ется и управляется своими специфическими ферментами.

После 1940 г. была до мельчайших деталей выяснена химическая основа гораздо более сложных клеточных процессов, чем брожение, например синтеза гормонов. В этом случае каждая стадия протекает с помощью специально предназначенного для нее фермента.

В наше время уже любой студент-биолог быстро усваивает следующие основные факты: клетка, будь то любая из нескольких триллионов, образующих организм человека, или единичная бактерия, обладает механизмами, управляющими синтезом ферментов и обеспечивающими им программу действий. Эти механизмы в главных чертах одинаковы во всей живой природе: клетка работает на горючем, которое она сжигает. Таким горючим может быть, например, сахар. При сжигании основная часть энергии не рассеивается в виде тепла, а запасается в химических связях специального соединения — аденозинтрифосфата, или АТФ.

АТФ — своеобразная химическая валюта клетки, которая может расходоваться на совершение различной необходимой работы: синтез сложных молекул, сокращение мышцы, свечение светлячка, зарядка «батарей» электрического утюга. В растениях, улавливающих солнечную энергию и превращающих ее в химическое горючее, которое мы поглощаем, также содержится АТФ, который, по-ви-

¹ «Природа», 1960, № 1, стр. 43—46.

димому, и является первым химическим продуктом при фотосинтезе.

Программа синтеза каждого фермента с величайшей подробностью и точностью закодирована в генах. Материальным носителем этой генетической программы является гигантская молекула, называемая дезоксирибонуклеиновой кислотой, или ДНК.

Важнейшее достижение происходящей в биологии революции — вскрытие химических основ механизмов наследственности и, как следствие этого, возможность воздействия на эти механизмы. Эти успехи были достигнуты благодаря активному сотрудничеству различных наук — биологии, химии и физики, объединившихся для решения вопросов, которые теперь являются предметом новой науки, называемой молекулярной биологией.

Молекулярный биолог полагает, что любая реакция, протекающая в живой клетке, возможна только благодаря присутствию специфического для нее фермента. Наличие же каждого фермента в клетке обусловлено программой его синтеза, заключенной в клеточной ДНК. Кажется вполне реальным, что со временем удастся составить полную формулу для всей программы клетки и что ученый настолько хорошо будет знать клетку, что сможет «разбирать» ее на отдельные молекулярные блоки, а затем снова «собирать» их в целостную клетку.

Установление строения инсулина, белкового гормона, состоящего из 51 аминокислоты, позволило синтезировать его в лабораторных условиях. В течение ближайших нескольких лет будут синтезированы более крупные белковые молекулы, в том числе и активные ферменты.

С каждым новым синтезом расширяются возможности по направленно-му, специфическому изменению белковых молекул, в результате чего получают ферменты с новыми свойствами. В некоторых случаях искусственный фермент, как оказалось, мо-

жет обладать полезными свойствами, утраченными природой или неизвестными ей.

Наши знания о химии нуклеиновых кислот — ДНК и РНК — значительно менее совершенны, чем о белках. Действительно, химики-органики уделяли нуклеиновым кислотам по сравнению с другими природными соединениями очень мало внимания.

Для полного синтеза гена потребуется еще не менее 10 лет. Однако, используя природные очищенные ферменты, биохимику удалось воспроизвести участки ДНК, составляющие несколько генов. О синтезе полностью инфекционной ДНК вируса было сообщено всего два месяца назад¹.

С развитием наших возможностей по идентификации, выделению и, в конце концов, синтезу генов, появятся условия для изменения наследственности клеток. Удаление из бактерий одних генов и введение в них других, с созданием новых видов бактерий, в течение ряда лет является уже просто студенческой лабораторной работой. Расширение этих и аналогичных методов по изменению наследственности животных клеток, по-видимому, будет быстро развиваться в ближайшие годы.

Многие виды рака, по крайней мере у животных, вызываются вирусами. Кажется вполне логичным, что изменяя ДНК вирусов, мы сможем лишать их канцерогенности. Если попытки по изменению генотипа клетки окажутся трудными или опасными, тогда на болезнь можно будет воздействовать введением в организм ферментов или АТФ, являющихся продуктами деятельности генов.

Когда нам будет известно все о строении и функциях ферментов, мы, вероятно, сможем вводить в организм соединения, которые будут предотвращать старение и поддерживать нашу жизненную активность более длительное время. Сроки осуществ-

ления этих планов зависят от энергичных усилий химиков по изучению макромолекул.

Нам пока еще мало известно о строении хромосом животных клеток. Еще меньше мы знаем о составе, строении и свойствах мембран, окружающих клеточные ядра, и клеточных мембран, которые определяют взаимное расположение клеток в тканях и органах.

Быстрый прогресс во всех этих областях потребует большего числа хорошо подготовленных биологов и медиков.

Но самое важное заключается в том, что прогресс исследований в этой области потребует политических и этических обязательств от нашего общества, гарантирующих мудрое применение этих открытий.

УДК 577.1

Сокращенный перевод
с английского
А. В. Симолина

¹ «Природа», 1968, № 4, стр. 109.

Кора выветривания Земли

Профессор В. В. Добровольский



Всеволод Всеволодович Добровольский, доктор географических наук; заведует кафедрой геологии и геохимии ландшафтов в Государственном педагогическом институте им. В. И. Ленина; в Московском государственном университете им. М. В. Ломоносова читает курсы лекций «Кора выветривания» и «Геохимические методы изучения ландшафтов». Автор большого числа научных статей и книг — «Гипергенез четвертичного периода», «География почв», «География и палеогеография коры выветривания СССР» и др.

Требования сегодняшнего дня — научные и практические — приводят к необходимости планомерного, систематического изучения коры выветривания Земли. Это чрезвычайно оригинальное и сложное образование, не являющееся ни осадочной породой, ни почвой, представляет несомненный интерес как для различных областей науки, так и для ряда отраслей народного хозяйства. К этой важной проблеме мы и хотим привлечь внимание широкого круга ученых и практиков — геологов и биологов, почвоведов и географов, геохимиков и минералогов.

Фундамент ландшафта

В 70-х гг. прошлого века известный швейцарский геолог Альберт Гейм изучал геологическое строение Альп. На поверхности плотных горных пород он находил рыхлую массу, сложенную из раздробленных и измельченных частиц, которую и стал называть корой выветривания. Название быстро прижилось и прочно вошло в научный лексикон.

В дальнейшем оказалось, что кора выветривания распространена чрезвычайно широко. Если мысленно снять растительность и почвенный покров с поверхности континентов, то можно было бы увидеть, что суша нашей планеты покрыта под ними сплошным плащом из рыхлых продуктов выветривания и только отдельные участки гор выступают из-под их покрова.

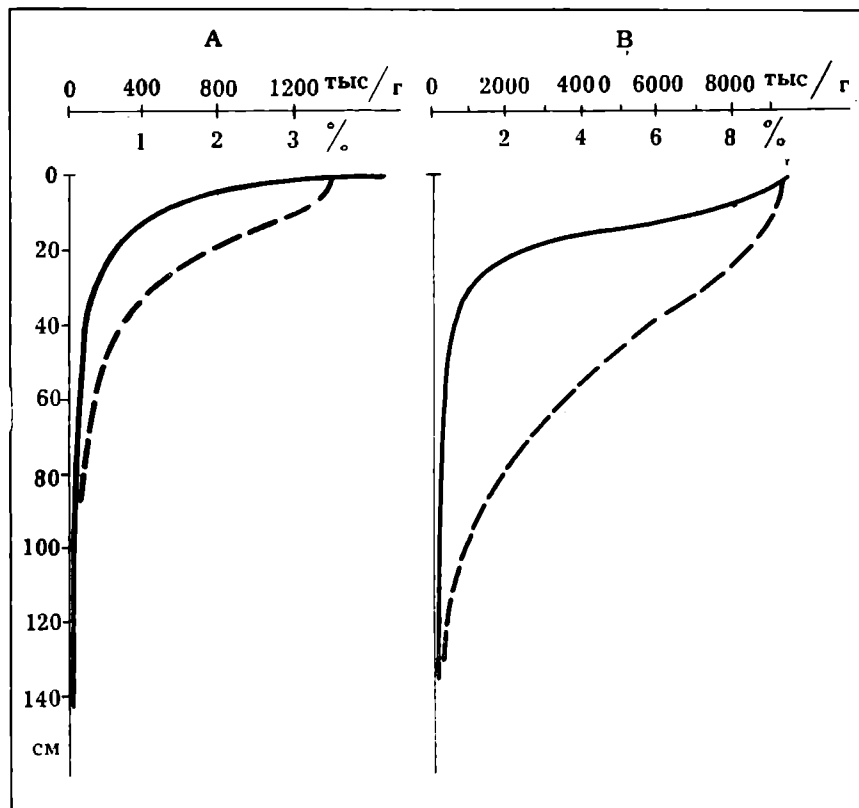
Будучи порождением географической среды, результатом преобразования горных пород под влиянием внешних условий, скопления продуктов выветривания, в свою очередь, сами

становятся важным географическим фактором. Они образуют как бы фундамент сложного природного комплекса — ландшафта.

Здесь все взаимосвязано обменом вещества, и роль коры выветривания в этом процессе трудно переоценить: именно она служит важнейшим источником тех химических элементов, которые определяют плодородие почв и оказывают огромное влияние на развитие растительных и животных организмов.

В коре выветривания некоторые металлы накапливаются в таком количестве, что приобретают промышленное значение. Мало найдется людей, которые не слышали бы о знаменитых железорудных месторождениях Курской магнитной аномалии. Но только геологам известно, что эти крупнейшие месторождения железных руд — не что иное, как древняя кора выветривания. В создании минеральной базы советской редкометалльной промышленности важную роль сыграли месторождения так называемых силикатных руд никеля на Южном Урале. И эти руды — тоже остатки коры выветривания, образование которой происходило около полутора столетий назад. Подобные примеры можно было бы умножить.

Вполне понятно, что это оригинальное природное образование вызвало интерес у представителей различных направлений естествознания. Большой вклад в изучение коры выветривания внесли геологи, геохимики, геоботаники, минералоги и почвоведы.



Представления о процессе выветривания претерпели на протяжении ста лет его настойчивого изучения сложную эволюцию. Если в XIX в. основное внимание исследователей привлекали явления чисто механического разрушения горных пород, то в XX в. все более выявляется геохимическая сторона этого процесса. Под влиянием накапливающихся фактов сложился взгляд на выветривание как на сложный процесс перераспределения химических элементов на поверхности Земли. Но химические элементы в земной коре находятся преимущественно не в свободном состоянии, а в виде природных соединений — минералов. Перераспределение элементов при выветривании обусловлено, во-первых, разрушением или перестройкой кристаллохимических структур минералов исходных горных пород и, во-вторых, возникновением вторичных (гипергенных) минералов. Стало ясно, что смысловое значение слова «выветривание» не характеризует сущности этого процесса. Поэтому А. Е. Ферсман в 1922 г. предложил

использовать другой термин — гипергенез.

Длительное время кору выветривания воспринимали как чисто геологическое явление. Действительно, ее состав, строение, основные свойства во многом зависят от исходных пород. И тем не менее кора выветривания — это не горная порода, а сложное образование, в происхождении которого геологический фактор играет важную, но не исключительную роль.

Подобно почве, кора выветривания представляет собой особое природное тело, а ее образование определяется системой тех же географических условий и факторов. Изменение этих условий вызывает закономерное изменение состава и строения коры выветривания. Однако между корой выветривания и почвой есть известные различия, которые в значительной мере определяются суммарной деятельностью живых организмов. Непосредственная роль живых организмов в образовании коры выветривания невелика. Это отража-

Резкое убывание количества микроорганизмов (сплошная линия) и органического вещества (пунктир) при переходе от почвы к коре выветривания. А — подзолистая почва; В — чернозем. (Микроорганизмы измеряются тысячами экземпляров в одном грамме почвы, органическое вещество — в процент.)

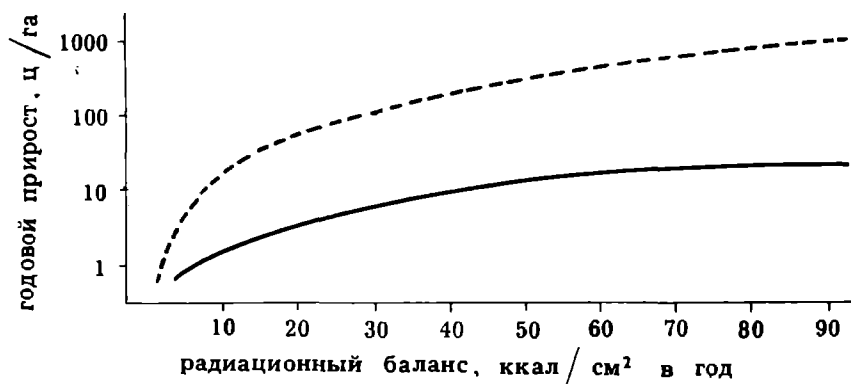
ется на резком уменьшении количества микроорганизмов и органического вещества при переходе от почвы к коре выветривания.

Два основных типа выветривания

Для гипергенного преобразования исходных пород требуется энергия. Она расходуется на разрушение кристаллохимических структур первичных минералов и построение новообразований. Так, например, для полного разрушения на ионы одной грамм-молекулы минерала оливина необходимо затратить около 5 тыс. ккал, а для альбита — примерно в два раза больше. Основным источником энергии служит солнечная радиация. Поэтому в холодных приполярных странах мы не обнаруживаем мощной коры выветривания, которая так часто встречается в тропиках и субтропиках. Вспомним прибрежные районы Аджарии и Абхазии, где массивные скалы местами превращены в «гнилой камень».

Однако зависимость выветривания от термических условий сложнее, чем может показаться на первый взгляд. Если на Черноморском побережье Кавказа вулканические породы превращаются в рухляк, то в пустынях Средней Азии, расположенных на той же широте, аналогичные породы остаются свежими. Интенсивность выветривания необязательно будет возрастать вслед за увеличением радиационного баланса от полюсов к низким широтам. И это понятно. Как бы долго ни подвергался нагреванию солнечными лучами гранит, в нем не возникнут гипергенные минералы, если отсутствует вода, необходимая для биологических и химических реакций.

Полнота использования поступающей энергии зависит от атмосферного ув-



Изменение биологической продуктивности в зависимости от радиационного баланса. В гумидных ландшафтах (пунктир) величина годовой продуктивности растительности резко возрастает с увеличением радиационного баланса; в экстраридных (сплошная линия) — происходит незначительное изменение. Поэтому коры выветривания холодных и жарких гумидных ландшафтов сильно отличаются, а холодных и жарких аридных — мало

лажнения. При этом важно не просто количество атмосферных осадков, а их отношение к испаряемости, т. е. относительная увлажненность. Климатические условия в значительной мере регулируют те биологические и почвообразовательные процессы, которые имеют особо важное значение для выветривания. Хотя живые организмы принимают небольшое участие в непосредственном образовании продуктов выветривания, косвенное значение их жизнедеятельности для корообразования огромно.

При высокой относительной увлажненности (в гумидных ландшафтах) происходит образование лесных биоценозов. Этот тип растительности характеризуется огромной биомассой, измеряемой тысячами центнеров сухого органического вещества на одном гектаре, значительным опадом. По данным Л. Е. Родина и Н. И. Базилевич (1965), величина опада boreальных лесов (тайги) составляет 35—55 ц/га сухого органического вещества, а постоянно влажных тропических лесов — 250 ц/га. В почвах под покровом гумидных лесов в результате преобразования органического вещества возникают легко растворимые слабо-полимеризованные гуминовые кислоты и фульвокислоты. Величина pH водной вытяжки почв равна 4,5—5,5. Высокая концентрация ионов водорода в кислых растворах обуславливает извлечение катионов из кристаллических решеток первичных минералов и вовлечение их в миграцию. Выветривание протекает под влиянием систематического промывания обильными кислыми раство-

рами. В результате происходит глубокое преобразование исходных горных пород и вынос наиболее подвижных химических элементов.

Интенсивность этого процесса возрастает с увеличением радиационного баланса, так как в этом случае биологическая продуктивность гумидных лесных ландшафтов резко увеличивается и одновременно нарастает скорость разрушения отмирающего органического вещества.

Иная картина наблюдается в условиях пониженного атмосферного увлажнения — в аридных ландшафтах. Здесь распространены травянистые сообщества. Их биомасса в десятки раз меньше биомассы лесов. Травянистая растительность, значительная часть которой ежегодно отмирает, отличается высокой зольностью. В почвах степных биоценозов благодаря особому составу микрофлоры образуются высокополимеризованные гуминовые соединения, не обладающие агрессивными свойствами по отношению к минералам. Этому способствует насыщение гумуса почва кальцием. В результате почвы имеют нейтральную или щелочную реакцию (pH=7—8). Промывания почв и коры выветривания не происходит, и в них постепенно накапливаются относительно легко растворимые соединения.

Таким образом, биоклиматические условия определяют общую направленность выветривания. Изменение биоклиматических условий преимущественно в результате неравномерного распределения атмосферных осадков создает два основных типа гипергенного преобразования

исходных пород — гумидный и аридный. Наиболее существенные черты этих типов выветривания в значительной мере определяются составом вод, который, в свою очередь, обусловлен деятельностью живых организмов, главным образом растительных. Интенсивность процессов гумидного типа гипергенеза в несравненно большей степени зависит от термических условий, чем аридного.

Особый тип выветривания складывается в условиях кратковременного высокого увлажнения, тогда как на протяжении большей части времени года вода сохраняется в виде льда. Этот тип мы называем *нивальным* (от лат. *nivalis* — снежный) или *ниважно-тундровым*.

Влияние тектоники, рельефа, грунтовых вод

Выделение гумидного и аридного типов гипергенеза — лишь самая общая, глобальная, градация этих процессов. Дальнейшая их дифференциация происходит в зависимости от характера рельефа и грунтовых вод.

Химические элементы и соединения, выносимые из выветриваемых пород с водоразделов, мигрируют в депрессии вместе с поверхностными и грунтовыми водами. В результате на повышенных элементах рельефа образуется остаточная *автоморфная* кора выветривания, а в понижениях — *гидроморфная*, состав которой обусловлен особенностями выветривания на водоразделах.

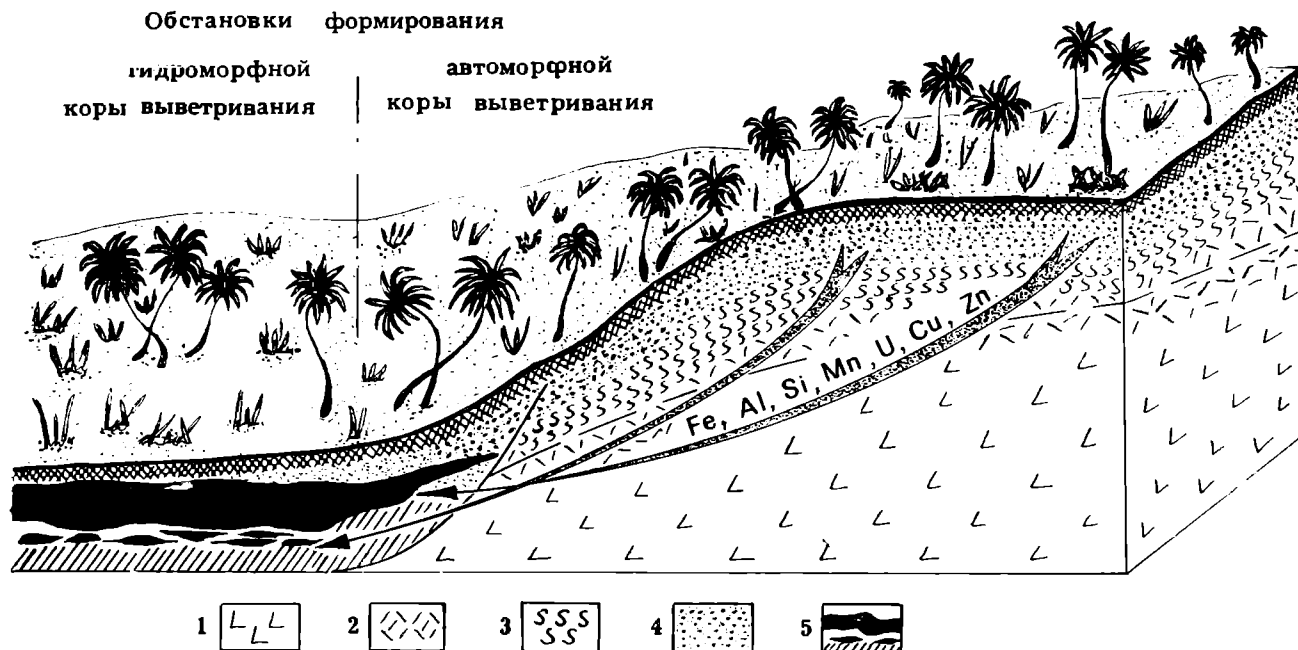


Схема образования кор выветривания в ландшафтах постоянно влажных тропиков (гумидный тип гипергенеза). На возвышенных участках рельефа в условиях свободного дренажа образуется за счет ресурсов исходной породы (1) автоморфная кора выветривания. Для ее строения типична система генетических горизонтов, образующих профиль, — от слабо измененной

горной породы (2), через переходные горизонты (3), до продуктов наиболее глубокого преобразования (4). Каждый горизонт состоит из определенных групп (парегенетических ассоциаций) вторичных минералов. Эта кора выветривания формируется под влиянием нисходящего движения почвенных вод. (Уровень грунтовых вод показан пунктиром, направление

миграционных потоков — стрелками)

Для профиля гидроморфной коры, развитой в понижениях рельефа, характерны горизонты вторичных минералов, образующихся при восходящем движении вод по капиллярам (5). Эти минералы состоят из тех химических элементов, которые вынесены из автоморфной коры выветривания

Конкретным географическим условиям соответствуют закономерные сочетания автоморфных и гидроморфных кор вполне определенного состава и строения. Так, например, в ландшафтах постоянно влажных тропиков среди гидроморфных образований особенно распространены мощные железистые накопления (латериты). В аналогичных условиях рельефа в нашей тайге мы встретим скопления болотных руд. Для степных и пустынных ландшафтов типичны солевые аккумуляции, а также карбонатные и гипсовые коры.

Под влиянием ряда причин (тектонических движений, сокращения площади гумидных лесных ландшафтов, ледниковых явлений и др.) кора выветривания размывается. Перемещенные продукты выветривания, представленные различными континентальными отложениями, мы, вслед

за Б. Б. Полюновым (1935), объединяем под названием переотложенной коры выветривания.

География коры и реликты древних ландшафтов

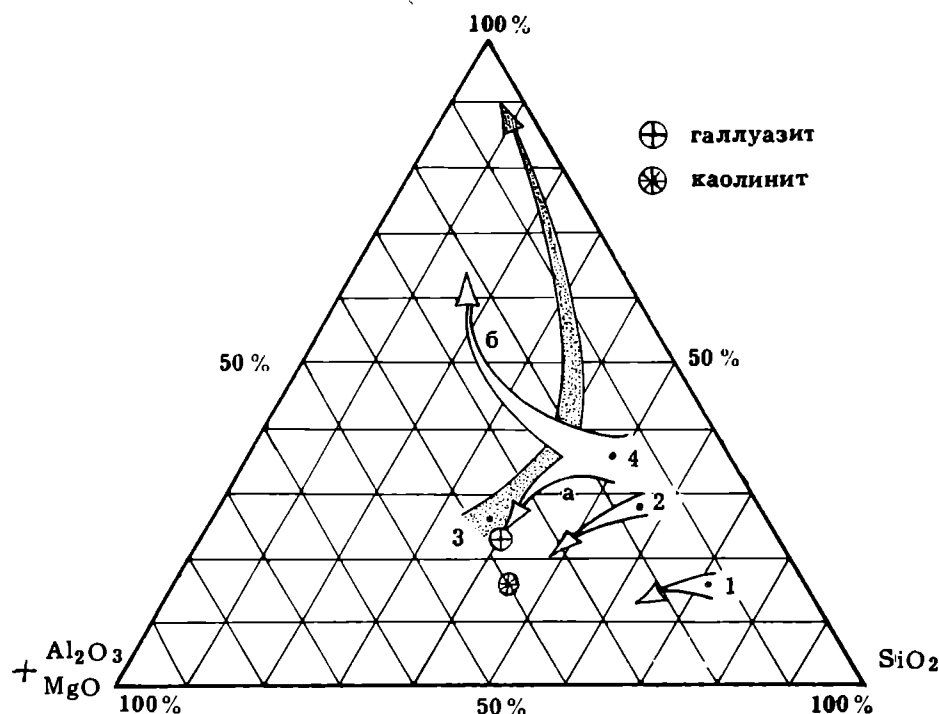
Связь продуктов выветривания с географическими условиями была замечена давно. Известны высказывания В. В. Докучаева (1899) о зональности в минеральном царстве, Ф. Корню (1900) — о географии гелей, А. Е. Ферсмана (1922) — о зональном распределении поверхностных химических образований. Выяснение закономерностей размещения продуктов гипергенеза в пространстве, т. е. географии коры выветривания, имеет не только большое теоретическое, но и практическое значение, и в первую очередь в связи с поисками полезных ископаемых.

При выветривании руд металлы образуют либо вторичные ореолы рассеяния вокруг рудных тел, либо переносятся водами и частично накапливаются в гидроморфных образованиях. В различных типах коры выветривания рассеяние металлов происходит неодинаково. Знание географии коры выветривания позволит геологам с большим успехом использовать геохимические методы для обнаружения залежей руд.

Однако выяснение этих закономерностей связано с очень большими трудностями. Необходимо учитывать не только все многообразные условия современной географической среды, но также и «наследие» ландшафтов геологического прошлого.

В середине XIX в. знаменитый английский геолог Ч. Лайель обнаружил на о-ве Мадейра красноцветную гли-

Прочие компоненты



Изменение химического состава в процессе формирования коры выветривания на различных изверженных породах в мезозое. При выветривании гранитов (1) происходило слабое изменение химического состава по профилю коры. Выветривание диоритов (2) сопровождалось более заметным изменением, а в коре выветривания ультраосновных пород (3) видно резкое изменение состава генетических горизонтов. Своеобразна кора выветривания порфириров и базальтов (4). Здесь в ряде случаев химический состав слабо меняется по профилю (а), наподобие того как это происходит при выветривании гранитов и диоритов. Но часто в верхнем горизонте коры базальтов и порфириров происходит значительное накопление гидроксидов железа и алюминия (б) по типу выветривания ультраосновных пород. (Стрелки соединяют точки среднего состава исходных горных пород и генетических горизонтов профиля выветривания. Направление стрелок показывает смену горизонтов снизу вверх по профилю.)

нистую массу, сохранившуюся под покровом молодых базальтов. Несколько десятков лет спустя аналогичное явление в районах Шотландии и Ирландии отметил Грин. За короткое историческое время такие продукты выветривания ни на Мадейре, ни в Шотландии не могли образоваться. Было высказано предположение, что эти глинистые коры — реликты отдаленного геологического времени, возникшие под влиянием иных географических условий.

Ландшафты геологического прошлого резко отличались от современных. Соответственно резко отличаются коры выветривания последнего времени и древних эпох.

Древние коры выветривания на территории СССР

При бурении первой же глубокой скважины в районе Москвы под мощным полутораклометровым покровом осадочных отложений была обнаружена кора выветривания. Теперь установлено широкое распространение автоморфной коры выветривания на кристаллическом фундаменте Русской равнины от Прибалтики до За-

волжья. Ее мощность колеблется от нескольких до 10—20 и более метров. Процессы выветривания на этой большой территории были прерваны вследствие ее погружения под уровень моря. Однако отдельные районы длительное время продолжали оставаться сухой.

Выветривание энергично протекало на площади Воронежской глыбы, где в результате сформировались известные месторождения Курской магнитной аномалии. Железорудные залежи представляют собой участки верхнего горизонта коры выветривания, которая развита на мелкозернистых кварцитах, содержащих минералы железа (главным образом магнетит). На протяжении верхнего докембрия и начала палеозоя отсутствие выдержанного покрова наземной растительности обусловило слабощелочной характер поверхностных вод. По-видимому, в связи с этим выветривание кварцитов сопровождалось растворением кварца и остаточным накоплением полностью окисленного железа в виде гематита. В дальнейшем верхний горизонт коры играл роль своеобразной железистой брони, предохранявшей нижние горизон-

ты от размывания. Благодаря этому участки коры выветривания выступали в древнем рельефе в виде вытянутых гребней.

Есть предположение, что некоторые глиноземистые кристаллические сланцы Сибирской платформы являются измененной древней корой выветривания. Переотложенные продукты выветривания обнаружены в ряде районов между Енисеем и Леной. В частности, с ними связано самое древнее месторождение бокситов — Боксонское в Прибайкалье.

Но самые «старые» коры выветривания приурочены к участкам древнейшей суши — докембрийским кристаллическим щитам. Наиболее полно изучена такая кора в Южной Карелии. Она образовалась около 2 млрд лет назад на гранитах и гнейсах. Несмотря на последующие изменения, достаточно хорошо различаются общее строение профиля и отдельные горизонты. Мощность профиля этой коры — обычно 5—10 м.

При всем разнообразии древнейших кор выветривания для них характерны некоторые общие черты: не очень сильная выщелоченность калия по

профилю, заметная коррозия кварца в верхнем генетическом горизонте, часто встречающееся относительное накопление в нем железа. Есть основания предполагать, что эти общие черты находятся в связи с географическими условиями (верхнедокембрийское — нижнепалеозойское время), характерной особенностью которых было отсутствие выдержанного растительного покрова.

На протяжении нижнего палеозоя происходило «упорное» освоение суши растениями. Появляются ландшафты болотных лесов, получившие затем чрезвычайно широкое распространение в каменноугольном периоде. Возникновение наземной растительности отразилось на составе важнейшего агента выветривания — поверхностных водах. Кислые почвенные воды, активно извлекая катионы — в первую очередь щелочи и щелочные земли — из кристаллических решеток минералов, способствовали энергичному преобразованию исходных пород и формированию хорошо дифференцированного профиля с сильно выщелоченным верхним горизонтом. Такие коры местами сохранились на восточном склоне Балтийского щита, на юге Воронежской глыбы и в других районах. Однако значительная их часть была уничтожена на протяжении последующей эпохи резкого иссушения (в конце верхнего палеозоя), когда вымерла лесоболотная растительность, а продукты выветривания были смыты и перетолжены.

Это положение изменилось около 170 млн лет назад, в нижнемезозойское время, когда снова увеличилось атмосферное увлажнение, а лесная растительность вновь распространилась на континентах. Однако эти леса росли не только в заболоченных низинах, как в верхнем палеозое, но сплошь покрывали и водораздельные пространства. На большей части территории СССР были распространены леса из древних хвойных и гинкговых с папоротниками в подлеске; на юге — более теплолюбивые древовидные папоротники и цикадофиты. Состав этих лесов свидетельствует о теплом гумидном

климате. Советский ученый В. М. Силицын (1966) предполагает, что количество осадков составляло 1500—2500 мм в год, причем их распределение по сезонам было равномерным. Как видим, условия напоминают современные влажные субтропики и тропики.

На протяжении нескольких десятков млн лет почти вся древняя суша в пределах нашей страны являлась ареной интенсивного гумидного типа выветривания. Несмотря на то, что с конца юрского и в начале мелового периодов наступил новый этап аридизации и произошло изменение состава лесной растительности, в конце мезозоя все же вновь доминирует гумидное выветривание.

Мощные мезозойские коры выветривания чрезвычайно широко распространены в СССР. Именно они впервые обратили на себя внимание исследователей на Украине (И. И. Гинзбург, 1914) и на Урале (И. М. Крашенинников, 1915). Позже эти коры были обнаружены в Казахстане и Средней Азии, во многих районах Сибири и на Дальнем Востоке. Проявления мезозойского этапа гипергенеза установлены за Полярным кругом — на Кольском п-ве, на Полярном Урале, в низовьях Енисея, на Таймыре, на о-вах Северного Ледовитого океана.

Так как мезозойские коры формировались в однотипных условиях — в гумидных лесных ландшафтах, они имеют определенные общие черты: значительную мощность (многие десятки, часто около сотни метров), сильную выщелоченность профиля и хорошо выраженные генетические горизонты. Строение и состав каждой конкретной коры сильно меняется в зависимости от исходной породы. Обобщив имеющиеся аналитические данные, можно установить закономерности перераспределения химических элементов при формировании мезозойских кор выветривания на разных горных породах.

В отдельных районах под влиянием изменения географических условий образование коры выветривания прерывалось, а потом вновь возобновлялось. Нередко на профиль более

древней коры накладывались проявления последующих этапов гипергенеза.

С мезозойскими корами связаны важные полезные ископаемые. В первую очередь следует отметить промышленную концентрацию никеля в автоморфной коре выветривания ультраосновных пород, а также образование природно-легированных железных руд. В автоморфной коре известняков образуется маршаллит, в коре гранитов — уже упоминавшийся каолинит. Среди переотложенных продуктов выветривания особое значение имеют железные руды и бокситы, а также огнеупорные глины, кварцевые пески и др.

Процессы гипергенеза в палеогене сохраняли ту же направленность, что и в мезозое. Это обусловлено некоторыми общими чертами географической среды. На большей части территории СССР была распространена лесная растительность и господствовал влажный, сравнительно теплый климат. Однако интенсивность гипергенного преобразования горных пород в палеогене заметно уменьшилась. Это, по-видимому, связано с общим изменением ландшафтных условий в сторону меньшей гумидности и термичности. В результате палеогеновая кора выветривания имеет тот же характер, что и мезозойская, но меньшую мощность и выщелоченность.

Последний этап

Новейшая кора выветривания, образование которой связано с последними страницами геологической истории (примерно с середины неогена), резко отличается от древней. Размещение продуктов последнего этапа гипергенеза мало чем напоминает географию древней коры. Это обусловлено глубоким изменением географических условий на протяжении неогена. Около 30 млн лет назад от Северного полюса начало распространяться похолодание климата, которое повлекло за собой контрастность термического режима и усиление циркуляционных процессов. В результате началось прогрессивное охлаждение гумидной зоны и иссушение аридной области. Поднимавшиеся



Парагенетические ассоциации распространённых новообразований эпигенетической стадии гипергенеза четвертичного периода: I — ландшафты тундр; II — лесов; III — лесостепей, IV — степей; V — пустынь. (За чёрными участками контуров (1) показывают ареалы возникновения минералов в автоморфных, светлые (2) — в гидроморфных обстановках.)

ного преобразования горных пород. В это же время в лесах появился травяной покров из двудольных, что имело весьма важные последствия для дальнейшей эволюции гипергенеза. В связи с нарастающей аридизацией лесная растительность уступает место более приспособленным травянистым группировкам, а это приводит к качественному изменению условий гипергенеза в аридных ландшафтах, на площади которых до тех пор биологические факторы оказывали весьма ограниченное воздействие.

Процесс «великого остепнения» на протяжении неогена распространялся с востока на запад. Лишь на небольшой площади некоторых районов Кавказа (Аджария, Талыш) в конце неогена продолжалось образование коры выветривания палеогенового типа. На значительно большей территории коры древних гумидных ландшафтов эродировались и переотлагались в виде красноцветной континентальной толщи.

В последнее время все отчетливее вырисовывается ритмичность увлажнения материков Северного полушария (А. В. Шнитников, 1957). С этим явлением, природа которого еще недостаточно изучена, связаны периодические смены эпох иссушения и относительно повышенного увлажнения на протяжении плейстоцена и четвертичного периода. Впрочем, некоторые из этих событий являются уже достоянием не только геологии, а археологии и истории. Например, достаточно четко намечается эпоха увлажнения между V и IV тысячелетиями до н. э. К этому времени, от которого до наших дней дошли чудесные наскальные рисунки в пещерах горного плато Тассилин — Аджжер, относится широкое обводнение Центральной Сахары. С этой же эпохой

ся горные системы Азии затрудняли перенос воздушных масс, несущих влагу, и еще более усиливали аридизацию территории. В плейстоцене происходит сокращение морских бассейнов, формируются горные сооружения Кавказа и Средней Азии.

В пределах территории СССР резко сокращаются и затем почти полностью исчезают ландшафтно-геохимические обстановки, в которых совершалось образование автоморфных кор выветривания на огромном от-

резке геологической истории — от верхнего девона до начала неогена. Далеко на юг отступают ландшафты жарких вечно влажных лесов и обширных низменных залесенных болот; исчезают жаркие и теплоумеренные леса с периодическим, но обильным увлажнением. Вместо них в гумидной зоне формируются ландшафты лесов таежного типа с морозным периодом, с заторможенным биологическим круговоротом химических элементов и относительно пониженной интенсивностью гиперген-

связано затопление в Месопотамии обширной территории между Тигром и Евфратом, послужившее основанием для легенды о всемирном потопе.

В аридных районах в периоды обводнения формировались мощные гидроморфные коры — карбонатные и гипсовые, сохранившиеся местами в Средней Азии, Казахстане, а также в южной части Крыма. Характерная черта уже упомянутой верхнеогеновой красноцветной континентальной толщи — обилие крупных стяжений карбонатов и сульфатов. Их возникновение, вероятно, также связано с эпохами регионального гидроморфизма.

Резкое похолодание и широкое распространение холодных гумидных и нивальных ландшафтов в четвертичном периоде имело исключительно важное значение для последнего этапа гипергенеза. В этих условиях при выветривании разрушались далеко не все, а лишь наименее устойчивые породообразующие минералы. Кроме того, новейший этап гипергенеза в десятки и сотни раз короче эпох древнего хорообразования. Поэтому автоморфные коры выветривания, развивающиеся на кристаллических породах, слабо расчленены на горизонты и имеют не глинистый, а обломочно-дресвяный характер. Выветрелые породы только частично лишены калия. Каолинит и галлуазит слабо распространены в новейшей коре выветривания, а доминируют минералы группы гидрослюд, часто смешаннослойной структуры.

Автоморфные коры на кристаллических горных породах плохо сохранились из-за многообразных эрозионных процессов. Верхняя часть профиля, как правило, подверглась большому или меньшему перемещению. В результате ледниковой, водной и ветровой деятельности огромные массы рыхлых продуктов выветривания были перемещены на значительные расстояния. Преобладание нивальных и холодных гумидных ландшафтов сказывается в широком распространении соответствующих продуктов выветривания не только в северной половине Европейской части СССР и на большей части Сибири, но и на юге, в горных районах.

Состав переотложенных продуктов выветривания весьма сложен. Основная их часть — это мелкие обломки с варьирующим содержанием тонкодисперсных частиц. Частицы неодинаковой величины могли перемещаться разными путями: мелкообломочный материал — преимущественно с водными потоками, тонкодисперсные частицы (величиной около микрона и менее) — через атмосферу.

Осталось сказать несколько слов о стадиях образования новейшей коры выветривания.

Сложность ее вещественного состава усугубляется тем, что после переотложения продукты выветривания вновь подвергались гипергенному преобразованию. Таким образом, в процессе формирования новейшей коры необходимо различать две стадии. Прогенетическая стадия включает в себя все гипергенные процессы, совершавшиеся до формирования данного типа четвертичных отложений, эпигенетическая — все последующие.

В прогенетическую стадию формируются основные черты элементарного состава рыхлых отложений. В целом процессы прогенетической стадии направлены на повышение содержания кремния и уменьшение почти всех других химических элементов. При этом содержание элементов (алюминия, магния, калия), связываемых в составе гипергенных силикатов, незначительно уменьшается. Содержание же кальция и натрия сильно снижается по сравнению с исходными породами. Химический состав переотложенной коры выветривания (т. е. различных типов покровных отложений) определяется содержанием тонкодисперсных компонентов и концентрацией кварца в обломочной части.

Эпигенетическое преобразование переотложенной коры выветривания совершается обычно в иных ландшафтных условиях по сравнению с процессами прогенетической стадии. Например, исходная порода выветрилась в тундровых и нивальных ландшафтах Балтийского щита. Затем выветрелая масса была захвачена ледником и перемещена в бассейн Дона. После отложения минеральной

массы процессы гипергенного преобразования вновь возобновились, но уже в условиях степных ландшафтов. В эпигенетическую стадию происходит перераспределение химических элементов в переотложенной коре выветривания и интенсивное минералообразование. Состав вновь возникающих минералов весьма разнообразен. Их замечательная особенность заключается в том, что они приурочены к определенным ландшафтно-геохимическим условиям.

Минеральные новообразования составляют закономерные группы — парагенетические ассоциации. Поскольку их состав в гумидных и аридных ландшафтах хорошо различим, в новейшей коре выветривания ясно намечаются и области распространения двух типов гипергенеза. Переходная полоса между областями гумидного и аридного типов совпадает с зоной лесостепных ландшафтов. Условной границей современного распространения основных типов гипергенеза может служить изолиния индекса сухости, равного 1.

*

Итак, в результате настойчивых усилий многих исследователей начинают вырисовываться основные черты грандиозного процесса выветривания.

Познание закономерностей образования и географии продуктов выветривания представляет актуальную научную задачу и имеет важное практическое значение. Выясняется роль некоторых явлений выветривания в биологических процессах. На очереди дня — использование этих явлений в сельском хозяйстве, учет их службой здравоохранения. Но в первую очередь изучение выветривания важно для обеспечения минерально-сырьевой базы промышленности. Исследования в этой области позволили обнаружить крупные месторождения руд железа, алюминия, никеля, некоторых редких металлов, залежи огнеупорных каолиновых глин, маршаллита и других полезных ископаемых. Нет сомнения, что в дальнейшем на этом пути нас ждут новые достижения и открытия.

Разум дельфина

Джон Лилли

Общение есть обмен информацией между двумя разумами

Соответственно, мы исходим в межвидовом общении из основного постулата, по которому каждый дельфин наделен разумом. Объем разума дельфина, его возможности и степень организации есть функция размеров мозга. У каждой особи — свои рамки, обусловленные количеством нейронов в мозгу. Уровень развития, выражающийся в деятельности мозга и разума, зависит от естественного опыта и организованного обучения каждой особи.

Разум любого дельфина весьма необычен и заметно отличается от нашего разума. Вот и спрашивается: насколько отличаются от нас дельфины? Сможем ли мы когда-нибудь их понять? Смогут ли они когда-нибудь понять нас? Чем они на нас похожи? Позволит ли некоторое сходство перебросить первые мостики взаимопонимания между разными биологическими видами?

Я согласен с теми, кто заявляет, что я или кто-нибудь еще должен представить очень полную информацию о разуме дельфина, прежде чем можно будет поверить в его существование. Но ведь есть и такие, которые вообще отрицают, что у дельфина может быть разум. Вот с этими людьми я решительно несогласен. Вообще доказать несуществование чего-то весьма затруднительно. Поэтому легче доказать наличие разума у

дельфинов, если он есть, чем обнаружить его отсутствие. Люди, которые хотят, чтобы им доказали наличие разума у дельфина (если он есть вообще), предлагают провести определенные эксперименты, скажем, проверить, какими абстрактными идеями дельфины обмениваются. Вот один такой эксперимент.

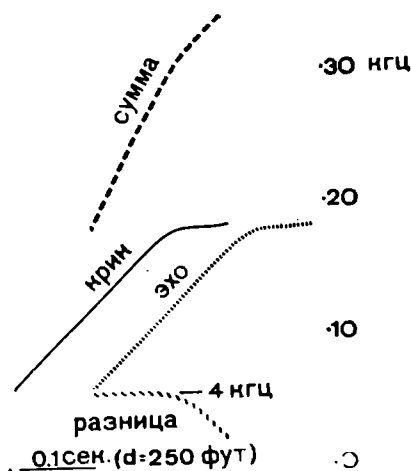
Дельфина изолируют в ванне и предлагают ему последовательно решить ряд возможно более остроумно составленных задач. По одному из вариантов образуют как бы лесенку — решение каждой последующей задачи зависит от решения предыдущей. Дельфина побуждают или учат решать совокупность задач, вознаграждая его при этом за успех. Все это время он не общается с другими дельфинами. Как только дельфин справится с заданием, устраивают двухсторонний звуковой контакт с другим дельфином. Зрительный и механический контакты не допускаются. Дельфин 2 изолирован в такой же ванне, как дельфин 1. И тоже оснащен всем необходимым для решения задачи.

Дальше возникает главный вопрос: сможет ли дельфин 1 передать дельфину 2 соответствующую информацию, чтобы второй дельфин мог решить совокупность тех же задач так же быстро или быстрее первого? При этом надо предусмотреть следующее: 1. Задачи должны быть настолько новыми и необычными, чтобы ни один дельфин не мог их знать по своему прежнему опыту. 2. Задачи должны быть достаточно трудными, чтобы время, необходимое для их решения, поддавалось учету. 3. Трудность должна быть достаточ-

но велика, чтобы ни один дельфин не мог сам, без помощи, справиться с решением. 4. Задачи должны быть настолько интересными для дельфина, чтобы он трудился над ними, пока их не решит. 5. Задачи должны быть достаточно интересными для первого дельфина, чтобы он заинтересовал ими второго дельфина. 6. Все задачи должны строиться с учетом характера общения дельфин — дельфин или же так, чтобы дельфин 1 мог преобразовать их в соответствии с характером общения дельфин — дельфин.

Этот подход кажется мне очень интересным, и я побуждал некоторых ученых испытать его. Обычно исследователи делают ошибку уже с первых шагов, когда отбирают задачи и обучают дельфина, как их решать. Они забывают про некоторые из сформулированных выше требований, особенно про последние четыре — о том, что задачи должны увлекать дельфинов и ввязаться с их познавательной, волевой, перцептивной и прямо-передаточной системами. Несомненно, со временем будет проделано достаточное число таких экспериментов в разных вариантах и постепенно накопятся данные, что могут и чего не могут передать друг другу дельфины.

Программа исследований нашего института включает это направление исследований. Чтобы располагать надлежащим материалом для вышеупомянутых опытов, нам нужно знать содержание сообщений дельфина. И система, которую мы разрабатываем, предусматривает использование ряда единых для нас и дельфинов символов. Эти символы дельфины будут



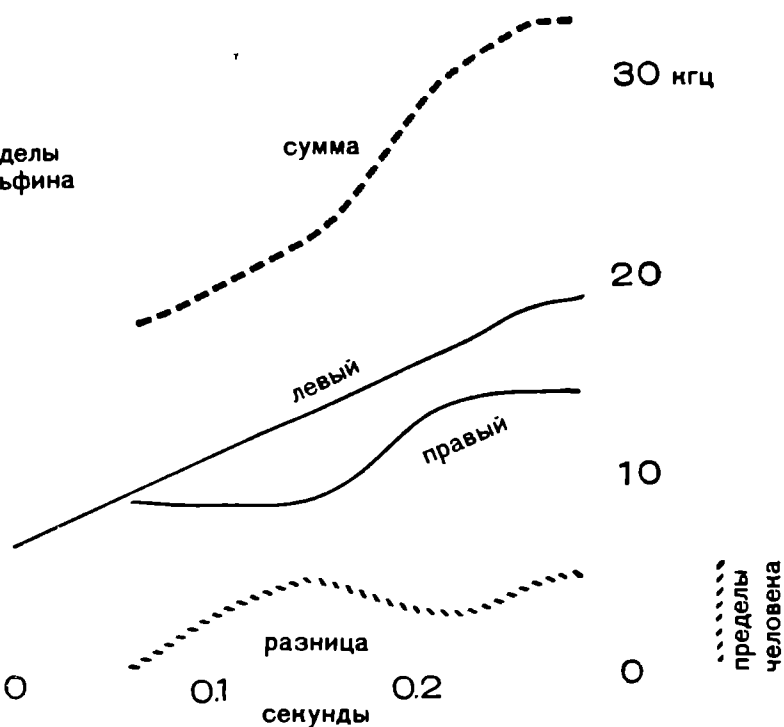
Сигнал «засечка» и его эхо. Произведенному дельфином звуку отвечает обозначенная словом «сигнал» кривая частоты в зависимости от времени. Это подобно сигналу, сдвиг во времени обусловлен отражением от плоской поверхности в 250 футов (около 76 м) от дельфина. Продолжительность сигнала (и эхо) — примерно 0,3 сек. При расстоянии в 250 футов отраженный звук накладывается на сигнал и возникают суммарные и разностные частоты. Большую роль играет частотная разность, равная примерно 4 кгц; благодаря этой «постоянной частотной разности» дельфин знает, что его отделяет от объекта определенное расстояние. Широкий слуховой диапазон дельфина позволяет ему также слышать сумму (сигнала и перекрывающего эхо), которая показана штриховой линией, уходящей за пределы 30 кгц

осмысливать по-своему, а мы — по-своему. Идя по такому пути, мы устанавливаем, какого рода задачи могут их заинтересовать.

Порой дельфины показывают нам, что для них интересно, отдавая предпочтение какому-то роду задач. Мы выясняем также, что аяжется с их рецептивно — перцептивно-познавательных передаточных системами, то ли в «естественно», то ли в искусственно преподанном и усвоенном контексте. По мере разработки совместных символов можно составлять задачи с их применением.

Всякий из нас обучался, получая в

пределы дельфина



Особый сигнал, разработанный дельфином Чи Чи. Этот график подробно разбирается в тексте. На нем отображены два высокочастотных свиста, произведенных отдельно левым и правым устройствами. Частота «левого» свиста возрастает 0,3 сек. почти линейно по отношению к времени. «Правый» свист начинается с запозданием, и следует трель продолжительностью в 0,2 сек. Нижняя пунктирная кривая пока-

детстве от родителей ежедневно большой объем информации. Нам представлялось усваивать то, что нам, так сказать, по зубам в данном возрасте. Поступая в школу, мы уже владеем основами речи и общения. Можно сказать, что человек в детстве осваивает язык в достаточном объеме, чтобы решать задачи, предлагаемые ему родителями и сверстниками, и, в свою очередь, предлагать им задачи. Вот и дельфинов сначала надо обучить посредством постоянного контакта какому-то общему для обеих сторон языку, прежде чем проводить предложенные опыты и проверять их ум. Другие ученые не разделяют этой точки зрения. Им ка-

зывает генерированную разностную частоту; она находится в пределах, различимых человеком (пределы человека). Слуховой диапазон дельфина (пределы дельфина) гораздо шире; афалина слышит «левый» и «правый» свисты, разностную частоту и суммарную частоту. Предполагается, что дельфин разработал этот особый сигнал с отчетливо слышимыми разностными частотами для людей

жется, что мы быстрее добьемся успеха, если сначала продемонстрируем существование у дельфина развитого интеллекта. Если они правы, то психолог, владеющий методикой проверки интеллекта, смог бы выявить степень его развития у дельфина задолго до того, как это будет сделано посредством межвидового общения. Сторонники нашего способа пока что не нарадуются способности дельфина решать сложные цепочки задач определенного рода.

Еще раз подчеркиваю важность принципа совместности, сотрудничества — дельфин не должен терять интереса, а исследователь испытывать удовлет-

ворение от своей деятельности. Верится мне, что вживаясь в мир дельфина и приобщая дельфина к своему миру, можно посредством межвидового общения учить и учиться решать сформулированные выше задачи. Но я не верю, что какой-нибудь психолог, стоит только ему захотеть, в два счета добьется желаемых результатов. Работа с дельфинами — не краткосрочные опыты на животных с маленьким мозгом, которыми занимаются большинство наших зоопсихологов.

Например, с генетически чистой расой крыс можно в несколько месяцев добиться нужного результата. Как крысы решают задачи, хорошо изучено. И хорошо (хотя еще и не исчерпывающе) описано, что они умеют и чего не умеют делать.

Человек и дельфин, как мы установили в нашем институте, еще слишком далеки друг от друга, чтобы решать задачи, о которых шла речь, быстро и легко. В области голосовых

реакций мы достигли с дельфинами кое-чего нового и необычного. Доказано, что в этой области дельфины способны решать задачи, которых ни одно другое животное (кроме человека) не решает. Никакой попугай, никакая майна, никакая обезьяна с этим не справятся. Наши опыты подробно описаны и результаты изложены дальше в этой книге.

Я не отвергаю то, что было достигнуто в психологии психоанализом.



Маргрет Хау и дельфин Сисси в морском бассейне. Маргрет неожиданно обнимает дельфина и продолжает говорить с ним.



Отрабатывая анализ на себе и анализируя других, я убедился, что «психодинамический» взгляд на разум, предложенный психоаналитиками, имеет фундаментальное значение для его понимания. Психодинамические формулировки направлены на то, чтобы выявить процессы, происходящие в разуме человека. Этот метод не разделяет разумы по группам, объединенным на основе произвольных критериев типа «здоровый» — «больной». Психоаналитический подход более точен и дифференцирован, он воплощает более совершенный метод исследования человеческого разума, использующий догматическую разбивку на отдельные категории.

Выше я говорил, что хотел выяснить и описать возможности человеческого разума, попытавшись выйти за пределы мыслей и поступков, подчиненных условностям. Разумеется, трудно ожидать, чтобы дельфинам были присущи нормы нашего мышления. И разумеется, трудно ожидать, чтобы они мыслили такими же категориями, как мы. Если нам вообще когда-либо удастся воспринять образ мыслей дельфинов, то, конечно, не на основе одних только наших норм, а с учетом их норм. Одну из моих лекций о дельфинах я начал примерно так:

«Я хочу рассказать вам немного о том, что мы узнали, изучая группу не связанных условностями нудистов, которые никогда не носили одежды. Они не знают, что значит ходить на двух ногах, у них нет собственности. Они не могут написать своего имени. У них нет торговли и универмагов. У них нет ни радио, ни телевидения. Нет очагов, нет печей, они вообще не знают огня. Нет ни атомных, ни ядерных бомб, нет электростанций. Нет рукописей и книг. Нет библиотек и картинных галерей. Несмотря на отсутствие всего этого, они вполне преуспевают. У них большой мозг и тонкий ум. У них есть хорошие средства передвижения. К их услугам готовые запасы пищи. Они понимают, что зимой надо уходить на юг, а летом — на север. Они успешно борются со своими врагами, превосходя их умом и подвижностью. Наконец, они на-

столько расположены к нам, что спасают нас, когда видят, что кто-то из нас попал в беду».

Обычно дельфину прощают его наготу, даже забывают о ней. Столь необходимая телу дельфина обтекаемость была бы только нарушена одеждой. Большинство людей, наблюдая дельфинов в океанариуме, не замечают таких сторон их жизни, которые у нас обставлены условностями. Их привлекает грациозность дельфинов, пластика и стремительность движений, проявление мощи. Привычные для людей представления мешают им замечать, что дельфин испражняется или проявляет половую активность.

Поскольку разум, мозг, образ жизни и обстановка неразрывно соединены сложными нитями всесторонней обратной связи, человеческий и внечеловеческий разум — мозг должны пребывать в общей обстановке и посредством надлежащих сигналов и взаимодействия налаживать единый или хотя бы основанный на сотрудничестве и общении образ жизни. Особенности обстановки должны обеспечить удовлетворение насущных нужд и вместе с тем располагать к сходному мышлению. Но этому должно предшествовать долгое сосуществование разума дельфина и разума человека.

Чтобы добиться должного взаимодействия разумов и накопления надлежащих данных, необходим постоянный, непрерывный контакт. Это же, что выращивать ребенка, — нужно долго (много лет) и неустанно (12—20 час. в сутки, 7 дней в неделю, 52 недели в год) трудиться, налаживая общение. Лучше всего идти к межвидовому общению, воссоздавая образ жизни и обстановку, в которой мы сами учимся говорить и действовать по-человечески.

Способность ребенка к имитации — основной признак, убеждающий в том, что ребенок усваивает общие для окружающих его людей звуки. Процессы испускания и восприятия звука собственного голоса позволяют нам сравнивать свои звуки со звуками других, служащими образ-

цом. И позволяют другим проверять, насколько отработаны наши звуки, соответствуют ли они общим, всеми принятым речевым нормам. Сначала мы прямо сопоставляем производимые нами звуки с тем, что слышим в эту минуту. Это — рабское, немедленное подражание, или имитация первого порядка. Я произношу какое-то слово, и ребенок повторяет его за мной, как может. В дальнейшем, услышав от меня какое-то слово, ребенок отложит в «акустическом мозгу» свое восприятие этого слова и будет упражняться сам, сопоставляя результат с моделью, хранящейся в его памяти. Это — задержанное подражание, или имитация второго порядка. Ребенок уже не нуждается в том, чтобы тотчас подражать мне. Более или менее точно запомнив сказанное мной, он воспроизводит его потом, на досуге. Из-за этого процесса запоминания с последующим воспроизведением у детей постарше трудно проследить имитацию. Зафиксировав звучание в памяти, они воспроизводят его затем вдали от источника.

Прямая имитация, когда подражаешь человеку, для которого изучаемый вами язык родной, и слушаешь его поправки, оттачивает наши новые критерии; так, родители своими поправками помогали нам овладеть родным языком. Каковы же, насколько мы можем судить теперь, факторы, необходимые для усвоения языка? Вот как они мне представляются:

1. Типичный для млекопитающих мозг весом от 660 до 700 г.
2. Надлежащий голосовой аппарат.
3. Возможность накопления звучаний в памяти.
4. Имитация первого порядка (немедленная) с исправлением ошибок другим человеком.
5. Имитация второго порядка (задержанная).

Чтобы передающее устройство могло начать имитировать, слуховое устройство (я готов это подчеркивать снова и снова) должно накопить сотни тысяч звуковых образцов. Только тогда мы сможем извлекать из накопителя в нашем мозгу большое количество звуков и пытаться их имитировать, т. е. воспроизводить нашим голосовым аппаратом.

В случае с попугаем и майной подражание не воспринимается как попытка наладить общение. У ребенка же имитация есть выражение такой попытки. Важную роль здесь играет различие, определяемое величиной мозга. Попугай и майна довольно успешно воспроизводят своим голосовым аппаратом ограниченное количество слов. Они не могут накопить в своем маленьком мозгу достаточно много акустических шаблонов; в отличие от животных с мозгом большей емкости у них нет ни нужного запаса шаблонов, ни способности составлять из них сложные сочетания. Речь, какой мы ее знаем, возможна тогда, когда есть наготове огромное количество соответствующих элементов, когда они легко доступны и быстро сочетаемы. Много лет потрачено на работу с майной и попугаями, однако ни один исследователь до сих пор не может удовлетворительно объяснить, как это получается, что они воспроизводят наши слова. Здесь процесс имитации подобен глухому тупику. Мозг этих птиц попросту недостаточно емкий, чтобы пойти дальше превосходного выговаривания отдельных слов.

В 1957 г. я обнаружил способность афалины имитировать звуки, производимые в ее окружении. Об этом наблюдении рассказано чисто описательно в научной статье¹. Кое-что об этом сообщено также и в «Человеке и дельфине». Единственное прежнее письменное указание такого рода мы находим у Аристотеля (III в. до н. э.). Аристотель отмечал, что голос дельфина на воздухе напоминает голос человека и что дельфин произносит гласные и сочетания гласных, но комбинация гласных и согласных ему не дается. Примерно четверста лет спустя Плиний Младший сократил это описание так: «голос дельфина напоминает причитания человека».

Видимо, Аристотель не задумывался над тем, что звуки, издаваемые дельфинами, являются имитацией, которая необходима, чтобы освоить нашу речь. Он видел и слышал, как

дельфины подражают голосам людей, но не назвал это имитацией. Естественные звуки, издаваемые дельфинами на воздухе, напомнили ему голос человека, произносящего гласные и сходные с ними звуки. Но ведь обычно дикий дельфин таких звуков не производит ни на воздухе, ни под водой.

Когда я подметил это явление в 1957 г., я еще не был знаком с сочинениями Аристотеля. Анализируя ретроспективно мои записи звучаний дельфина, сделанные при особых условиях, я обнаружил, что некоторые звучания напоминают либо спонтанно возникавшие в лаборатории, либо произведенные мной звуки. Позднее, проверяя способность другого дельфина к подражанию, мы быстро убедились, что в его репертуаре имеются явные элементы имитации.

Конечно, выговор у *Tursiops* не блестящий. Однако уже то, что он произносит нечто похожее на определенные человеческие слова (только что перед этим сказанные ему) поразительно и указывает на попытку имитации. У большинства нет навыка в распознавании речевых сигналов в сильно искаженной передаче. Поэтому для многих, в том числе и ученых, мои прямые магнитофонные записи, демонстрирующие явление имитации, оказались неубедительными. Тогда мы придумали формы показа, не предполагающие слушание и психофизическую оценку. Сообщение об этих новых формах было напечатано в «Science»¹. Привожу резюме оттуда:

«В дополнение к обычному для дельфинов способу подводного акустического обмена, афалину *Tursiops truncatus* можно научить издавать звуки дыхалом на воздухе. Используя соответствующее поощрение (позитивное закрепление) и приемы стимулирования, можно изменить естественный характер голосовых реакций. Одна группа таких измененных звучаний, по убеждению автора, напоминает человеческий голос («звукоподражание»). Физическому определению, характеристике и демонстрации поддаются такие аспекты, как

¹ J. C. Lilly, Vocal behavior of the bottlenose dolphin. «Proc. Am. Philos. Soc.», v. 106, 1962, p. 520.

¹ J. C. Lilly, 1965, in General Bibliography.

как протекает урок с дельфином Питером. Это не является попыткой точно передать, какие звуки, издаваемые дельфином, мы стремились, главным образом, показать, чего достигли за несколько месяцев человек и дельфин, выступая в роли учителя и ученика. Способ транскрипции следующий:

1. Читают одновременно две строки, как в нотной записи. Одна строка обозначена МН (Маргарет Хау), другая — PD (Питер Дельфин).

2. Знак «с» обозначает щелканье, свист или какой-нибудь иной звук «дельфиньей речи». Иначе говоря, серию щелканий можно изобразить, как «сссссс». Количество щелканий здесь не учитывается, «сссссс» не означает, что их было шесть... просто изображает серию щелканий.

3. Знак «х» обозначает человекоподобный звук, изданный дельфином, но недостаточно отчетливый, чтобы его можно было описать точно фонетически. Иначе говоря «х» — попытка дельфина издать человекоподобный звук.

4. Если человекоподобный звук получался достаточно отчетливым, для его фонетической передачи по-английски ему дается предельно близкое буквенное описание. Иначе говоря, «оie» может быть попыткой выговорить «воу»... без буквы «в».

5. Указания МН Питеру набраны более мелким шрифтом, а слова, которые Питер должен повторить, — прописными буквами. Пример: «Пожалуйста, Питер, скажи, HELLO, MARGARET».

6. Каждая выборка сопровождается кратким резюме.

7. Транскрибированные выборки передают только аэрозвук, запечатленные на магнитофонной ленте. Подводных звуков мы здесь не касаемся.

Новые данные: двойная фонация и стереофонация

Исследуя фонацию (посылку звукового сигнала) у дельфина, мы были озадачены дублированием звучащего устройства. Внутри открытого дыхала

воздухоносный проход, как и в нашем носу, раздвигается. По обе стороны обращенного вверх, ко лбу, дельфиньего «носа» есть полный набор мешков, мышц, трубок и отдельная звукообразующая мембрана. Есть правое звучащее устройство, каждое в своей половине «носа». Некоторые элементы в правом аппарате обычно крупнее, чем в левом.

Наблюдая дельфина, который выпускал на воздухе человекоподобные звуки, мы заметили, что обе стороны явно действуют независимо. Съемка рапидом работы дыхала подтвердила, что так оно и есть. Когда мы просмотрели пленку с замедлением, то увидели, что две стороны запирающей носовой канал мускульной пробки, или два «языка» (как мы их теперь называем), использовались раздельно при производстве аэрозвуков. Применяв более совершенные и тонкие способы, мы смогли показать, что дельфин умеет не только выпускать звуки каждым устройством в отдельности и разновременно, но и смешивать два звуковых ряда, производя их одновременно или переплетая.

Процесс особого рода смешивания звучаний левого и правого устройства мы называем «стереофонацией». Разработаны способы экспериментальной проверки этих данных.

Способы разные: можно слушать издаваемый дельфином звуки на стереофонической аппаратуре или анализировать графики, или просматривать снятые рапидом рентгенокинокадры. Каждый способ позволяет осветить какую-то свою грань исследуемого явления.

Теперь охарактеризую объект эксперимента и аппаратуру. Выходные сигналы с двух гидрофонов усиливают и записывают раздельно на две дорожки магнитофонной ленты — по одной дорожке на каждую сторону. Одновременно оба канала соединены с осциллографом. На экране прибора звуки фиксируются по-разному. Например: 1. При наложении друг на друга в виде так называемого графика «Х в зависимости от Y» на осях X и Y электроннолучевой трубки.

2. Два канала можно передать на экране в виде двух отдельных во времени лучей. 3. Осциллограф позволяет также получить графики по данным частотных анализаторов. Рапидная рентгенокиносъемка помогает нам проследить, что в каждом случае происходит внутри головы дельфина. Так что, при известном терпении, если все пройдет благополучно, можно получить видимое анатомическое изображение того, что происходит в каждое мгновение при производстве разных звуков.

Можно подтвердить этот результат объективными показаниями осциллографа по тем же записям. Поступающий с одной стороны головы дельфина звук отклоняет луч на экране трубки прямо вверх и вниз, с другой стороны — вбок. Следовательно, когда звук идет только от какой-то одной стороны, осциллограмма покажет перемещающуюся либо по вертикали, либо по горизонтали тонкую прямую линию. Если раздельно во времени поступают два звука, сперва с одной, потом с другой стороны, мы увидим, как две линии, вертикальная и горизонтальная, образуют на экране осциллографа крест.

Когда звук поступает с двух сторон не раздельно, а в стереофонической связи, луч чертит на экране сложные узоры, отражающие соотношение амплитуд двух звуков в каждый данный момент. Когда наблюдателю слышится, что звук ходит у него в голове взад вперед между ушами, луч рисует круги и эллипсы разной величины и разного наклона. Это особенно наглядно при идущих с обеих сторон свистах. Но и при щелканьях можно видеть сходные эллипсы, сложные петли и иные фигуры, размеры и наклон которых меняются с каждым щелчком. Прослушивая длинный ряд щелканий, мы видим на экране осциллографа изумительную картину систематически меняющихся сложнейших фигур.

Таким образом, связанные указанным взаимоотношением внутри головы дельфина звуки, издаваемые двумя звучащими устройствами, являются по отношению друг к другу «стереофоническими». Мы употребляем термин

«стереофонический», чтобы показать, что между этими звуками есть пространственно-временная связь, благодаря которой наш мозг толкует их как поступающие из одного кажущегося источника, расположенного вдали от двух действительных. Так что стереофонация — единственный в своем роде произвольный физиологический процесс, известный пока из всех животных только у дельфинов. Наш голосовой аппарат полностью лишен этого стереофонического качества, присущего звуковому общению дельфина. Дельфин может перемещать кажущийся источник звука из одной стороны головы в другую. Он делает это без усилий, мягко, плавно. Наше голосовое устройство сосредоточено около средней плоскости, и слушающий воспринимает наш голос, как исходящий из носа и рта у этой плоскости.

Правый голосовой аппарат дельфина обычно больше левого. Интересно, как эта асимметрия отражается на том, что дельфин способен делать каждой из сторон. Тон некоторых звучаний правого устройства может быть ниже тона звучаний левого устройства. Впервые я столкнулся с некоторыми из этих интересных свойств, изучая голосовые возможности дельфина Чи Чи. Когда состоялось наше знакомство, Чи Чи было примерно двенадцать лет, и по части звукообразования она намного превосходила «юнцов» Эльвара и Тольву, упоминаемых в «Человеке и дельфине». Я подробно изучил ее голосовые реакции.

У Чи Чи был отчетливый «личный сигнал», какого мы не слышали больше ни у одного дельфина. Звучанием он резко отличался от «личных сигналов» более молодых животных. Он явно включал очень низкие частоты, более низкие, чем слышанные нами у всех других дельфинов. Сотрудники института без труда улавливали его на границе диапазона различаемых нами частот. Сигнал Чи Чи был непохож на обычный «писк» других дельфинов, который звучал на верхних регистрах и заставлял нас напрягать слух.

Я изучал, как Чи Чи издает этот

свист, методом частотного анализа и другими методами. Наблюдая, видел, что ее дыхало работает иначе, чем у других дельфинов. Обычно, когда они издавали под водой личный сигнал, происходило длительное, плавное сокращение верхней части пробки только с одной стороны. Синхронно: свисты и сокращения одной стороны. А у Чи Чи, когда она под водой издавала свой сигнал, сокращались обе стороны пробки, причем, как мне представлялось, почти в противоположных направлениях, так что верхняя часть мускульной пробки причудливо извивалась.

Издаваемый сигнал анализировался разными путями. Одно из самых важных полученных данных отражено на рисунке, стр. 61 слева.

Произведенному дельфином звуку отвечает обозначенная словом «сигнал» кривая частоты в зависимости от времени. Эхо подобно сигналу, сдвиг во времени обусловлен отражением от плоской поверхности в 250 футах (около 76 м) от дельфина. Продолжительность сигнала (и эхо) — примерно 0,3 сек. При расстоянии в 250 футов отраженный звук накладывается на сигнал и возникают суммарные и разностные частоты.

Большую роль играет частотная разность, равная примерно 4 кгц; благодаря этой «постоянной частотной разности» дельфин знает, что его отделяет от объекта определенное расстояние. Широкий слуховой диапазон дельфина позволяет ему также слышать сумму (сигнала и перекрывающего эхо), которая показана штриховой линией, уходящей за пределы 30 кгц.

Этот график показывает изменение частот свиста в зависимости от времени. Обратите внимание на два важных компонента, одновременно появляющихся в части графика. Один равномерно растет, начинаясь от более низкого значения частот. Другой, беря начало от более высокого значения, в это же время падает. Обратите также внимание, что график не отражает отчетливо звучащих низких частот. Эта «нехватка» низких частот не была предсказана слушавшими сигнал. Каждый из них отчетливо слы-

шал низкие частоты. А вот объективная запись не показала услышанного всеми нами. Откуда же взялись низкие частоты? Все были согласны, что «воображение» тут не при чем.

Сама Чи Чи подсказала нам толкование. Она отлично умеет производить один только возрастающий по частоте сигнал, без убывающего. Он подобен личному сигналу молодого дельфина. Когда мы прослушивали возрастающий частотный компонент отдельно, без парного компонента, в нем не было никаких низких частот. Опыт с одним только убывающим частотным компонентом дал такой же результат. Другими словами, мы слышали низкие частоты только тогда, когда Чи Чи производила оба компонента вместе. Вот тут-то мы и стали присматриваться к частотным разностям.

Посмотрев на кривые частота — время, вы увидите, что значения частотной разности двух компонентов возрастают. Там, где две частотные кривые пересекаются, разностная частота равна нулю. Для всех остальных точек значения нижней кривой, вычтенные из синхронных значений верхней кривой, будут выше нуля. Таким образом, ход частотных разностей во времени аналогичен ходу субъективно слышимых низких частот. И значения их отвечают субъективно слышимому. Иначе говоря, два высокочастотных компонента, взаимодействуя, генерируют частоты биений.

Если Чи Чи умышленно складывает эти две частоты и если она воспринимает биения, возможно, что сигнал выработан ею для какой-то особой цели. Посмотрим, какая обстановка предшествовала тому моменту, когда мы обнаружили этот сигнал. Всех, кто соприкасался с Чи Чи, просили разговаривать с ней громко на обычном английском языке. И просили не отзываться на «дельфинью» речь, т. е. на производимые ею звуки высокой частоты. Строение звучащего устройства не позволяло ей непосредственно производить присутствующие нашим голосам очень низкие частоты. И вот, как мне кажется, Чи Чи, постоянно слыша наши голоса, нашла способ, пользуясь своим двойным голосовым аппаратом,

Сигнал бедствия дельфина. Приведены типичные образцы сигналов бедствия, изданные совсем молодым дельфином и животными постарше. Обратите внимание, что частоты произведенных звуков выходят за пределы обычной для нашего восприятия границы. Два верхних следа обрываются у отметки 8 кгц; начальная частота свистов — около 4 кгц. Два нижних следа получены замедлением ленты и удвоением диапазона частот; это позволяет показать гармоники свистов. При замедлении в четыре раза (больше, чем показано здесь) те же свисты звучат подобно сирене воздушной тревоги

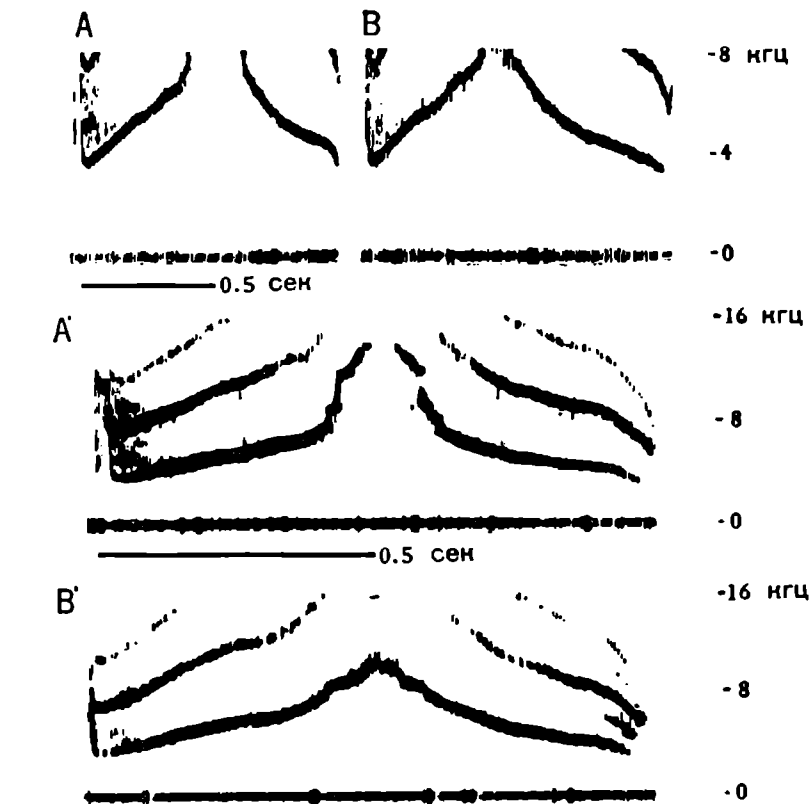
производить низкие (самые низкие из доступных ей) частоты. Так появился сигнал, рассчитанный на то, чтобы привлечь внимание человека. Чи Чи совместила два варьирующих во времени высокочастотных ряда, и получился варьирующий во времени низкочастотный ряд, отвечающий диапазону нашей обычной речи. (Могут сказать, что я переоцениваю мыслительные способности Чи Чи; полагаю, что это не так. Может быть, для дельфинов использование явления биений частоты — обыденное дело).

«Засечка» — «перекладина»

Если посмотреть на кривую частоты в зависимости от времени, отображающую сигнал Чи Чи, мы увидим, что двойная кривая образует что-то вроде буквы V, лежащей на боку <. Нисходящая частотная кривая составляет одно, восходящая частотная кривая — второе плечо (<). Исходя из объективно зафиксированных частот дельфиньей речи, назовем сигнал (<)-образным.

У этого сигнала есть важное для нас свойство: мы слышим нарастающий низкочастотный звук. На графике частоты — времени это отобразится в виде «засечки» (✓); введем термин — (✓)₁-образный сигнал. Другими словами, биение частот (<)-образного сигнала дает (✓)₁-образный сигнал.

Кто не забыл школьную физику, за-



метит, что, когда одновременно налицо две частоты, их сочетание дает не только разностную, но и суммарную частоту. Иначе говоря, при гетеродинировании образуются и суммарная, и разностная частоты. Внимательное рассмотрение фигуры, отвечающей (<)-образному сигналу, показывает, что сумма парных частот в каждое мгновение выразится в виде прямой, или «перекладины», которую обозначим (—). Частоты этого ряда гораздо выше двух исходных частот, они выходят далеко за пределы слышимого нами диапазона, но вполне доступны для слуха дельфина. Другими словами, если сопоставлять возможности слуха обоих биологических видов, то «перекладина» — рассчитанный на дельфина, а «засечка» — рассчитанный на человека результат преобразования частот. В целом же преобразование (<)-образного сигнала дает комбинированный сигнал («засечка — перекладина»).

На рисунке вверху приведены типичные образцы сигналов бедствия, изданных совсем молодым дельфином и животными постарше. Обратите

внимание, что частоты произведенных звуков выходят за пределы обычной для нашего восприятия границы. Два верхних следа обрываются у отметки 8 кгц; начальная частота свистов — около 4 кгц. Два нижних следа получены замедлением ленты и удвоением диапазона частот; это позволяет показать гармоники свистов. При замедлении в четыре раза (больше, чем показано здесь) те же свисты звучат подобно сирене воздушной тревоги¹.

Картина окружающего, которую создают в мозгу испускающего сигналы — «засечки» дельфина, воспринимаемые обоими ушами и стереофонически сочетаемые биения частот, должна быть очень интересной. Это все равно, как если бы видимые нами предметы светились: ближние — красноватым, дальние — синеватым светом, а в промежутке помещался бы весь остальной спектр. Допустим, мы совсем близко видим красное пятно, а поодаль — какой-то голубой мазок. И можно так истолковать эти

¹ J. C. Lilly. Distress call of the bottlenose dolphin. «Science», v. 139, 1963, p. 116.

краски: красное пятно — рыба рядом с нами, синий фон внизу — дно, а что-то большое, зеленое, плавающее между нами и дном — другой дельфин. Замена акустических частот биения цветами — один из способов наглядно представить себе, каким рисует дельфину его окружение. (Опять, как это уже было выше, различие в организации мозга и восприятия окружающего заставляет нас трансформировать «акустические образы» дельфина в наши зрительные.) Итак, «засечка» и другие, более сложные сигналы, могут быть использованы дельфином, чтобы посредством своего «длинноволнового сонара» (как я его называю) получить картину того, что его окружает. «Коротковолновый сонар» дельфина работает на гораздо более высоких частотах; проведенные нами в институте измерения показали, что при этом способе применяются частоты примерно от 15 до 150 тыс. колебаний в сек. В воде это соответствует длине звуковой волны приблизительно от 10 до 1 см. Как показано нами и другими исследователями, этот звук собран в луч с максимальным захватом в направлении от верхней челюсти вперед. Он состоит из коротких импульсов с очень высокими амплитудами (3 тыс. дин на см², что на 140 децибел выше эталонного уровня в 0,002 дин на см²). Так как речь идет о луче, который и при более коротких волнах дает очень большую дальность, он может быть использован, чтобы подробнее исследовать предмет, обнаруженный длинноволновым сонаром. Изменяя длину волны, дельфин изменяет разрешающую способность своего гидролокатора: чем короче волна, тем меньшие детали различаются (вплоть до 1 см).

Представим себе, что дельфин (при помощи «засечки») обнаружил что-то интересное его на каком-то расстоянии слева. Он поворачивает голову в нужную сторону, включает «коротковолновый сонар» и прощупывает предмет своим «акустическим прожектором». Узкий пучок и короткие волны обеспечивают разрешающую способность, которой «засечка» и другие свисты с более длинной волной не могут дать. Чтобы «разгля-

деть» мелкие подробности, дельфин повышает частоту излучаемых импульсов до 150 тыс. колебаний в сек. (длина волны — 1 см).

Вернемся к сигналу типа «засечка»

Дельфина окружают удаленные на разное расстояние объекты; оставаясь на месте, он будет слышать разные частоты. Если объекты приближаются, частоты увеличиваются, если уходят — уменьшаются. Соответственно, если дельфин и другие объекты вместе с ним очень быстро перемещаются в воде, воспринимаемые частоты биений эхо-сигналов от этих объектов будут оставаться неизменными, но Допплер-эффект возрастания — убывания останется в силе для объектов, не участвующих в движении. Это усложняет картину окружающего, отображаемую в мозгу дельфина — ведь надо учитывать зависимость частот не только от расстояния, но и от времени.

Наш мозг способен переработать лишь одну десятую акустической информации, которую обрабатывает мозг дельфина. Дельфин может накопить для своих реконструкций огромное количество пространственно распределенной акустической информации; в его памяти, очевидно, запасаемо много моделей среды. Мы лишены этих количественных преимуществ. Другими словами, необходимо долгое обучение, чтобы мы здесь могли сравниться с дельфинами. А может быть, учитывая ограниченные возможности нашего мозга по сравнению с дельфиньим в этой сфере, мы никогда их не догоним, во всяком случае — в том, что касается скорости вычислений.

Есть ли доказательства того, что дельфин использует «засечку» для длинноволновой гидролокации? Одним из доказательств служит такой факт: дельфин, помещенный в новую среду, издает серии сигналов-«засечек», однако через некоторое время перестает их испускать. Это надо понимать так, что вначале он использует «засечки», чтобы составить акустическую карту окружения. После этого издавать их так часто незачем, потому что дельфин и без того знает, опи-

раясь на последний произведенный им звук, где он находится в каждое данное мгновение. Его карта включает все препятствия, все стены, все глубины и границы данной среды. Дальше, он может перемещаться, пользуясь только глазами или коротковолновым сонаром, чтобы проверить, в какой точке внешней среды и своей внутренней карты он находится. Стоит чему-нибудь измениться в окружающей сфере, как дельфин тотчас принимается исправлять свою внутреннюю карту. Мы наблюдали это буквально сотни раз.

Учитывая все сказанное, можно так представить себе содержание разговора двух дельфинов, обменивающихся свистами. У дельфина очень большой мозг, близкий по свойствам мощной вычислительной машине широкого назначения, следовательно, очень емкий неокортекс. Поскольку значительную часть его составляет слуховая кора, у них, вероятно, разработаны отвечающие отраженным свистам (и щелканьям), а также биениям свистов символы (своего рода стенография), которые обозначают взаимосвязи и свойства разных объектов (в том числе самих дельфинов). Например, дельфин (как мы это наблюдали много раз при разговоре двух дельфинов), обращаясь к товарищу, начинает сообщение «засечкой», верхний конец которой изгибается. Видимо, эти-то завитушки и передают оттенки смысла. Весьма сильные перепады частот, характерные для (λ)-образного сигнала, лямбда-сигнала «засечки» и некоторых других сигналов, вероятно, обозначают изменения на уровне целых больших смысловых категорий. Малые вариации сигнала, биение частот двух сторон, Допплер-эффект, когда кажущийся источник перемещается между правой и левой стороной, изменяют оттенки смысла. Словом, путей, которые следует испытывать, хватает, если только мы вообще хотим разгадать «дельфинью речь» и перевести ее на человеческий язык. По крайней мере, у нас есть поддающиеся проверке гипотезы, которые предстоит либо подтвердить, либо опровергнуть.

Перевод с английского Л. Л. Жданова
УДК 591,1

Новый гайот на дне Тихого океана

Н. Л. Зенкевич

Институт океанологии
им. П. П. Ширшова АН СССР

Вот уже около 20 лет проводит экспедиционное судно Института океанологии АН СССР «Витязь» исследования Тихого океана. За это время, в результате работ прославленного корабля науки, с карты Тихого океана было стерто много белых пятен. В исследованиях «Витязя» одно из главных мест занимает изучение рельефа океанического дна и связанных с его поверхностью явлений. Большую помощь в этих работах оказывает фотографирование дна океана, которое позволяет изучать процессы, протекающие в придонных слоях воды.

Недавно «Витязь» вернулся из своего 43-го рейса, который проходил в мало-исследованных районах южной и центральной части Тихого океана. В этом рейсе было открыто много новых, не известных до сих пор крупных подводных гор. Подробному описанию одной из таких гор и посвящается эта статья.

Одну из характернейших черт в облике подводного рельефа Тихого океана создают многочисленные обособленные горы, разбросанные по существу по всему его ложу. К настоящему времени их обнаружено уже свыше тысячи. Если же учесть, что громадные пространства дна Тихого океана остаются до сих пор еще совершенно неисследованными, то можно предположить, что действительное число подводных гор по крайней мере в десять раз больше.

Пробы коренных пород, драгированные с вершин и склонов гор, представлены обычно обломками базальтовых лав, что указывает на их вулканическое происхождение. Есть основания предполагать, что в основном это древние вулканы, образовавшиеся еще в мезозое.

Особый интерес представляют крупные плосковершинные горы — так называемые гайоты, которые особенно часто встречаются в северной половине Тихого океана. С вершин и

верхних частей склонов гайотов, расположенных в тропической зоне океана, драги приносят нередко не только обломки вулканических пород, но и остатки фауны коралловых рифов мелового возраста.

Предполагают, что гайоты были некогда крупными вулканами, вершины которых возвышались над уровнем океана или, во всяком случае, находились близко от поверхности воды в зоне активного воздействия волн. Затем, в результате деятельности волновой абразии, вершины вулканов были срезаны.

Вопрос о том, каким образом срезаемые вершины этих вулканов оказались на их современном уровне, на глубине 1000—2000 м, до сих пор остается не совсем ясным. Скорее всего, погружение гор происходило либо в результате региональных тектонических опусканий ложа океана, либо вследствие местных прогибов земной коры под весом самих гор.

В тропической зоне океана образование плосковершинных подводных

гор могло произойти, по-видимому, только при очень быстрых опусканиях, которые не могли компенсироваться ростом коралловых рифов; развитие этих рифов при резком погружении на большую глубину приостанавливалось. Если же опускание гор шло медленно, на их вершинах происходило постепенное нарастание рифов у поверхности океана, в результате чего на вулканических основаниях образовались коралловые острова — атоллы.

В 43-м рейсе «Витязь» проводил работы в восточной части обширного подводного поднятия, расположенного в центральной части океана, к юго-западу от Гавайских островов. Поверхность этого поднятия, возвышающегося над окружающими глубинами ложа океана примерно на 1500—2000 м, сложно расчленена. Здесь можно встретить много более или менее обособленных, или слитых в массивы крупных подводных гор, часть которых имеет плоские вершины и представляет собой типичные гайоты.

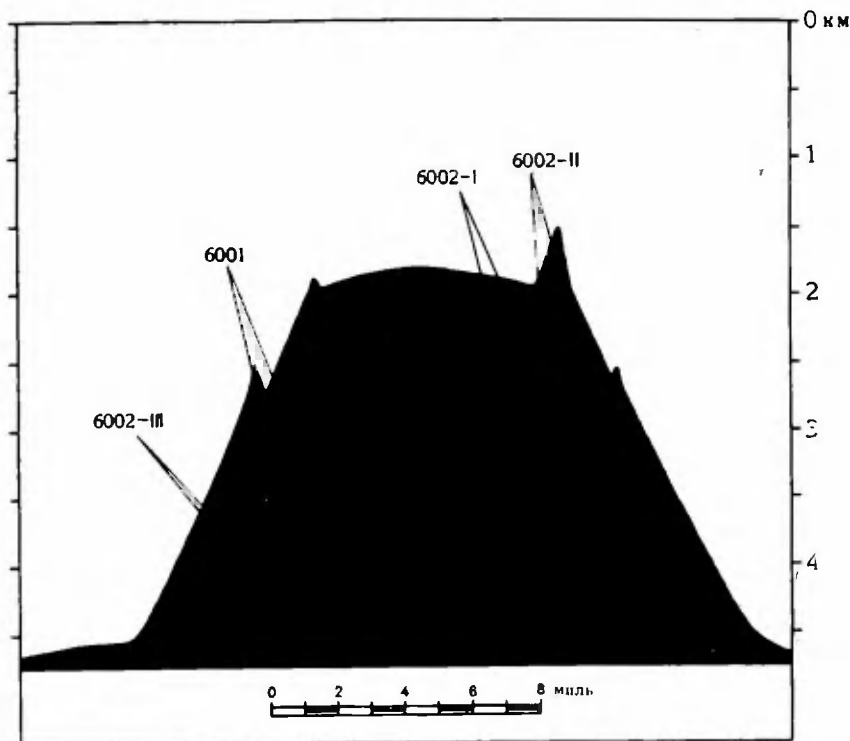
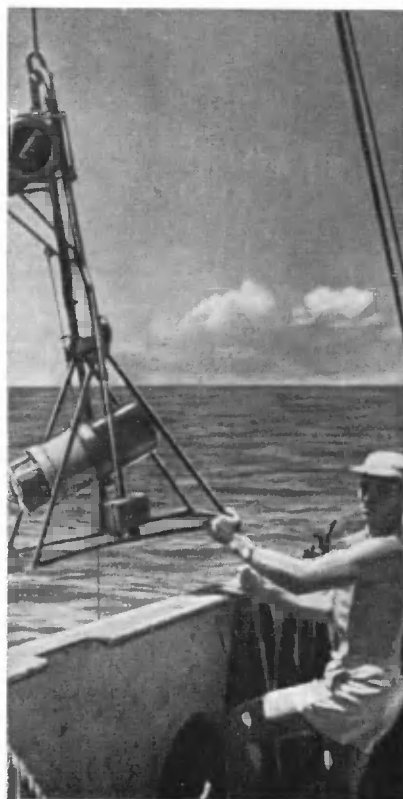


Рис. 1. Профиль дна через гайот в направлении с северо-запада на юго-восток. Показаны места фотографических станций и их номера. Вертикальный масштаб крупнее горизонтального в 7,5 раз

Рис. 2. Подводная стереофотокамера ПФ-66-С поднимается на борт «Витязя» после успешного фотографирования океанического дна. Спуск камеры на дно и подъем ее производятся на обычном океанографическом тропе. Для защиты от колоссального гидростатического давления, существующего в глубинах океана, аппаратура заключена в прочные стальные корпуса с толстыми иллюминаторами из оргстекла, укрепленные на вертикальной раме. В верхнем корпусе помещается стереоскопический фотоаппарат, в нижнем — мощный импульсный источник света. Камера срабатывает в момент соприкосновения с поверхностью дна специального грузика, висящего под рамой, который соединен с включающим устройством. Каждое касание дна дает фотографию. Так, ставя камеру на дно и приподнимая ее, можно получить серии до 20—24 фотографий в направлении дрейфа судна



В этом районе нами была обнаружена новая, не известная ранее крупная плосковершинная гора, возвышающаяся над поверхностью дна примерно на 3 км. Подробный эхолотный промер показал, что новый гайот несколько вытянут в направлении с юго-запада на северо-восток. Вершина его слегка выпуклая; минимальная глубина над ней равна 1790 м ($20^{\circ}40'6''$ с. ш., $170^{\circ}40'7''$ з. д.). Ширина плоской вершины горы равна 8 милям, длина — около 15 миль.

Средняя крутизна склонов обследованного гайота составляет около 18° . Крутизна же отдельных уступов на склоне достигает местами 40° и более. Юго-западный склон несколько положе — средняя крутизна его не превышает $7-8^{\circ}$.

В результате промера было обнаружено, что почти по всему краю плоской вершины гайота расположен узкий кольцевой гребень, внешняя поверхность которого круто, под углом более 45° , обрывается и переходит затем в поверхность склона горы (рис. 1). Этот гребень не был отмечен лишь на северо-восточном краю вершины. Относительная высота гребня равна в среднем 20—40 м, в южной же части вершины он развиг особенно сильно — высота его здесь достигает почти 500 м. Минимальная глубина над гребнем составляет 1508 м ($20^{\circ}35'8''$ с. ш., $170^{\circ}41'1''$ з. д.). По всей вероятности, это интересное образование представляет собой реликт древнего кораллового рифа, окаймлявшего некогда возвышавшуюся над водой вершину вулкана. Это предположение подтверждается большой крутизной внешнего склона гребня, значительно превышающей среднюю крутизну склона самой горы.

На южном, юго-восточном и западном склонах гайота на глубине 2600—2700 м, как бы ярусом ниже, также были отмечены выступы в виде гребней, которые тоже, возможно, являются реликтом древнего кольцевого рифа. Наличие «второго яруса» гребня на склоне указывает на то, что опускание этой горы, по-видимому, шло в два этапа.

1



11



4



13



7



17



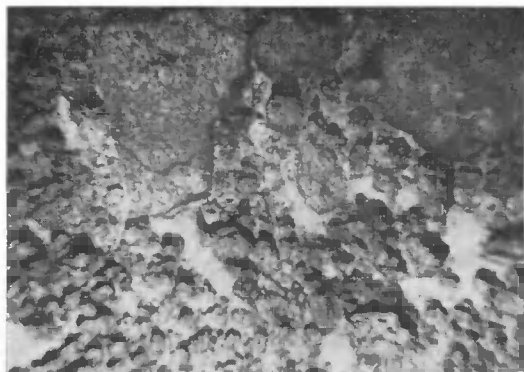
8



21



Рис. 3. Плоская вершина гайота.
Ст. № 6002-1, глубина 1865—1845 м.
20°38'3 с. ш., 170°39'6 з. д. Здесь и
далее номера у фотографий — по-
рядковые номера кадров на разрезе
во время съемки



10



12



16



17

Рис. 4. Поверхность гребня, расположенного на южном краю плоской вершины гайота. Ст. № 6002-II, глубина 1600—1850 м. 20°35'8 с. ш., 170°41'5 в. д.

2



7



4



11



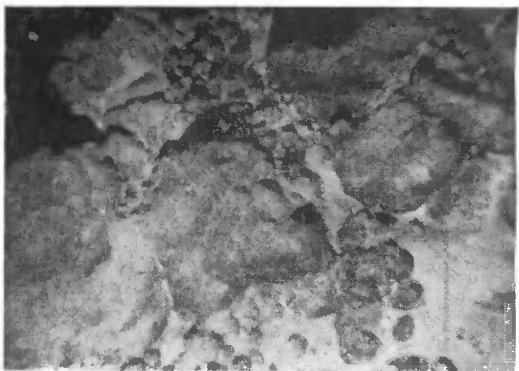
5



12



6



16



Рис. 5. Поверхности северо-западного склона гайота и расположенного здесь гребня. Ст. № 6001, глубина 2600—2710—2500 м. 20°36'8 с. ш., 170°49'0 з. д.

✈

Наряду с другими исследованиями было проведено фотографирование поверхности гайота с помощью новой глубоководной автоматической стереофотокамеры «ПФ-66-С» конструкции Института океанологии (рис. 2). Съемка производилась с высоты 2,5 м от дна, под углом 50° к его поверхности. При этом на каждом кадре фотографировалась площадь дна, равная примерно $3,5 \text{ м}^2$. Во время съемки каждый кадр строго привязывался к глубине и элементам форм подводного рельефа. Всего с поверхности гайота было получено 76 подводных фотографий на четырех станциях. Первая фотостанция (№ 6002-I) была сделана на плоской вершине горы; вторая фотостанция (№ 6002-II) — на внутреннем склоне гребня, окаймляющего с юга плоскую вершину горы; третья (№ 6001) — на гребне, расположенном на склоне, и, наконец, четвертая (№ 6002-III) — в средней части склона горы (см. рис. 1).

Фотостанция № 6002-I на вершине гайота состояла из 21 снимка, сделанных на разрезе протяженностью примерно в 0,5 мили.

Съемка началась на глубине 1865 м, закончилась на глубине 1845 м. Фотографии (рис. 3) показывают, что поверхность плоской вершины гайота сложена белым фораминиферовым песком, являясь областью аккумуляции раковин фораминифер, дождем падающих из верхних слоев океана. Видимые на снимках хорошо сформированные знаки ряби указывают на присутствие здесь сильных природных течений. Известно, что на фораминиферовых песках знаки ряби образуются при скоростях движения воды в диапазоне от 20 до 40 см/сек. Если же скорость течения превышает 40 см/сек, фораминиферовый песок начинает размываться. Благодаря сильным течениям более мелкие частицы на вершине горы не задерживаются и сносятся водой вниз по склону.

Характер знаков ряби на вершине гайота, их конфигурация и, по-видимому, ориентация от места к месту меняются. Рябь с длинными прямолинейными острыми гребнями через

несколько десятков метров сменяется рябью с короткими изогнутыми гребнями и участками песка с легкой волнистостью. Такие изменения в характере ряби в пределах относительно небольших площадей связаны, вероятно, с какими-то локальными изменениями в характере движения воды над поверхностью горы. На кадре 8 внизу видно небольшое «гнездо» в песке с черными мелкими образованиями, возможно железомарганцевыми конкрециями. На кадре 17 справа видна передняя часть довольно крупной придонной рябы.

На станции № 6002-II с внутреннего склона гребня на вершине гайота было получено 17 фотографий на разрезе длиной около 0,4 мили. Разрез прошел почти от вершины гребня, с глубины 1600 м вниз по склону до глубины 1850 м. В отличие от плоской вершины гайота, фотографии показывают здесь в основном обнаженные скалы, покрытые толстой коркой двуокислов марганца, и россыпи грубообломочного материала различной размерности от валунов до гальки (рис. 4). Лишь в редких понижениях между скалами можно наблюдать пятна фораминиферовых песков, на которых видны скопления угловатых железомарганцевых конкреций и мелких обломков пород (кадры 9 и 17).

На кадрах 7, 10, 12 и 16 видны отдельные представители прикрепленной донной фауны — в основном веточки роговых кораллов горгонарий. На кадре 10 на переднем плане и в глубине видны прикрепившиеся к скалам остатки оснований гигантских кораллов, возможно древних. Коегде на скалах заметны также небольшие тонкие белые трубочки многощетинковых червей — серпулид (кадры 1 и 16).

Поверхность скал на дне океана обычно настолько сильно маскируется черной шероховатой коркой окислов марганца, что по фотографиям не представляется возможным определить состав слагающих эти скалы пород и, таким образом, трудно сказать определенно, чем сложен этот гребень, вулканическими извержен-

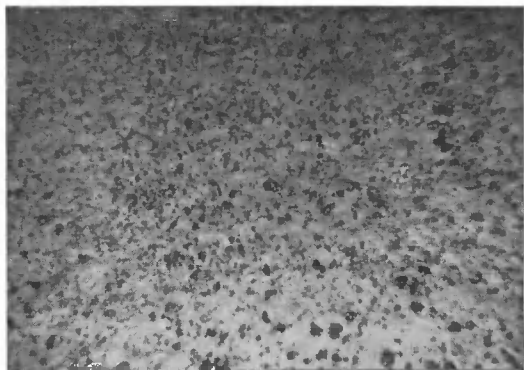
ными породами или известковым коралловым полипняком. Попытки же получить с гребня образцы пород, к сожалению, не увенчались успехом.

Фоторазрез на станции № 6001 прошел по северо-западному склону гайота, на глубине 2600—2700 м, и пересек от подножья до вершины расположенный на склоне гребень, относительная высота которого в этом месте составляет около 200 м. Всего на этом разрезе длиной в 0,6 мили было получено 19 фотографий.

Так же, как и на предыдущей станции, фотографии показывают здесь обнаженные породы (рис. 5), россыпи обломочного материала и пространства фораминиферовых песков, нарушенных деятельностью придонных течений, на которых видны большие скопления мелких железомарганцевых конкреций. Кадры 2—7 сделаны на склоне горы на глубине 2600—2680 м, кадр 11 сделан в ложбине между склоном горы и гребнем на глубине 2710 м, кадр 12 — на внутреннем склоне гребня на глубине 2590 м и кадр 16 — на вершине гребня на глубине 2500 м. Как видно, скалистые участки встречаются и на склоне горы, и на гребне, что дает основание предполагать наличие выходов твердых пород на всей верхней части склона гайота. Мягкие осадки можно наблюдать здесь лишь в понижениях между скалами. В отличие от гребня на вершине горы, на поверхности скал этого гребня и на склоне совершенно не видно прикрепленных животных — горгонарий, лишь кое-где заметны небольшие белые трубочки серпулид.

Фотографии показывают, что вся верхняя часть склона гайота и особенно гребни на его вершине и на склоне являются областями интенсивного размыва. Сильные придонные течения (скорости их, по-видимому, значительно превышают 40 см/сек), и большие углы наклона не позволяют осаждаться здесь мелким частицам и способствуют сохранности обнаженных скал, на поверхности которых идут химические процессы образования корок двуокислов марганца.

2



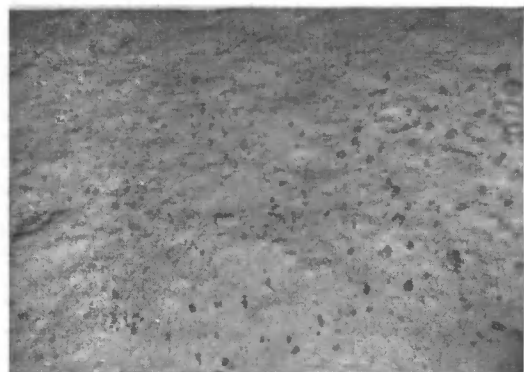
3



5



7



10



12



14



16



Рис. 6. Поверхность средней части
северо-западного склона гайота. Ст.
№ 6002-III, глубина 3540—3590 м.
20°39'2 с. ш., 17°49'2 з. д.

На фотостанции № 6002-III в средней части северо-западного склона гайота на разрезе в 0,8 мили было получено 19 фотографий. Глубина во время съемки менялась незначительно, с 3540 до 3590 м. Фотографии (рис. 6) показывают здесь мягкие, преимущественно известковые осадки, поверхность которых в значительной степени нарушена деятельностью донных животных, в основном роющих. Многочисленные холмики, ямки, норки, валики и бороздки оставлены различными донными организмами в процессе их передвижения по дну и под поверхностью осадка в поисках пищи, а также во время постройки жилищ. На кадрах 2 и 3 видны большие скопления мелких угловатых железо-марганцевых конкреций, на остальных фотографиях заметны лишь отдельные конкреции. Видимые на кадре 5 валуны, по

всей вероятности, скатились сюда с верхних частей склона гайота.

Средняя и нижняя части склона этой горы представляют собой области аккумуляции сносимого сверху материала. Скорости придонных течений здесь, по всей вероятности, невелики, что, несмотря на относительно большую крутизну склона, позволяет осаждаться мелким алевритовым¹ частицам. С вершины и верхних частей склона гайота сюда сносится также много органических веществ, что благоприятствует развитию жизни.

Полученные на обследованном гайоте подводные фотографии указывают на большое разнообразие в характере микроформ рельефа на различных участках его поверхности, которое определяется в основном

¹ Частицы осадка размером от 0,01 до 0,1 мм.

деятельностью современных экзогенных процессов, протекающих у поверхности дна океана в зоне вода — грунт: физических, химических и биологических. Значительную роль при этом играет также наклон поверхности дна, обусловленный тектоникой и вулканическими процессами.

Как показывают фотографические исследования последних лет, разнообразие в облике поверхности дна, неравномерность и мозаичность в распределении осадочного покрова, выходов скал, скоплений железо-марганцевых конкреций, фауны и т. д. характерно не только для подводных гор, хребтов и других крупных поднятий на ложе океана, но встречается также достаточно часто и на дне его глубоких котловин.

Диаметр и плотность Нептуна

Б. Ю. Левин
Доктор физико-математических наук

Покрытие (затмение) какой-либо звезды Луной или планетой дает возможность произвести целый ряд астрономических наблюдений с высокой степенью точности.

7 апреля 1968 г. произошло покрытие Нептуном звезды 7,8 зв. вел. в созвездии Весов. Длительность покрытия в разных пунктах наблюдения составляла 40—45 мин. В Японии, Новой Зеландии и Австралии были произведены фотоэлектрические наблюдения покрытия. Так как Нептун обладает протяженной атмосферой, исчезновение и появление звезды длилось несколько десятков секунд (рис. 1).

Обработка наблюдений дала три значения для диаметра Нептуна: максимальный, определяемый по времени от начала до конца едва заметного ослабления света звезды; минимальный — по длительности полной невидимости звезды; промежуточный — по моментам ослабления света звезды в два раза. Как показала обработка наблюдений, проведенная Тейлором (Англия), эти диаметры соответственно равны $50\,500 \pm \pm 100$ км, $49\,000$ км и $50\,100 \pm 200$ км. Нептун настолько массивен, что в его поле тяготения происходит заметное отклонение светового луча от прямой. Учет этого требует увеличения трех значений диаметра прибли-

тельно на 100 км. Кроме того, минимальный и промежуточный размеры должны быть увеличены из-за рефракции света в атмосфере планеты. Для слоя, ослабившего свет звезды наполовину, эта поправка составляет также около 100 км. С учетом обеих поправок истинный диаметр, соответствующий половинному ослаблению света звезды, составляет 50 300 км. Для минимального значения диаметра поправка, связанная с рефракцией, больше, но точное ее значение оценить трудно.

Диаметр видимой поверхности Нептуна, т. е. поверхности облачного слоя, Тейлор на основании наблюде-

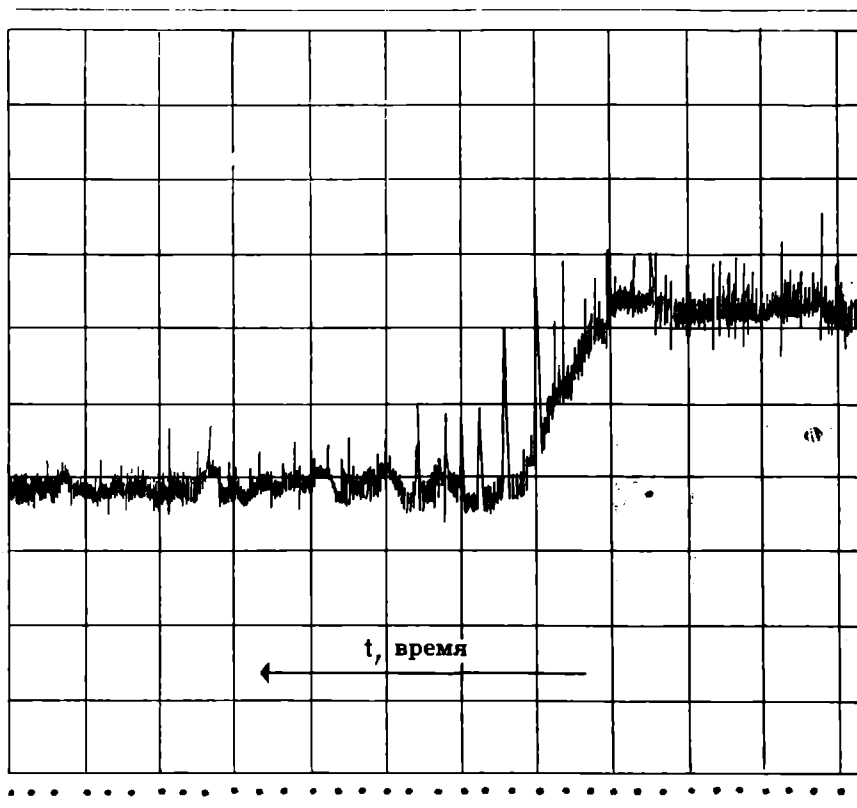


Рис. 1. Фотоэлектрическая регистрация суммарного света Нептуна и звезды на астрономической станции Додауре (Япония) во время надвижения Нептуна на звезду (начало покрытия)

ний покрытия считает равным 50 000 км.

Новое значение диаметра Нептуна почти на 10% больше того, которое получили в 1953—1955 гг. Камшель, Дольфюс и Кейпер (они измеряли его при помощи дискомера и микрометра двойного изображения), и лишь немногим меньше полученного в 1899—1900 гг. Барнардом, проводившим измерения с нитяным микрометром.

Если исходить из измерений 1953—1955 гг., то, как считали в последние годы, средняя плотность планеты равна $2,5 \pm 0,1$ г/см³, т. е. заметно

выше средней плотности Урана. Новое значение диаметра Нептуна дает плотность 1,6 г/см³, практически совпадающую с плотностью Урана. Таким образом, обе планеты должны иметь почти одинаковый состав.

Ход ослабления и усиления света звезды во время ее исчезновения позади Нептуна и появления вновь дает важные сведения об атмосфере этой планеты. Еще в 1929 г. Ш. Фабри разработал теорию ослабления света звезды при ее покрытии планетой, имеющей атмосферу. Применяв теорию Фабри к совокупности наблюдений покрытия Нептуна, выполненных во всех пунктах, нашли, что в том слое, который соответствует ослаблению света звезды наполовину, так называемая высота однородной атмосферы, характеризующая крутизну уменьшения ее плотности с высотой, составляет 45 км. Отсюда можно определить минимальное значение температуры в этом слое, предполагая, что он состоит только из молекулярного водорода.

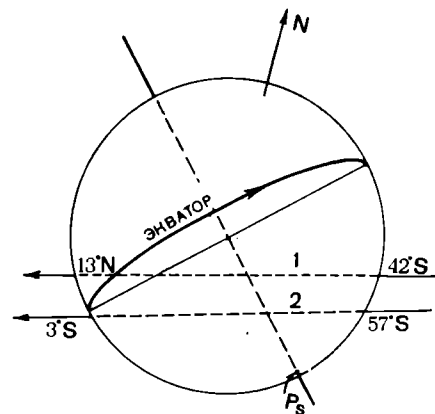


Рис. 2. Условия покрытия звезды Нептуном для наблюдений в Японии (1) и в Австралии (2). Стрелка вверх указывает направление к северному полюсу небесной сферы

Эта минимальная температура получается удивительно высокой, а именно 118°K. Можно подозревать, что найденное значение высоты однородной атмосферы завышено. Плотность этого слоя получается приблизительно $2 \div 5 \cdot 10^{-8}$ г/см³, т. е. такая же, как плотность земной атмосферы на высоте 30—40 км. Едва заметное ослабление света звезды было вызвано слоями, расположенными, по-видимому, на 100—150 км выше слоя половинного ослабления. Насколько ниже его расположены слои, вызвавшие полное исчезновение света звезды, остается неясным, так как трудно учесть создаваемую ими рефракцию.

Характеристики атмосферы Нептуна, полученные по наблюдениям начала и конца покрытия, а также на разных обсерваториях, слегка отличаются друг от друга. Это может быть связано либо с локальными особенностями атмосферы, либо с широтными эффектами (рис. 2).

К истории Мертвого моря

Профессор К. К. Марков
Москва

Между пустынями Африки и Азии лежит глубокая впадина Мертвого моря. Этот район приковывает к себе внимание естествоиспытателей по многим причинам. Здесь находится молодой тектонический разлом земной коры; на дне тектонической впадины расположено ультрасоленое озеро-море с поверхностью, погружившейся на глубину почти 400 м ниже уровня океана. Здесь происходили колебания климата, приводившие то к обводнению, то к иссушению озерной котловины. Прежде чем говорить об ее истории, познакомим-

ся с географической обстановкой района Мертвого моря.

Оно лежит в длинном (600 км) и узком грабене, вытянутом в меридиональном направлении от Красного моря до Ливана. По оси грабена чередуются участки воды и суши. Первые начинаются ответвлением Красного моря — заливом Акаба. За ним следует Мертвое море, Тивериадское озеро и озеро Хуле. Участки суши — это сухая долина (вади) Эль-Араба, долина р. Иордан, продолжающаяся на север к Ливану. Вся поверхность

дна грабена к северу от залива Акаба опущена ниже уровня океана. Лишь водораздел между заливом Акаба и Мертвым морем поднимается до 220 м над ур. м. Поверхность уровня Мертвого моря опущена особенно низко, до 398,8 м (1963 г.), уровень пресного Тивериадского озера до — 212 м и только поверхность уровня оз. Хуле поднимается над уровнем океана до +68 м абс. высоты.

Цифры современной глубины залива Акаба (1420 м) и Мертвого моря

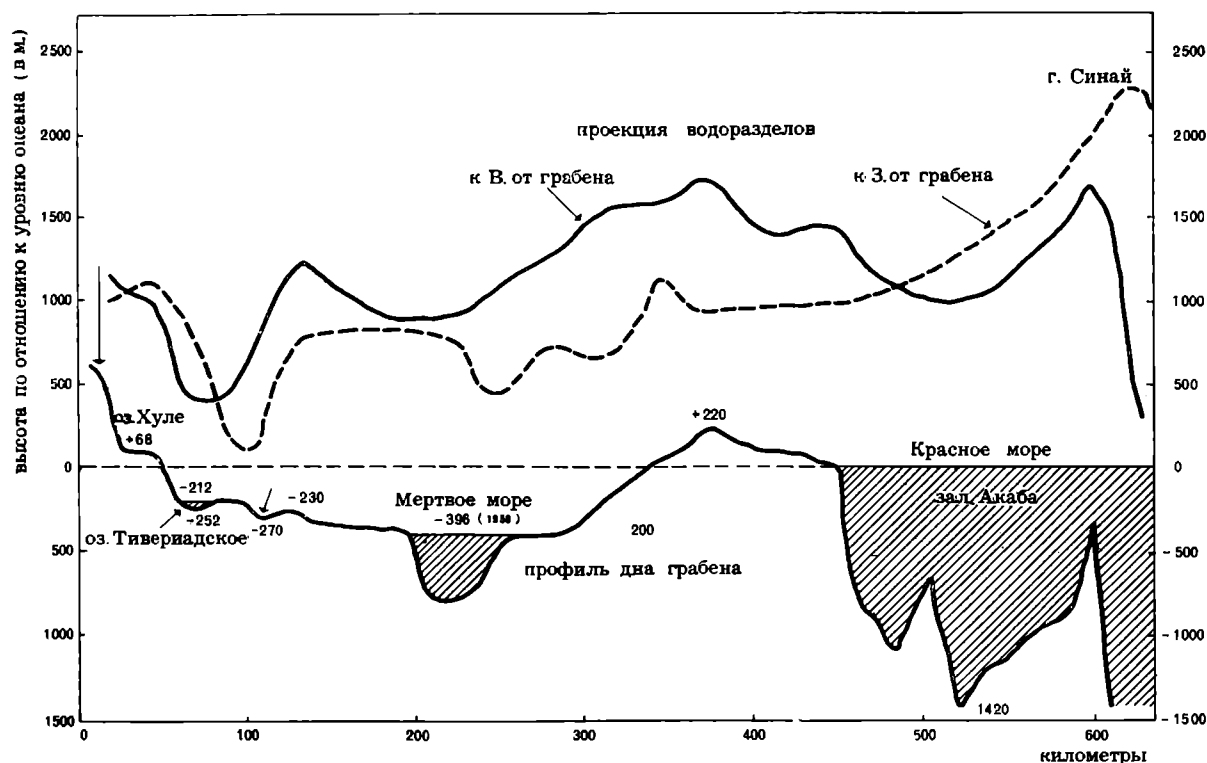
Таблица

Усыхание и обводнение котловины Мертвого моря

Основные характеристики каждого этапа	Основные этапы развития				
	I этап	II этап	III этап	IV этап	V этап
	Залив Красного моря (в. плиоцен — средний плейстоцен)	Наибольшее осушение (ср. плейстоцен)	Наибольшее обводнение оз. Ливан (поздний плейстоцен) (70—15 тыс. лет назад)	Осушение преобладает (голоцен)	Обводнение преобладает. Современное Мертвое море (последнее тысячелетие)
Уровень воды относительно океана (м)	0	—700	—180	—436	—398,7 (1963 г.)
Глубина (м)	—	ок. 100	615	ок. 350	395,0
Площадь поверхности (км²)	—	—	ок. 3000	ок. 600	940
Объем воды (км³)	—	больше 10	325	—	136
Соленость общая (‰) верхней и нижней воды	40 (?)	—	135	330 (?)	290 и 332* (средняя — 322)
Плотность верхней и нижней воды (г/см³)	—	—	—	—	до 1,24**
Максимальная и минимальная t° поверхности воды (°C)	—	—	—	—	45—10

* Для сравнения: соленость Кара-Богаз-Гола — 280—305 ‰, соленость Большого Соленого озера (США) — 230 ‰.

** Для сравнения: плотность воды Кара-Богаз-Гола — 1,2 г/см³.



Меридиональные профили грабена Мертвого моря и гор с обеих его сторон (по Д. Ниву и К. Эмери)

(395 м, или почти 800 м ниже уровня океана) не дают полного представления о глубине грабена, заполненного еще и молодыми рыхлыми, главным образом соленосными, отложениями мощностью в несколько километров. Полное представление о глубине грабена нельзя получить, не приняв также во внимание высоты его крутых и гористых краев — 1000—1500 м и выше.

Бессточный и соленый водоем Мертвого моря лежит в северной части грабена. Площадь поверхности Мертвого моря — 940 км² (всего 1/7 площади другого бессточного «моря» — Иссык-Куля в горах Тянь-Шаня). От восточного берега в море вдается низкий п-ов Лизан, который делит водоем почти на две части, соединенные только узким проливом. Южная,

меньшая часть очень мелкая (6 м), зато большая, северная часть достигает глубины 395 м, и здесь на дне прослежены затопленные речные долины. Следовательно, Мертвое море когда-то почти высыхало. Но, с другой стороны, на его берегах до высоты 220 м видны древние береговые валы. А это значит, что уровень «моря» был то ниже, то выше его современного уровня.

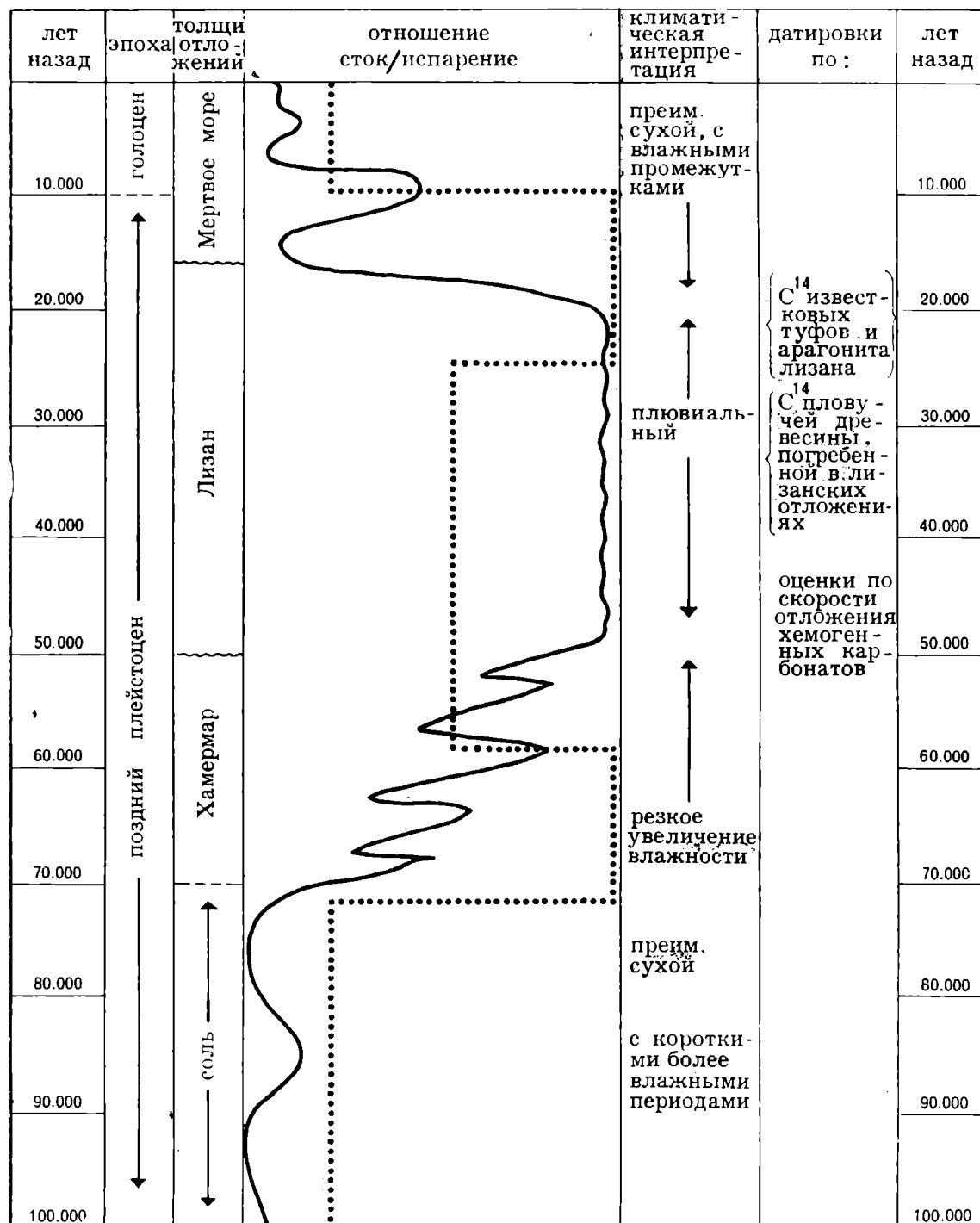
В грабене, под дном современного Мертвого моря, залегает толща плио-плейстоценовой каменной соли, по которой легко восстановить страницы древнейшей истории Мертвого моря. Имеющиеся данные о современном и древнем Мертвом море можно свести в таблицу. Ее анализ показывает, что водоем почти пересыхал (по крайней мере один раз), и тогда по обсохшему дну текли реки. Затем началась древняя озерная лизанская эпоха. Озеро простиралось до Тивериадского озера и примерно втрое превышало длину, площадь и объем современного Мертвого моря. В конце лизанской эпохи тектонические движения обособили две совре-

менные впадины Мертвого моря. Глубокая северная впадина вмещает в настоящее время два слоя воды: нижний слой воды Мертвого моря соленее и тяжелее верхнего.

Мертвое море — самый соленый водоем в мире: соленость его (322‰) больше солености Кара-Богаз-Гола (СССР) и Большого Соленого озера (США) и в девять раз превышает среднюю соленость вод океана¹. Соли Мертвого моря, по-видимому, экзогенного (т. е. поверхностного) происхождения, хотя некоторая роль принадлежит родникам. Однако вполне возможно, что во впадину Мертвого моря по тектоническим трещинам проникают и глубинные рассолы.

Недавно была опубликована монография Д. Нива и К. О. Эмери (1967) о Мертвом море, в которой рассматриваются интереснейшие проблемы этого водоема.

¹ Тип засоления воды Мертвого моря преимущественно хлоридный, как и океанической воды, хотя различия для ряда ионов довольно существенны. Например, вода Мертвого моря относительно богата бромом.



Обобщенный график климатических колебаний в течение последних 100 000 лет, по стратиграфическим данным из района Мертвого моря. Для сравнения аналогичные данные для Большого Соленого озера (США) показаны точечной линией (по Д. Ниву и К. Эмери, с сокращениями)

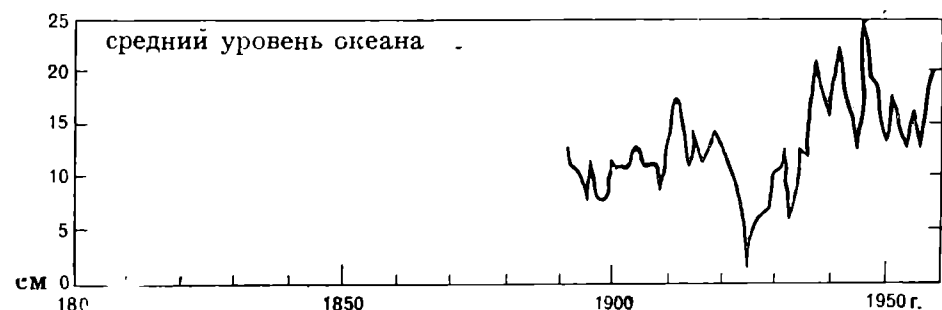
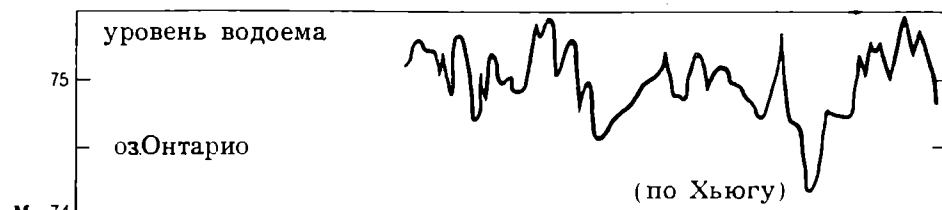
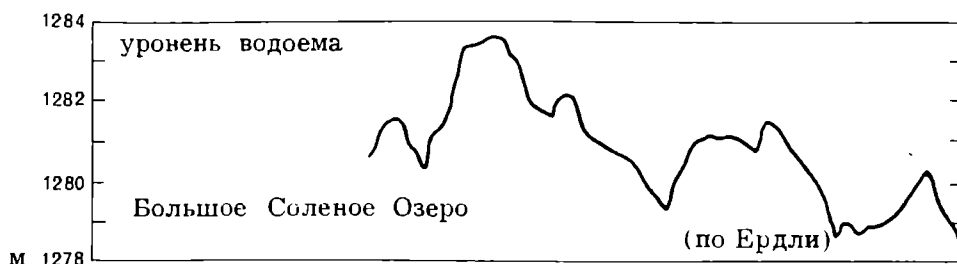
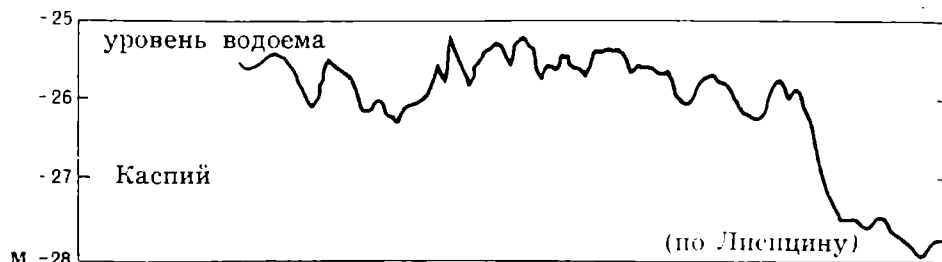
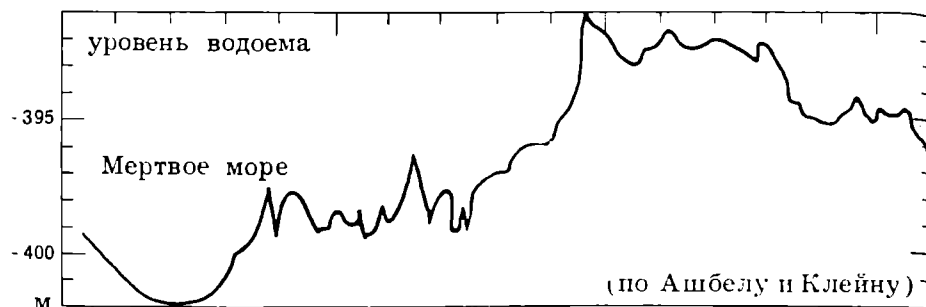
Сравнение уровней различных водоемов за 1800—1960 гг. (по Д. Ниву и К. Эмери, с сокращениями)

Чтение монографии наводит на некоторые размышления, касающиеся, в частности, его истории, которыми мне хотелось бы поделиться, опираясь на данные, приводимые в книге.

Для того чтобы понять ход истории Мертвого моря, необходимо учитывать его положение в субтропиках (около $31,5^\circ$ с. ш.). В субтропическом поясе и в южной засушливой части умеренного пояса (Северного полушария) расположены вообще самые большие и лучше всего изученные бессточные соленые моря-озера: Каспийское, Аральское, Иссык-Куль, Большое Соленое озеро и Мертвое море. Сходство географического положения обусловило общие черты их истории развития, в частности смену этапов усыхания и обводнения.

Попробуем подчеркнуть особенности истории Мертвого моря и хотя бы кратко коснуться причин смены этапов усыхания и обводнения его котловины. I этап — изолированного Мертвого моря еще не существовало. Океаническая вода через Красное море и залив Акаба проникала далеко в глубь грабена, в котловину Мертвого моря. Усиление сухости климата в верхнем плиоцене — среднем плейстоцене (т. е. за несколько сотен тысяч лет до нашего времени) вызывало выпаривание морской воды, и Мертвое море представляло собой водоем, похожий на современный Кара-Богаз-Гол. На прогибавшемся дне грабена отложилась огромная толща (до 4 км) каменной соли.

II этап наступил после того, как в среднем плейстоцене поднятие пе-



ремычки Эль-Араба преградило приток морской воды в Мертвое море. Тогда оно почти высохло, и на его дне возникла сеть долин временных речных потоков.

III этап представлял собой одну из самых ярких страниц истории Мертвого моря. На протяжении 220 км разлилось Лизанское озеро. Его соленость была значительно ниже солености современного Мертвого моря. На дне озера отложились тонкослоистые карбонатные осадки и известковые туфы. Возраст Лизанского озера по радиоуглеродным датировкам — 70 000—15 000 лет, наивысший уровень озера был 23 000 лет назад. Совершенно очевидно, что Лизанское озеро — современник новейшей ледниковой эпохи Европы и Сев. Америки. В это же время широко разливалось Большое Солёное озеро, Каспийское озеро-море (Хвалынская трансгрессия) и оз. Иссык-Куль.

Наступил IV этап. Климат стал суше, уровень Лизанского озера понизился на 260 м, ниже уровня современного Мертвого моря еще на 40 м. В сухом климате образовалась нижняя, особенно соленая водная масса. Площадь Мертвого моря была меньше современной в 1,5 раза, так как его южная, очень мелкая часть высохла совсем. Усыхание (частичное) Мертвого моря достигало максимума в библейские времена — 4—1,5 тыс. лет назад, когда господствовал сравнительно теплый климат. О том, что уровень Мертвого моря был очень низок еще в начале н. э. и в ее первые столетия, свидетельствуют и исторические документы. Римская дорога, теперь затопленная, пересекала тогда пролив у п-ва Лизан. Старинная «Мадебская» карта (560 г. н. э.) показывает контур моря, соответствующий именно 40-метровой изобате, упомянутой выше.

Наконец, наступил V этап. На протяжении последних 1,5—1,0 тыс. лет уровень озера опять повысился на 40 м. Это было вызвано одновременно увлажнением климата, уничтожением естественной и культурной растительности и разрушением ирригационных сооружений во время войн.

Только после 1930 г. уровень Мертвого моря вновь стал понижаться. К 1963 г. он опустился на 7,5 м. В эти годы речной сток в Мертвое море ограничило строительство плотин на р. Иордан и на реках, впадающих в море. В течение последних десятилетий стал жарче и климат.

В поисках объяснений общих причин происходивших перемен останавливаемся на следующих трех закономерностях:

I. Все котловины бессточных озер сухого пояса (главным образом субтропического) Северного полушария обводнялись одновременно, а именно — в холодные, в основном ледниковые эпохи. Последнее обводнение происходило во время послеледникового похолодания климата. В холодные эпохи господство арктических масс воздуха распространялось на умеренный пояс. Поэтому характерный для умеренного пояса в настоящее время западный перенос влажного воздуха смещался к югу, в субтропический пояс. Там выпадало больше осадков, чем теперь, а испарение влаги уменьшалось, так как климат был прохладнее. Водный «бюджет» озер изменялся в положительную сторону, и они увеличивались в размере. Такова общая гипотеза эпох обводнения субтропиков, получивших название плювиальных эпох. Лизанское озеро было типичным плювиальным озером.

II. Все сказанное о колебаниях уровня озер относится только к бессточным морям-озерам, колебания уровня которых в общем однозначно-синхронны для разных озер. Но на Земле существует еще два типа водоемов. Колебания уровней сточных озер, как правило, меньше по амплитуде, так как уровень их регулируется стоком. Например, за 70 лет уровень оз. Онтарио (Канада) менялся в пределах только 1—1,5 м, а уровень Мертвого моря изменялся в это же время в пределах 10 м.

Наконец, изменения уровня океана происходят также по особому закону. Океан трансгрессировал за счет усиления стока в него талых ледни-

ковых вод, т. е. в теплые эпохи, когда уровень бессточных озер понижался.

Итак, можно различать не только три типа водоемов, но и три типа колебаний уровня водоемов, на что еще в 1948 и 1966 гг. указывали советские географы¹.

III. Ученых давно интересует проблема усыхания — обводнения сухих районов Земли. Одни считают, что усыхания нет и признаки его ложны, другие признают усыхания в качестве направленного «рокового» процесса. Наконец, третьи утверждают, что эпохи усыхания и обводнения сменяли друг друга.

История Мертвого моря свидетельствует о правильности третьей точки зрения. Интересно, что кроме природных (климатических) причин, вызывавших усыхание и обводнение, большую роль в водном режиме озера играла и деятельность человека. В особенности велико было ее значение в районах очагов древнейших человеческих культур, к которым принадлежит и бассейн Мертвого моря.

УДК 551.8; 267.5

¹ Г. П. Калинин, К. К. Марков, И. А. Суевова. Колебания уровня водоемов Земли в недавнем геологическом прошлом, «Океанология», т. VI, 1966, вв. 5 и 6.

Летучие рыбы и паразитические копеподы

Ю. В. Курочкин

Кандидат биологических наук
ТИНРО, Владивосток

А. М. Парухин

Кандидат биологических наук
ИНБИОМ, АН УССР, Севастополь

Плавая в тропических водах, постоянно видишь, как стайки летучих рыб взмывают в воздух из-под носа движущегося корабля и, сверкая на солнце крыльями-плавниками, несутся над водой и прежде чем с громким всплеском снова нырнуть в волны, пролетают иногда до сотни метров. Грудные плавники этих рыб иногда бывают ярко окрашенными.

Полет летучих рыб — незабываемое зрелище. Нередко можно наблюдать, как теряющая инерцию полета рыба плавно снижается к самой поверхности и, касаясь воды только удлиненной нижней лопастью хвостового плавника и действуя ею словно винтом, в течение нескольких секунд снова набирает скорость и

опять взмывает над волнами, продолжая свой полет.

Летучие рыбы могут подниматься на высоту нескольких метров и зачастую, особенно ночью, залетают на палубу судна. Нам неоднократно случалось собирать летучих рыб для паразитологических исследований; для этого достаточно было выйти рано утром на палубу.

Обтекаемое тело летучей рыбы с ее складывающимися плавниками-крыльями идеально приспособлено для стремительного разгона в воде и для планирующего полета в воздухе. Но иногда, хотя и очень редко, встречаются экземпляры летучих рыб, к телу которых прикреплены свисающие вниз жгуты — словно об-

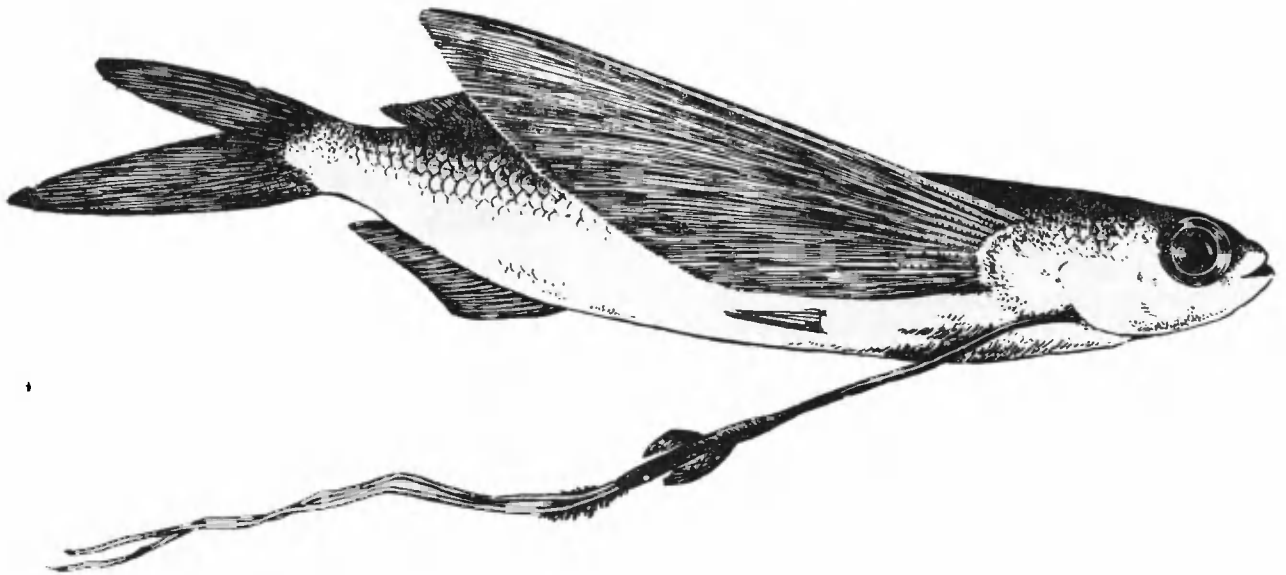
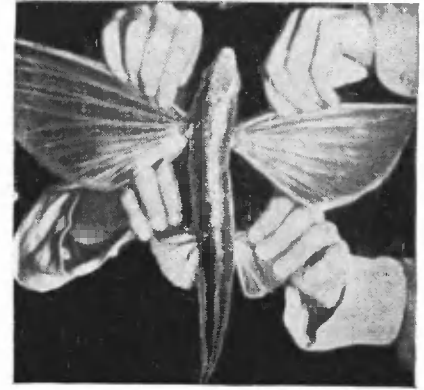
рывки тонкой веревки, явно мешающие рыбе в ее полете. Но это не веревки, а живые существа — паразитические ракообразные, относящиеся к отряду веслоногих, или копепод.

На нашем рисунке изображена летучая рыба *Exocoetus obtusirostris* с прикрепленным к ней рачком *Penella blainvillii*. Головная часть этого рачка, изображенная на другом рисунке, снабжена напоминающими лапы якоря тремя отростками. Эта часть погружена в тело рыбы, а вся остальная — длинная шейка, чуть утолщенное цилиндрическое туловище, похожий на щеточку хвостовой придаток и два длинных, нитевидных яйцевых мешка — свободно висят снаружи. Несомненно, такой крупный



Полет летучих рыб — незабываемое зрелище

Обтекаемое тело летучей рыбы с ее складывающимися плавниками как нельзя лучше приспособлено для планирующего полета в воздухе



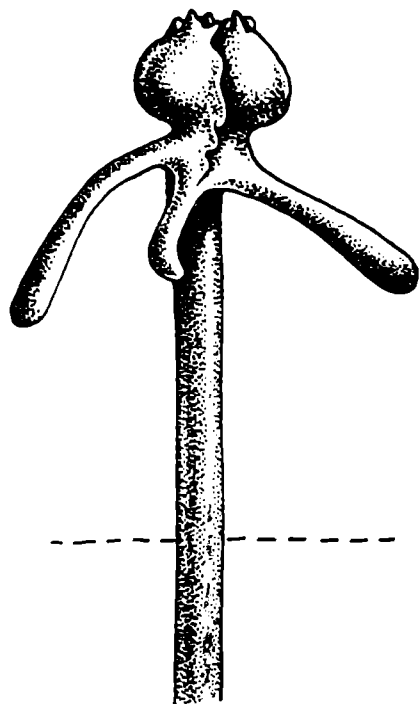
Летучая рыба *Exocoetus obtusirostris* с прикрепленной к ней копенодой *Penella blainvillii*. На туловище копеноды видны морские уточки

рачок, общая длина которого может даже несколько превышать длину самой рыбы, сильно увеличивает сопротивление воды и воздуха. Однако летучие рыбы, видимо, обладают достаточно большим «запасом мощности». Так, летучая рыба, изображенная на нашем рисунке, залетела на палубу экспедиционного судна Института биологии южных морей АН УССР на высоту 5 м. Судно в это время находилось в восточной части Атлантического океана. А на палубу научно-поискового судна Тихоокеан-

ского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, работавшего в районе чилийского побережья Тихого океана, залетела летучая рыба с прикрепленными к ней тремя крупными рачками. О поимке в Индийском океане летучей рыбы *Parexocoetus mento* с прикрепленным к ней рачком *Penella* sp. сообщили недавно Даниель, Рао и Рама (Daniel, Rao and Rama, 1967)¹.

¹ «Current Sci.», India, v. 36, 1967, № 23 p. 641.

Очевидно пенеллы, даже если их три экземпляра, еще не лишают летучих рыб способности к полету. Нужно добавить, что иногда на поверхности тела пенелл поселяются прочно прирастающие к ним усонogie рачки — морские уточки, которые еще в большей степени увеличивают сопротивление воды и воздуха при движении рыбы. На рисунке можно видеть двух таких морских уточек, сидящих на средней части туловища пенеллы. Мешая рыбе в ее движениях и, главное, питаясь за



Головная часть копеподы *Penella blainvillii*

ее счет, пенеллы не могут не влиять на состояние организма летучих рыб.

На различных видах летучих рыб Атлантического, Тихого и Индийского океанов зарегистрировано 7 видов пенелл. Кроме упомянутого выше вида, это *P. exocoeti* (Holt), *P. liouvilii* Quidor, а также *P. robusta*, *P. elegans*, *P. longicauda* и *P. platycephalus*, описанные Гнанмутху (Gnanamuthu, 1957). Всего же в составе рода *Penella* в настоящее время известно 30 видов, которые паразитируют, в основном, на различных пелагических рыбах. Один из видов пенелл встре-

чается на коже кашалотов. Выяснено, что на теле рыб паразитируют только самки пенелл.

В заключение следует заметить, что паразитирование рачков рода *Penella* на различных морских рыбах представляет не только научный интерес, но и наносит большой вред рыбному промыслу. Поселяясь на теле и внедряясь головным концом в мышцы промысловых рыб, эти ракообразные препятствуют использованию последних в пищевых целях. Так, например, огромными цифрами выражаются убытки, возникшие вследствие вылова нашими судами гавайской рыбы пристипомы или кабан-рыбы, оказавшейся сильно зараженной копеподами рода *Penella*.

УДК 591.524.23

Страна тарынов

Г. Е. Чистяков
Якутск

Полнос холода. Зима в разгаре. Кругом белая снежная целина. Мороз — ниже 50°. В таких условиях кажется совершенно невероятным встретить целое озеро и вытекающую из него речку свободными ото льда. Однако такие чудеса не так уже редки на Северо-Востоке Советского Союза, и особенно в Якутии.

В тайге, в верхней части бассейна р. Момы (крупный правый приток Индигирки), у пос. Сагыр на высоте около 750 м над ур. м. находится Улахан-Кюёльский источник, который образует оз. Улахан-Кюёль длиной 600 и шириной до 250 м. Особенность этого озера заключается в том, что зимой оно либо вообще не замерзает, либо замерзает временно, обычно в марте, покрываясь коркой льда не толще 5 см. Этот источник и озеро обследовал известный советский геолог П. Ф. Швецов. Он писал, что в день посещения Улахан-Кюёля,

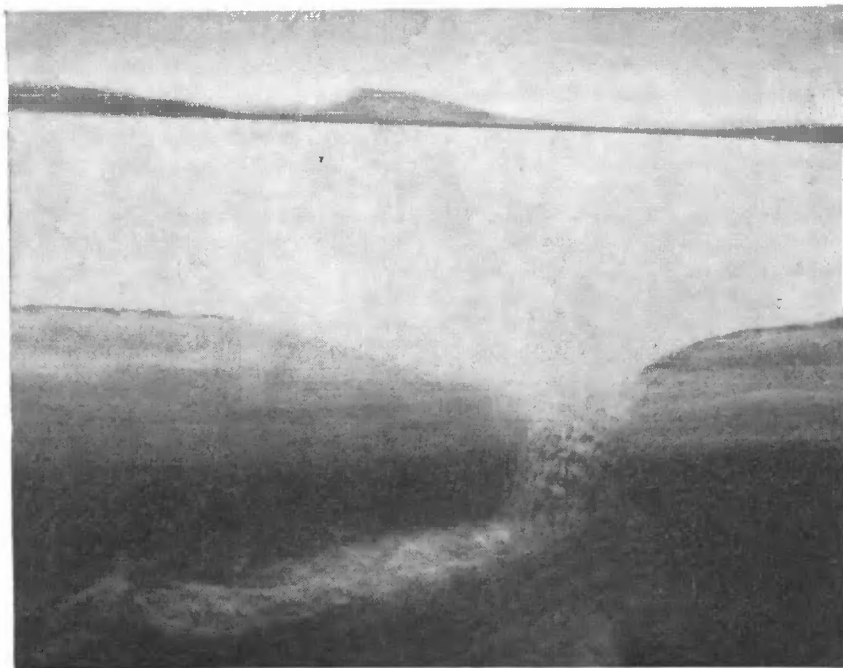
28 ноября 1946 г., из него вытекал мощный бурлящий поток — целая речка шириной от 15 до 25 м, наполнину открытая. Забереги были настолько тонки, что на них нельзя было ступить. И это при температуре воздуха —41°, когда лед в русле Индигирки достигал толщины 60—70 см! Выше озера из валунно-галечных отложений второй момской террасы, прислоненной к ледниковым отложениям подножия цепи Улахан-Чистай, выбивается множество ключей. Температура воды в точке их слияния около 8°. Дальше они текут открытым потоком длиной в 1,5 км, который ниже и образует оз. Улахан-Кюёль. По берегам потока снега совсем нет.

Далеко к северу от Полярного круга, в нижней части бассейна р. Яны, есть озера-близнецы Ачаныр-Кюёль. В то время как на обычных озерах толщина льда достигает почти двух

метров, пролив, который соединяет эти озера-близнецы, зимой покрывается тонким льдом на очень короткий срок. Несомненно, стойкость вод пролива против морозов вызвана выходами теплых подмерзлотных вод. В верховьях Индигирки расположен источник Сытыган-Сылба с температурой воды выше 25°. Близ Охотско-Колымского водораздела, в верхнем течении р. Талой (левый приток р. Буонды, впадающей в Колыму) есть источник Талая. Температура воды в нем 70—75°, а в скважине, которая находится здесь же, — даже 90°. Полагают, что глубина восходящих горячих вод источника не менее 3000 м. Помимо горячих источников этого типа, на территории Северо-Востока Якутии и Магаданской области, а также в прилегающих к ним частях Забайкалья и Амурской области на поверхность земли выходят тысячи источников с температурой от 1 до 10°.



Левый край тарына Дьюёкса в долине реки Хобоол



Таяние тарына Дьюёкса (июль 1964 г.)

Зимой в сильные морозы выходящая на поверхность вода разливается и замерзает. Образуются так называемые, тарыны — характерное явление для областей вечной мерзлоты, нечто подобное наледям (так определил их С. В. Обручев). Многие тарыны не успевают растаять за лето и держатся круглый год, увеличиваясь зимой и уменьшаясь летом. Самый большой из них — Улахан-тарын — расположен в бассейне р. Момы. Общая длина его свыше 40 км, максимальная ширина более 3,5 км, а максимальная толщина льда 5—6 м. Объем льда Улахан-тарына к концу зимы достигает 250 млн м³.

Летом тарыны представляют чудесную картину: в обрамлении зеленого фона травы, кустарников и деревьев сверкает ослепительно-белое поле с голубыми озерками растаявшей на льду воды и звонкими растекающимися ручейками по окраинам наледи. В долинах многих рек тарыны расположены цепочками. Например, в долине р. Хобоол, стекающей с западных склонов Верхоянского хребта, восемь наледей, следующих одна за другой примерно через каждые 10 км. Последняя, восьмая по счету от истока, наледь Дьюёкса, расположенная в 20 км от устья, в конце

июля 1964 г. занимала площадь около двух квадратных километров при толщине льда от 0,5 до 1,5 м. В 90 км от устья находится третья, самая большая из наледей под названием Хобоол.

Встречаются тарыны на самых различных гипсометрических уровнях, до высоты 1500—2000 м. Характерно, что образуются они не только в горных, но и в равнинных районах (например, тарын Булус, расположенный на правобережье Лены, близ Якутска).

Природа тарынов пока изучена слабо. До недавнего времени считалось, что у нас несколько сотен тарынов. Однако на составленной карте наледей Северо-Востока СССР (А. И. Симмаков, З. Г. Шильниковская, 1958) их насчитывается 7443. Принимая во внимание, что на эту карту не попали тарыны, расположенные на склонах Станового хребта в пределах Амурской области и Севера Забайкалья, а также южных районов Якутии, можно с уверенностью считать, что общее число тарынов превышает 10 тыс. По-видимому, источники таринных подземных вод сформировались в процессе теплового и гид-

равлического взаимодействия глубинных вод с надмерзлотными грунтовыми и речными водами.

Перехватывая источники подземного течения рек, тарыны служат регуляторами, которые перераспределяют часть стока с зимнего периода на летний. Таким образом, они существенно увеличивают объем летнего поверхностного стока за счет зимнего, особенно в период межени.

Таринные источники имеют большое практическое значение для водоснабжения, в особенности там, где нет больших рек и озер, например на перевалах через хребты. Последнее обстоятельство необходимо иметь в виду при строительстве железных и шоссейных дорог, пересекающих горные хребты и цепи, а также при других видах строительства в районах распространения тарынов, тем более, что поиски таких источников подземных вод весьма несложны. Самым надежным поисковым признаком служит развивающийся в течение всей зимы тарын — эта яркая форма проявления подземных вод на поверхности земли.

Фитоэстрогены

А. А. Шамшурин
Кандидат химических наук

Кишинев

Уже давно было замечено, что люцерна, клевер и некоторые другие луговые травы содержат вещества, способствующие ускорению роста животных, а также стимулирующие другие их жизненные функции. Эти вещества вызывают эструс, т. е. течку у самок, повышают их плодовитость и увеличивают привесы. (Недаром по-арабски слово «люцерна» означает «наилучший корм» — так по справедливости было оценено это замечательное фуражное растение еще две тысячи лет назад.)

За последние годы химики сумели выделить из луговых трав эти, до сих пор неуловимые, физиологически активные соединения и назвали их «фитоэстрогенами», что означает эстрогенные (вызывающие эструс) вещества растений. В настоящее время во многих странах мира производят исследование луговых трав на эстрогенную активность и определяют в них содержание фитоэстрогенов.

Выделенные специалистами из луговых трав фитоэстрогены были успешно испытаны в качестве стимуляторов роста молодняка крупного рогатого скота и овец.

За рубежом, особенно в США, при откорме крупного рогатого скота больше всего применяют синтетические стимуляторы роста из группы стильбэстролов (диэтилстильбэстрол, гексэстрол и др.). Однако эти анаболики являются необычными агентами для животного организма и чуждыми ему. Кроме того, во многих странах, в том числе и в СССР, применение данных стимуляторов за-

прещено, ибо остатки их в мясе опасны для людей как возможные возбудители рака. Совсем другое дело фитоэстрогены. Поступление их в организм животных вместе с травами — исторически нормальное явление. Возможно, процессы обмена у жвачных ориентированы на систематический приток фитоэстрогенов в организм. Поэтому вопрос о канцерогенной опасности природных или синтетических фитоэстрогенов снимается.

Как анаболики фитоэстрогены стимулируют процессы белкового обмена и синтез белка в организме животных, но при этом они проявляют лишь слабую эстрогенную активность по сравнению со стероидными эстрогенами (эстрадиол, эстрон), или с эстрогенами группы стильбэстролов. Эта функциональная особенность фитоэстрогенов открывает хозяйственную перспективу использования их в качестве стимуляторов роста в животноводстве.

По своей природе фитоэстрогены относятся к разным химическим группам. Наиболее изучены из них изофлавоны (генистеин, дайдзеин, биоханин А и др.) и кумэстаны. Они содержатся не только в люцерне и клевере, но в меньших количествах и в других луговых травах. Наибольший практический интерес представляют кумэстаны — соединения, содержащие общую для них структурную деталь — скелет «кумэстан» кумариноподобной природы, от которого вся группа данных фитоэстрогенов и получила свое название. Кумэстановые фитоэстрогены, собственно говоря, представляют собой

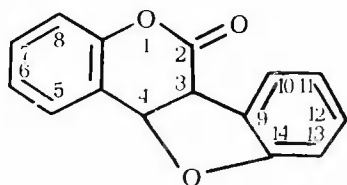
фенольные производные кумэстана, в некоторых случаях частично метилированные по фенольному гидроксилу.

Группа американских химиков, работающая под руководством Е. Быкова, к настоящему времени выделила из различных видов клевера и люцерны около 10 кумэстановых фитоэстрогенов. Структуры важнейших представителей этого семейства подтверждены синтезом.

Химика не может удивить тот факт, что, казалось бы, столь различные соединения, как диэтилстильбэстрол и, скажем, кумэстрол, обладают одинаковым эстрогенным действием — ведь между их молекулами существует структурное подобие.

Кумэстрол был первым фитоэстрогеном из семейства кумэстанов, выделенным из клевера и люцерны. Он запатентован как стимулятор роста для крупного рогатого скота и птицы в США. Незначительная концентрация кумэстрола в этих травах (всего 0,005 г на 100 г сухого растения) не позволяет использовать их в качестве источника сырья для выделения его в больших количествах. Синтез же кумэстрола остается пока дорогим и сложным. Это побудило химиков идти по пути получения синтетических аналогов (заместителей) кумэстрола, не уступающих ему по ростстимулирующей активности.

В лаборатории органического синтеза Института химии Академии наук Молдавской ССР получен близкий к природному кумэстролу стимулятор роста для молодняка крупного



Кумэстан

рогатого скота «Стимол-410». Он представляет собой триацетат II-оксикумэстрола и готовится из весьма доступного сырья.

Сотрудники лаборатории гормональных исследований Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева под руководством кандидата сельскохозяйственных наук Ю. Н. Шамберева в течение ряда лет проводят испытания в производственных условиях нового стимулятора при откорме больших групп молодняка крупного рогатого скота. Опыты проводились в условиях пастбищного кормления. Впервые было при-

менено введение животным фитоэстрогенного препарата путем имплантации под кожу основания уха с помощью пистолета-имплантатора.

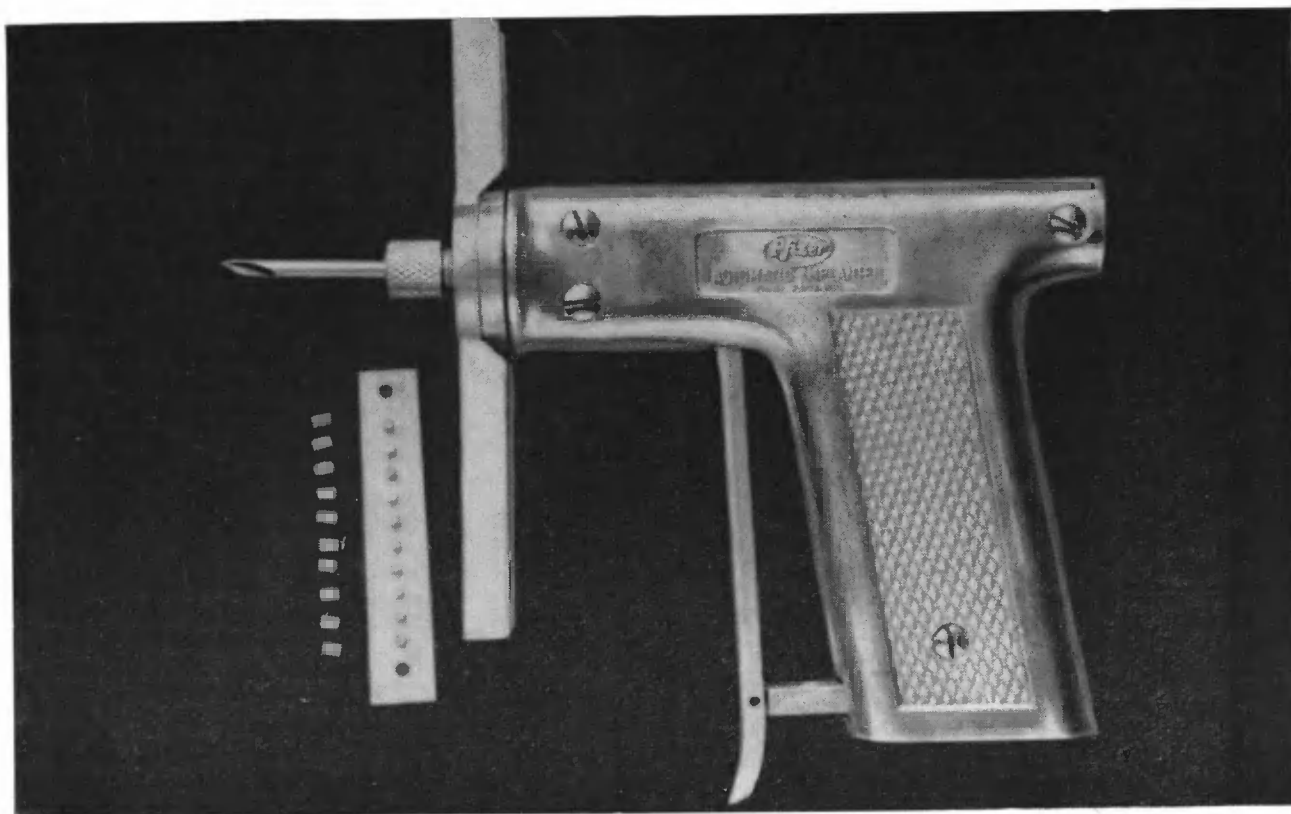
В начале откорма бычкам-кастратам однократно вводился «Стимол-410» в количестве 100—150 мг на голову. Возраст животных 10—12 месяцев; живой вес 215—220 кг; продолжительность откорма 50—100 дней. «Стимол-410» продолжительно действует и хорошо переносится. Опыты показали, что при разных условиях кормления и содержания ежесуточные привесы животных под влиянием препарата составляли 20—26% по сравнению с контрольными. Такие темпы роста сохранялись примерно в течение 100 дней. Таким образом, небольшая таблетка стимулятора дает возможность получить дополнительно несколько килограммов мяса. В испытаниях на животных дозах препарат не оказал отрицательного влияния на состояние их здоровья, которое контролировалось изме-

нием клинических, физиологических и биохимических показателей. Качество мяса у подопытных животных было высоким и не отличалось от мяса контрольных животных.

Подобные стимуляторы роста, конечно, не представляют собой какую-то «пищу богов», вроде описанной в одном из фантастических романов Герберта Уэллса, когда пигмеи, приняв ее, становились гигантами, а обыкновенные осы достигали размеров орла... Стимуляторы могут быть эффективными, если в хозяйстве содержат животных хорошей породы, если им обеспечивают полноценные рационы, правильное содержание и уход. В то же время животноводы из опыта знают, что животные растут гораздо медленнее, чем позволяют их физиологические возможности. Вот тут-то и могут помочь стимуляторы роста, в частности фитоэстрогены, которые уменьшают время откорма и удешевляют сам откорм.

УДК 591.1

Пистолет-имплантатор



Одна из причин асимметрии рельефа Луны

С. М. Григорьев
Доктор технических наук
Институт горючих ископаемых
(Москва)

Фотографирование обратной стороны Луны, впервые начатое советской автоматической межпланетной станцией «Луна-3», позволило установить большое отличие в рельефе ее видимой и скрытой от нас сторон поверхности. Причина такого различия пока еще для нас — загадка. Однако можно предполагать, что асимметрия рельефа является результатом длительного развития структуры естественного спутника Земли. По этому поводу, вероятно, еще будет высказано немало объяснений. В предлагаемой статье автор склоняется к мысли о неодинаковых условиях проявления вулканической деятельности на видимой и обратной сторонах Луны. Это объяснение, действительно, представляется перспективным. Однако следует иметь в виду, что развиваемая автором концепция о механизме действия вулканов безоговорочно не может быть принята ни для Земли, ни тем более для Луны. Редакция надеется, что публикуемая статья вызовет дискуссию.

Итак, мы теперь знаем, что лунные моря находятся преимущественно на видимой стороне Луны и почти полностью отсутствуют на ее обратной стороне. Поэтому заслуживающей внимания может быть признана только та концепция происхождения цирков, кратеров и других особенностей лунного рельефа, которая объясняет и асимметрию Луны.

Существующие гипотезы происхождения Луны объясняют характер ее рельефа либо интенсивными тектоническими процессами, которые приводят к последующему прогибанию участков лунной поверхности, либо ударами огромных метеоритов, комет или планетезималей, вызывающих испарение и разброс вещества лунной поверхности и последующее излияние лавы из недр Луны.

Не более ясен вопрос о том, почему Луна постоянно обращена к Земле одной стороной. Обычно предполагается, что прежде скорость вращения Луны вокруг своей оси была большей и что Луна находилась ближе к Зем-

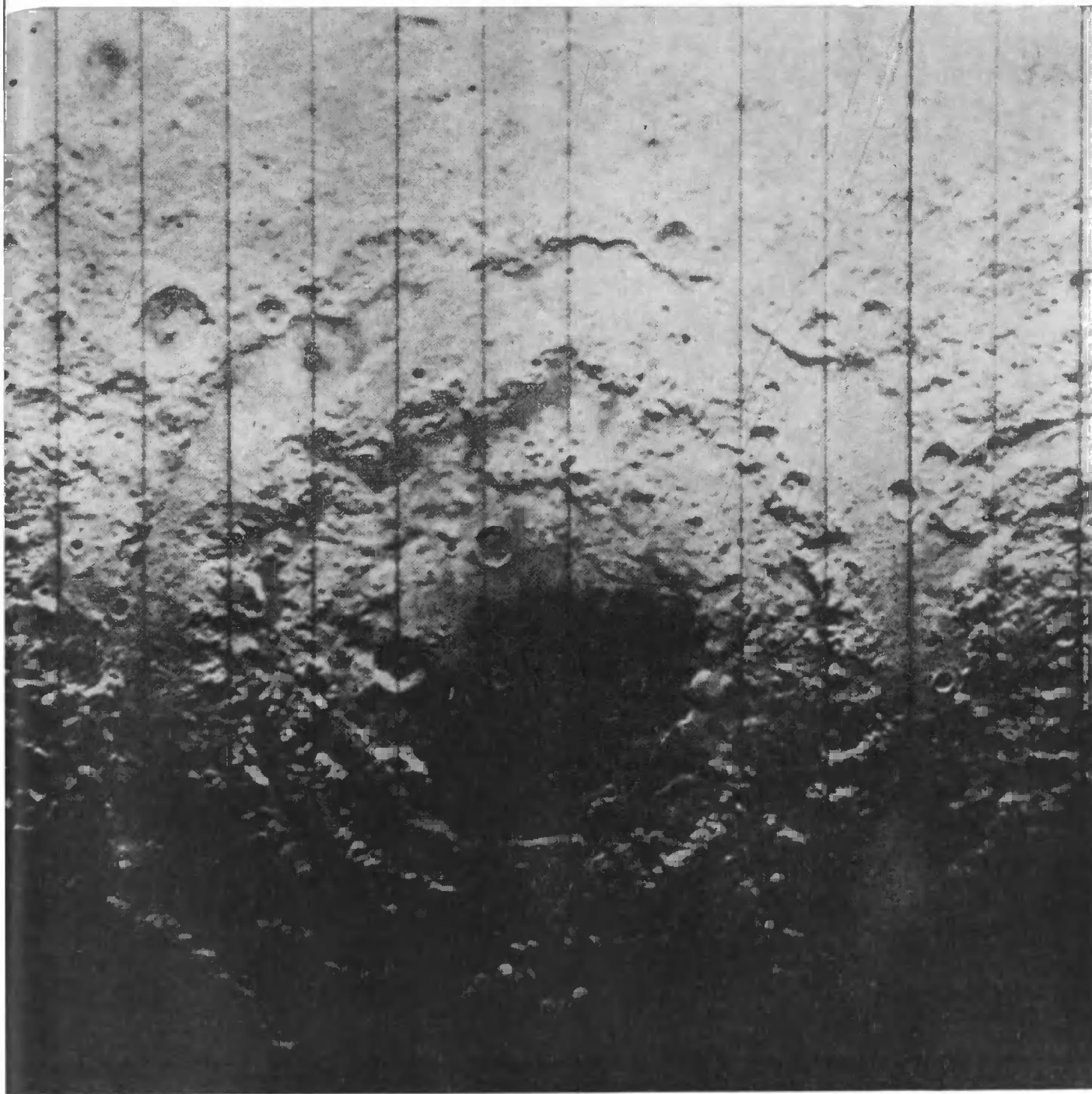
ле, а следовательно, и период обращения Луны вокруг Земли был менее продолжителен¹. Единственно бесспорная причина, вызвавшая появление постоянно видимой стороны Луны, заключается в торможении ее вращения приливной волной, которая образуется в результате притяжения Луны Землей и Солнцем. Обусловленное такой приливной волной возрастание периода осевого вращения Луны, а также увеличение периода обращения Луны и должно было привести к их совпадению по продолжительности, т. е. — к появлению постоянно обращенной к Земле стороны Луны. Однако явной и закономерной связи между причинами, вызвавшими появление морей на поверхности Луны, и причинами, вызвавшими изменение скорости вращения и обращения Луны, нет.

Конечно, на скорости вращения Луны и на периоде ее обращения могло отразиться падение на Луну боль-

ших космических тел, способных образовать около двадцати крупных морей. Но чтобы представить себе возможность совпадения периодов вращения и обращения Луны только в результате появления морей, надо допустить совершенно исключительный случай падения на одну и ту же сторону Луны пятнадцати — двадцати космических тел (таких как планетезимали или кометы), образовавших моря и затормозивших вращение Луны ровно на столько, чтобы период ее вращения совпал с периодом обращения. Такой вариант маловероятен.

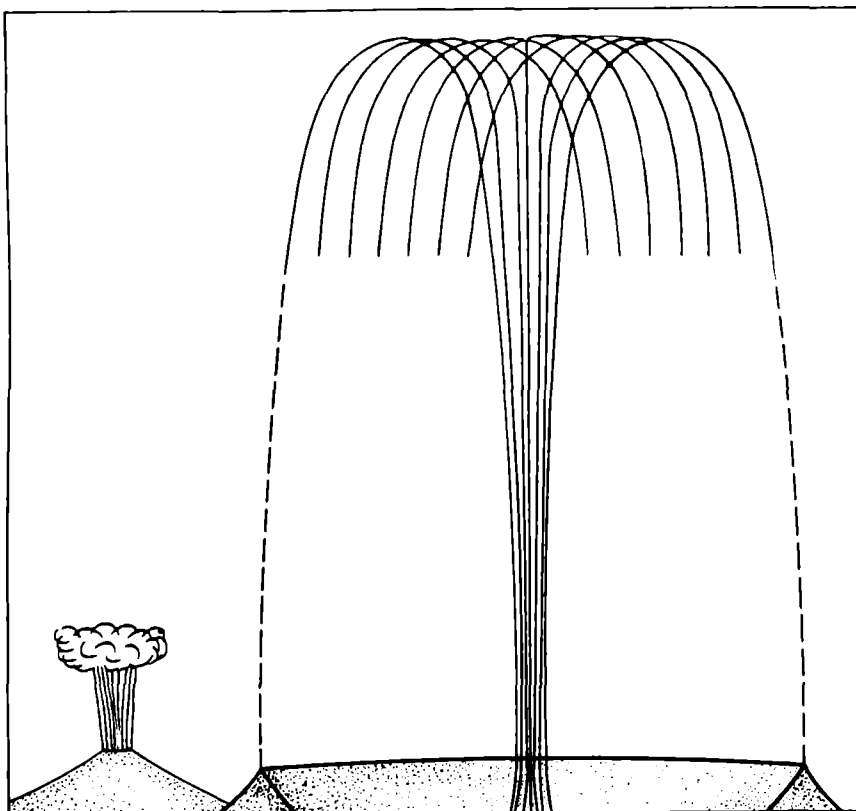
По-видимому, более правильно считать, что образование лунных морей обязано своим происхождением именно тому, что сторона, где они расположены, всегда обращена к Земле. В этом случае причина появления постоянно видимой стороны Луны является естественным и закономерным следствием приливного торможения. Существенным и важным моментом для образования на види-

¹ «Природа», 1968, № 4, стр. 24—38.



Фотография бассейна «Восточный»,
обнаруженного на обратной сторо-
не Луны

Сравнительные размеры высоты и диаметра вулканических извержений в условиях Земли (слева) и Луны (справа)



мой стороне всего многообразия структурных элементов будет только длительность существования видимой и невидимой сторон. Различные элементы лунного профиля формировались на протяжении весьма длительного времени¹. Однако это несовместимо с точкой зрения их метеоритного происхождения только на видимой стороне. Ведь Луна делает один оборот за ~ 27 дней, и попадание метеоритов в одну и ту же сторону даже медленно вращающейся Луны маловероятно. Если же признать, что моря произошли вследствие вулканических извержений или других явлений, приводивших к изменению химического состава и физических свойств пород, слагающих кору Луны, то течение таких процессов только на видимой стороне в принципе не вызывает противоречий. В этом случае вопрос заключается лишь в том, есть ли у видимой стороны Луны особенности, необходимые и достаточные для того, чтобы вызвать на ней преимуще-

ственное появление морей, цирков и кратеров в результате вулканической деятельности. Можно отметить две существенные особенности видимой стороны Луны.

Одна из них состоит в том, что видимая сторона на протяжении лунной ночи (13 земных суток) освещается Землей, которая на небе Луны светит, как светили бы около 80 Лун на небе Земли. Эта особенность создает значительно более благоприятные условия для появления и существования простейших форм жизни на Луне. Еще не решен вопрос о наличии микробиологической жизни или ее следов на Луне, но если они имеются, то следует напомнить высказывание выдающегося советского ученого В. И. Вернадского, который писал: «Все бытие земной коры, по крайней мере на 99% по весу массы ее вещества, в своих существенных с геохимической точки зрения чертах обусловлено жизнью».

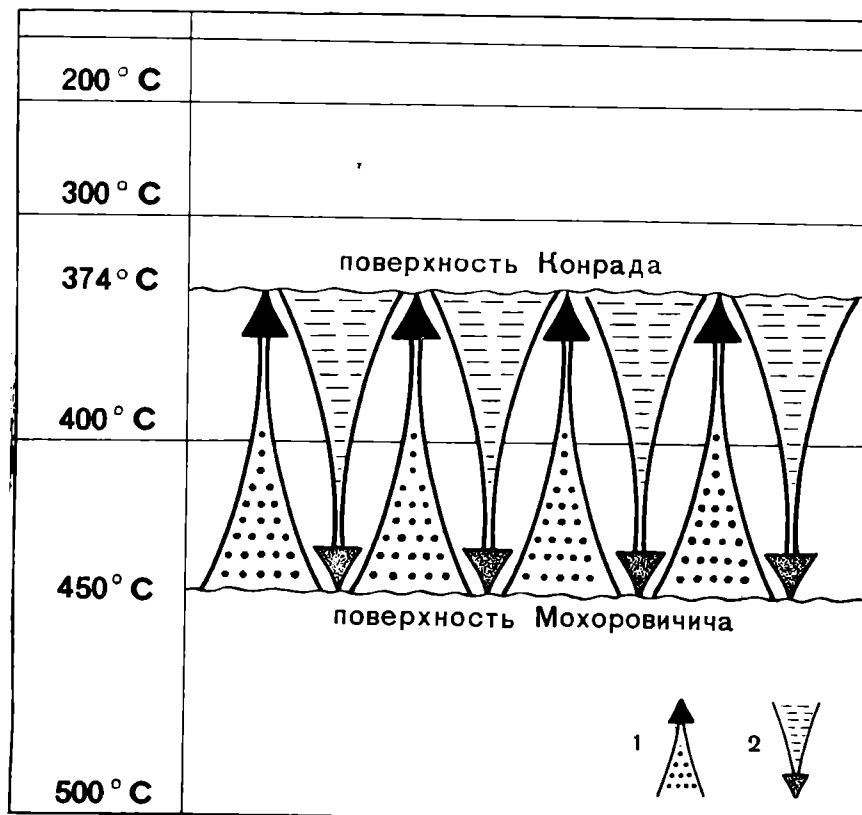
Вторая особенность видимой стороны Луны более ясна; она состоит в

том, что земное притяжение всегда направлено только на видимую сторону, уменьшая на ней силу тяжести. Наиболее заметно это уменьшение в перигее, когда расстояние до Луны наименьшее, а также во время полнолуния, когда притяжение Земли и Солнца действует совместно. На различие в суммарном тяготении и зависящей от этого критической скорости убегания молекул газов, теряемых Луной, обращал внимание, в частности, английский астроном Зд. Копал (1963).

Рассматривая вопрос о зависимости критической скорости, при которой молекулы газов покидают Луну, от положения Луны относительно Земли и Солнца, Зд. Копал показал, что критическая скорость v_k , которая без учета влияния центробежной силы и притяжения Земли и Солнца должна быть равна $v_k = \sqrt{2gR}$, составляет ≈ 2380 м/сек (при радиусе $R = 1738$ км и $g = 1,62$ м/сек²). Зд. Копал считает, что близость Земли и одинаковое направление сил притяжения Солнца и Земли во время полнолуния

¹ Об этом свидетельствует различная степень их сохранности (А. В. Хабаков, 1949).

Схема образования дренажной оболочки: 1 — восходящее движение водяных паров от изотермической поверхности воды (374°C); 2 — нисходящее движение жидких водных растворов от изотермической поверхности воды (374°C) к изотермической поверхности водных растворов (450°C)



уменьшают критическую скорость до 2204 м/сек. Во время новолуния критическая скорость увеличивается до 2440 м/сек. «Следовательно,— пишет Зд. Копал,— изменения критической скорости доступны оценке, но последствия (если они вообще имеются) таких изменений пока неизвестны»¹.

Обсуждая эти весьма важные отличия в критической скорости, ученый не отметил, что они характерны именно для различных сторон Луны, ибо земное тяготение всегда уменьшает силу тяжести на видимой стороне и увеличивает на обратной, а солнечное, действуя совместно с земным только в фазу полнолуния, тоже уменьшает силу тяжести на Луне и тоже на видимой стороне.

Нам представляется, что для объяснения асимметрии рельефа Луны может быть привлечена именно эта отличительная особенность ее видимой стороны.

Обычно считается, что вулканизм связан с подъемом лавы из глубин

или с переходом твердых пород в жидкое состояние в результате уменьшения давления. Совершенно естественно, что если на видимой стороне Луны происходит уменьшение силы тяжести, то более вероятным становятся выбросы газов и лавы именно на видимой стороне. Но простым выбросом расплавленной лавы нельзя, например, объяснить образование цирков диаметром свыше 200 км при весьма малой высоте кольцевой возвышенности.

Причину вулканической деятельности я вижу в образовании высокотемпературных растворов минеральных веществ в недрах лунной коры. Растворы минеральных веществ образуются в результате постоянной вертикальной циркуляции воды, которая поднимается в надкритическом паровом состоянии из недр к изотермической поверхности ее критического состояния ($374,15^{\circ}\text{C}$). Здесь пары конденсируются и образуют жидкие растворы минеральных веществ. Так как у этих растворов более высокие критические температуры,

они опускаются вниз к изотерме $\sim 450^{\circ}\text{C}$, где, переходя в пар, оставляют растворенные в них минеральные вещества, цементируя и упрочняя породы нижележащих слоев. В результате длительно и постоянно действующей циркуляции воды должен образоваться скачок в изменении химического и минералогического состава и физических свойств пород.

В условиях земной коры таким же путем образуется скачок, получивший название раздела Мохоровичича. В результате вертикальной циркуляции появляется также и вторая характерная граница — граница Конрада, выше которой породы земной коры обогащены кремнеземом и радиоактивными веществами. Появление этой границы объясняется тем, что кремнезем, летучий с паром, выпадает у изотермы 374°C , где водяной пар конденсируется. Слои пород, лежащие между этими двумя оболочками, в результате постоянной вертикальной циркуляции водных растворов становятся более тре-

¹ Зд. Копал. Луна. ИЛ, 1963, стр. 14.

щиноватыми, пористыми и проницаемыми. Такую оболочку можно назвать дренажной, поскольку некоторая ее проницаемость делает возможными горизонтальные перемещения растворов из участков коры с повышенным гидростатическим давлением в места, где давление ниже. Нижняя граница этой оболочки под материками лежит на глубине 37 км, а под океанами — на глубине 7 км. По-видимому, в условиях Луны такая же оболочка с температурой 374—450°С также должна существовать. Совсем недавно считалось, что эти температуры могут быть встречены в недрах Луны на глубине в пять-шесть раз большей, чем в недрах Земли. Однако измерения, выполненные в Научно-исследовательском радиофизическом институте под руководством В. С. Троицкого, не оставляют сомнений в том, что в коре Луны господствуют температурные условия, близкие к существующим в недрах Земли. По этим измерениям в недрах Луны температура на глубине 50 км достигает 1000°С. Тепловой поток Луны оказался равным земному. Это значит, что нижняя граница дренажной оболочки в коре Луны может лежать на глубине около 25 км, а верхняя (с $t=374^\circ\text{C}$) — на глубине ~ 15 км.

Наличие оболочки, сложная система пустот которой заполнена надкритическими паровыми и жидкими растворами минеральных веществ (с критической температурой в пределах 374—450°С и критическим давлением, равным для чистой воды 225 атм), вполне достаточно для объяснения интенсивной вулканической деятельности, следы которой так разнообразны на поверхности Луны. Всякий прорыв горячих растворов сквозь толщу лунной коры будет приводить к выбросу водяных паров и растворов, из которых в результате резкого снижения температуры и давления будут выпадать на поверхность Луны в виде пеплов содержащиеся в растворах минеральные вещества. При этом будут образовываться кратеры и цирки. Но для того чтобы пары вырвались из недр, они должны преодолеть сопротивление жидких растворов, которые заполня-

ют систему трещин, соединяющих дренажную оболочку с поверхностью Луны. Гидростатическое давление столба жидкости высотой в 15 км, в условиях земной коры равное 1,5 тыс. атм, в коре Луны составляет всего 250 атм, т. е. в шесть раз меньше. Поэтому вулканические извержения, т. е. извержения паров, газов и минеральных веществ, растворенных в них, могли иметь место при образовании любой системы трещин, доходящих до дренажной оболочки. Прорывам растворов из дренажной оболочки Луны должно способствовать всякое снижение веса столба жидкости, запирающей выход паров на поверхность. Поэтому на видимой стороне вулканическая активность должна быть более интенсивной. Ведь в полнолуние вес столба жидкости уменьшается и становится преодолемым для давления в 225 атм, создаваемого водой при критической температуре.

Сравнивая размеры кратеров, образующихся при вулканических извержениях на Земле и на Луне, где распространены огромные цирки, необходимо учитывать, что на Луне притяжение в 6 раз меньше, чем на Земле, и что там отсутствует атмосфера. Оба эти фактора могут способствовать выбросу большего количества материала из лунных кратеров и большей высоте этих выбросов.

Для объяснения возможности вулканических извержений, способных образовать особенно большие цирки или даже лунные моря, дренажная оболочка должна обладать такой проницаемостью, чтобы по мере извержения к устью вулкана поступали все новые массы растворов. Кроме того, представляется необходимым «одновременное» действие многих вулканов на участке будущего моря. Поскольку существенное уменьшение силы тяжести происходит главным образом на видимой стороне Луны, естественно считать, что именно на ней и возможно преимущественное образование морей в результате «одновременного» извержения многих вулканов. В отличие от этого, на обратной стороне, где сила тяже-

сти всегда выше, чем на видимой, вулканизм может проявляться менее часто. Но так как вулканический выброс возможен только при более высоких давлениях, позволяющих преодолеть повышенные сопротивления, сами выбросы должны быть более интенсивными. Поэтому и средняя величина кратеров и величина максимальных диаметров цирков на обратной стороне может оказаться значительно большей, чем на видимой.

В качестве подтверждения такой точки зрения заслуживает серьезного внимания, например, сложный цирк, показанный на одной из фотографий, которая сделана спутником «Лунар Орбитер-IV» 5 мая 1967 г. Он состоит из трех-четырех концентрически расположенных цирков, диаметры которых лежат в пределах 400—1000 км. По четкости и ясности элементов рельефа цирков, горных кряжей, каньонов и ложбин этого грандиозного бассейна видно, что он появился недавно и еще почти не затронут эрозией. По-видимому, его возникновение связано с рядом последовательных, весьма крупных извержений из одного и того же кратера.

УДК 523.34

Физика Луны и планет

В. А. Бронштэн

Кандидат физико-математических наук

В Киеве в октябре 1968 г. на Международном симпозиуме по физике Луны и планет собрались 250 советских и 20 зарубежных ученых из Болгарии, Перу, Польши, США, Франции и Японии. Им предстояло прослушать 119 научных докладов. Каковы же основные проблемы, которые обсуждались участниками симпозиума?

Наибольшее число докладов (42) ученые посвятили Луне. Одним из самых интересных был вопрос о химическом и минералогическом составе лунной поверхности. Леонард Джаффи из Калифорнийского технологического института представил результаты шести анализов, выполненных лунными станциями «Сервейер» в трех местах. На этих станциях имелись радиоактивные источники α -частиц. Последние проникали в поверхность Луны на глубину 25 мк и отражались ядрами атомов ее вещества, одновременно выбивая из них протоны. Отраженные α -частицы и выбитые протоны регистрировались специальными детекторами, которые «опознавали» атомы лунных пород по энергии частиц.

Совсем иной способ анализа состава лунных пород был применен В. С. Троицким и его сотрудниками из Горьковского радиотехнического института. Идея метода состоит в том, что из наблюдений радиоизлучения Луны можно определить отношение тангенса угла диэлектрических потерь к плотности лунной породы. Это отношение очень чувствительно к количеству примесей окислов металлов: MgO , CaO , Na_2O , K_2O , Fe_2O_3 и др. Хорошо изучено поведение этого отношения и для таких распро-

страненных минералов, как кварц (SiO_2) и корунд (Al_2O_3). Сопоставляя данные радионаблюдений Луны и земных пород на волне 3 м, В. С. Троицкий получил следующие результаты, которые интересно сравнить с результатами «Сервейеров» (данные — в %):

Элемент	Радиометод	«Сервейеры»
O	58 ± 6	58 ± 5
Si	17 ± 3	20 ± 2
Al	9 ± 2	7 ± 2
Ca, K, P, S	$6 \pm 1,5$	6 ± 2
Mg	$2 \pm 0,5$	3 ± 3
Na	$2 \pm 0,5$	2
Fe, Ni, Co	5	5 ± 2
C	—	2

Согласие этих результатов, полученных совершенно разными методами, превосходит все ожидания. Но большую дискуссию вызвал вопрос о различиях химического и минералогического состава вещества морей и материков. Группа советских геохимиков во главе с акад. А. П. Виноградовым, обработав измерения γ -излучения лунной поверхности, произведенные советскими лунными станциями (как орбитальными, так и совершившими мягкую посадку на Луне), нашла, что интенсивность γ -излучений над морями на 15—20% выше, чем над материками, и соответствует естественной радиоактивности земных базальтов (основных пород). В то же время материка должны состоять из ультраосновных пород. Но химические анализы «Сервейеров» не выявили какой-либо разницы, равно как и радиоастрономические наблюдения В. С. Троицкого и поляриметрические наблюдения французского астронома О. Дольфуса. Третья точка зрения была высказана советским геологом В. Б.



На симпозиуме по физике Луны и планет 1968 г. На трибуне — чл.-корр. АН УССР Е. П. Федоров (слева) и директор ГАИШ проф. Д. Я. Мартынов

Фото В. Г. Парусимова



В кулуарах симпозиума. Стоят (слева направо): В. Н. Мороз, Н. А. Козырев, О. Дольфус, Г. Н. Каттерфельд

Фото М. М. Шемякина

Нейманом, по мнению которого материи сложены из более легких основных пород, а моря — из более тяжелых ультраосновных. Большой интерес представили физические свойства лунного грунта. По измерениям «Луны-13», плотность самого наружного покрова равна $0,8 \text{ г/см}^3$; по данным «Сервейеров», на глубине 5—10 см она достигает $1,5 \text{ г/см}^3$, а для скальных пород равна $2,8 \text{ г/см}^3$. Сила сцепления лунного вещества (лунита) на глубине 5 см равна $5 \cdot 10^3 \text{ дин/см}^2$, а у поверхности еще меньше, в то время как в условиях вакуума можно было ожидать гораздо больших значений. Плотность, прочность и сцепляемость лунита растут с глубиной.

Диэлектрическую проницаемость лунита ϵ разными методами определили советский радиофизик О. И. Яковлев и перуанский радиоастроном Т. Хагфорс. Советский ученый по рассеянию радиоволн наших искусственных спутников Луны нашел, что $\epsilon=3$, хотя и меняется на разных участках от 2 до 6. Хагфорс по отра-

жению Луной метровых радиоволн получил $\epsilon=3,7$, причем, по его данным, эта величина тоже растет с глубиной.

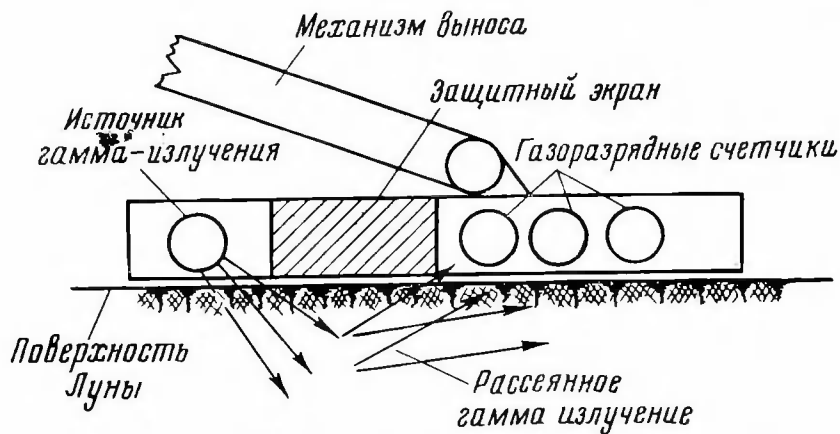
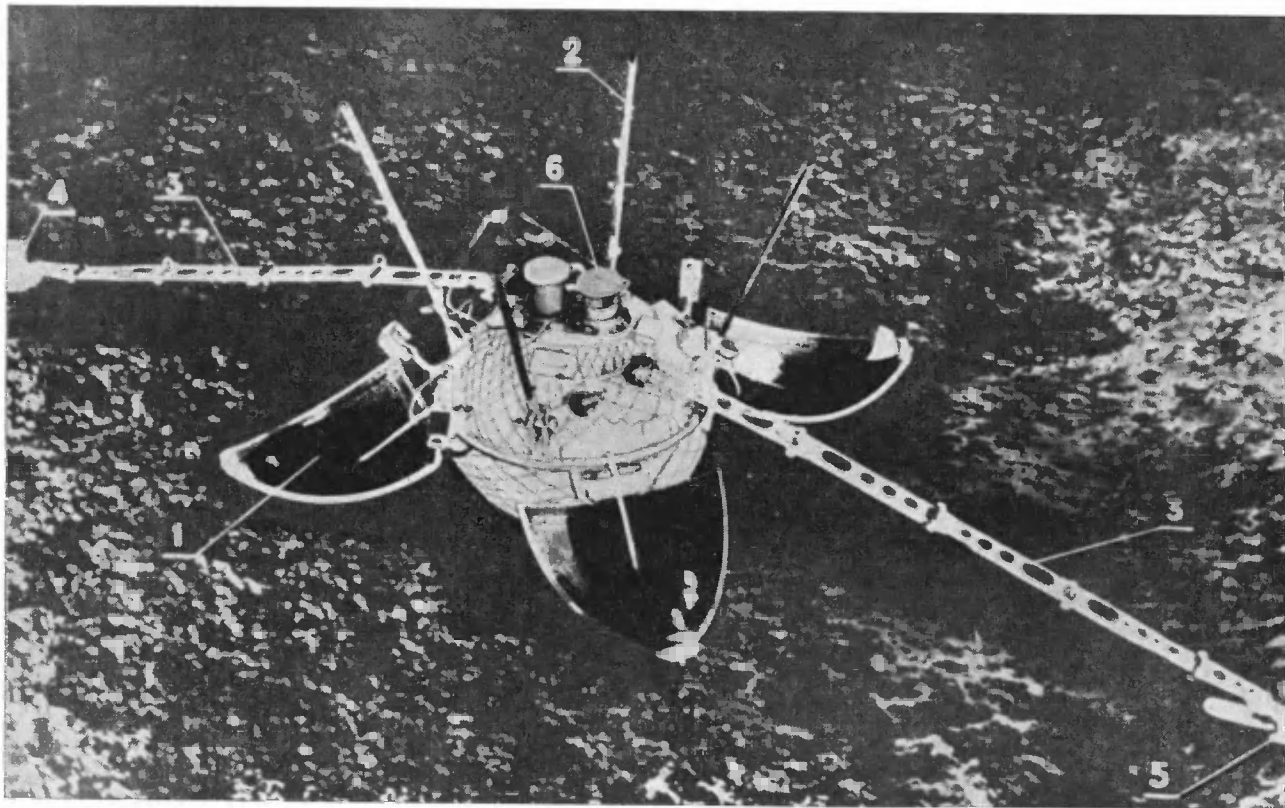
Не обошлось на симпозиуме и без дискуссии о происхождении лунного рельефа. Новым здесь было, пожалуй, лишь то, что сторонники эндогенной (вулканической) гипотезы (геолог Г. С. Штейнберг и др.) впервые пытались обосновать ее расчетами, цель которых состояла в том, чтобы доказать невозможность образования крупных кратеров при ударах о лунную поверхность метеоритоподобных тел. Однако расчеты эти были недостаточно корректны и не произвели ожидаемого впечатления. Кроме того, сторонники эндогенной гипотезы по-прежнему не учитывали термической истории лунных недр.

Весьма интересные данные о магнитных свойствах Луны сообщил Норман Несс (США) по измерениям космического аппарата «Лунар Эксплорер-35». Магнитный момент Луны не превышает 10^{-6} земного, а на-

пряженность магнитного поля Луны < 4 гамм. Это привело бы к очень низкой эффективной электропроводности Луны, которая, в свою очередь, свидетельствовала бы о низкой температуре ее недр, не превышающей 1000°К . Но из всех моделей внутреннего строения Луны следует вывод о полурасплавленном состоянии лунных недр глубже 500—700 км, что противоречит результату Несса.

Многие доклады были посвящены вопросам картографии, гипсометрии и изучению микроструктуры Луны.

Второе место по числу докладов (38) принадлежало Венере. Пожалуй, основным вопросом на симпозиуме было согласование данных, полученных «Венерой-4» и «Маринером-5». В докладах советских ученых А. Д. Кузьмина, М. Я. Марова, О. Н. Ржиги, а также американского астронома А. Клиоре были сформулированы условия, позволяющие полностью согласовать сведения о температуре, давлении и плотности атмо-



Советская автоматическая станция «Луна-13»: 1 — лепестковая антенна, 2 — штыревые антенны, 3 — механизмы выноса приборов, 4 — механический грунтомер, 5 — радиационный плотномер, 6 — телевизионная камера

Схема прибора, анализировавшего лунный грунт на советской станции «Луна-13»

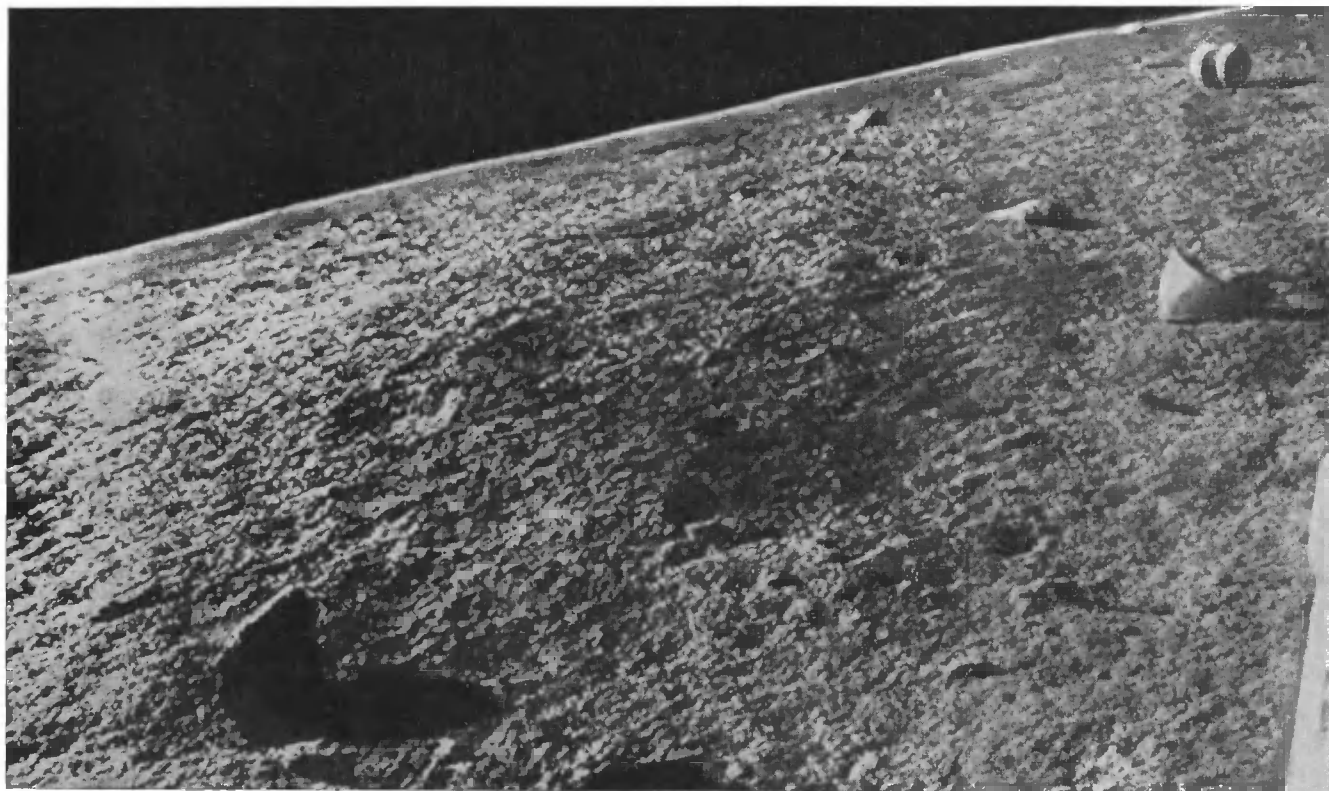
сферы Венеры, полученные от обеих станций.

Радиолокационные наблюдения позволяют теперь с колоссальной, немислимой прежде точностью определить период обратного вращения Венеры. Американский астроном Т. Голд получил период $243,09 \pm 0,18$ суток; близкие значения привели Т. Хагфорс и В. К. Головкин. Оба они, кроме того, определили (с расхождением всего в 2°) положение оси

Венеры. Северный полюс мира Венеры находится в созвездии Дракона и имеет координаты $\alpha = 269^\circ$, $\delta = +67^\circ$ (мы привели средние значения из полученных Головкиным и Хагфорсом). Но почти с такой же определенностью подтверждается другой, 4-суточный период, впервые выведенный французскими астрономами Ш. Буайе, А. Камишелем и П. Гереном по фотографическим наблюдениям деталей в ультрафиолетовых лучах. Сначала американский астроном Б. Смит

тем же методом получил период 4,7 суток, а затем французский астроном Б. Гино нашел из точных спектральных наблюдений с эталоном Фабри — Перо период 4,3 суток при обратном направлении вращения. Об этом было сообщено в докладах французского астронома Ж. Рёша, а также Б. Смита.

Объяснить это кажущееся противоречие можно лишь допущением, что в верхних слоях атмосферы Венеры,



Часть панорамы Луны, переданная станцией «Луна-13»

на уровне ее облачного слоя, к которому и относятся все оптические наблюдения, господствует постоянное циркуляционное течение газа, имеющее скорость около 100 м/сек. Как было отмечено в дискуссии, в этом нет ничего невозможного: такие скорости наблюдаются и в верхней атмосфере Земли. Гораздо труднее объяснить «однаправленный» характер циркуляции в верхней атмосфере Венеры.

Проблема общей циркуляции в атмосфере Венеры была изучена теоретически советским геофизиком Г. С. Голицыным, рассчитавшим ряд важных ее характеристик. В докладе В. И. Полежаева (совместно с В. С. Авдеевским и М. Я. Маровым) были рассмотрены тепловой режим и конвективные движения в нижних слоях атмосферы Венеры. Ряд докладов (В. В. Соболева, Е. М. Фейгельсон) был посвящен оптическим свойствам атмосферы Венеры и ее облачного слоя.

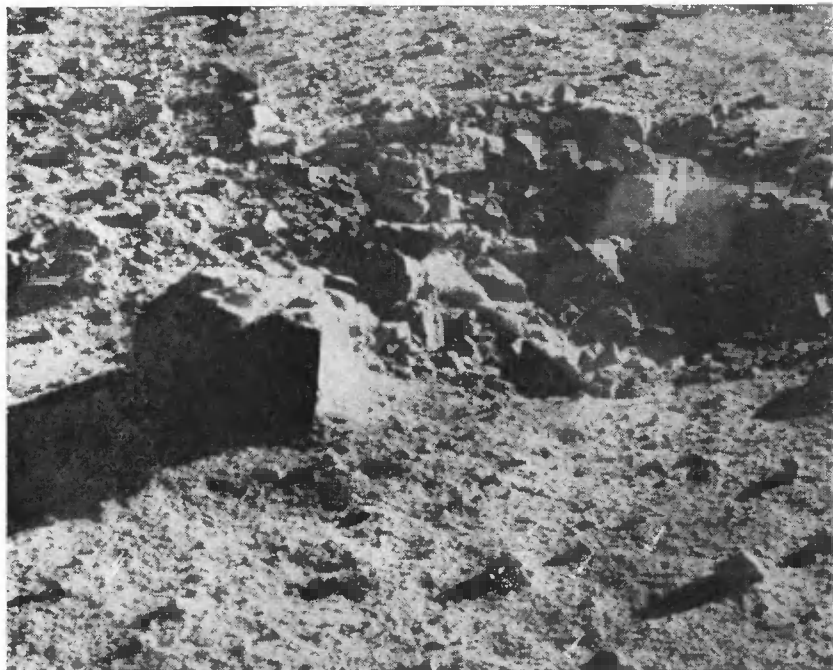
Интересные результаты о строении ионосферы Венеры сообщил советский физик А. Н. Казанцев. Главный максимум электронной концентрации (на дневной стороне) обнаружен на высоте 135—140 км, где она достигает $5 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$ (как в земном слое E). Нижняя граница этого слоя ионосферы Венеры находится на высоте 120 км. Еще ниже расположен второй слой, похожий на наш слой D; он простирается до высоты 100 км. Возможно, что его создают солнечные корпускулярные потоки.

Результаты измерений потоков солнечной плазмы, выполненных «Венерой-4» и «Маринером-5», были представлены К. И. Грингаузом (СССР). Поток плазмы, налетая на Венеру, образует отходящую головную волну. За самой планетой имеется зона разрежения. «Маринер-5» пересек фронт головной волны, зону разрежения и вновь попал в корпускулярный поток. «Венера-4» также пересекла головную волну, но ближе к

ее лобовой точке, а затем достигла самой планеты.

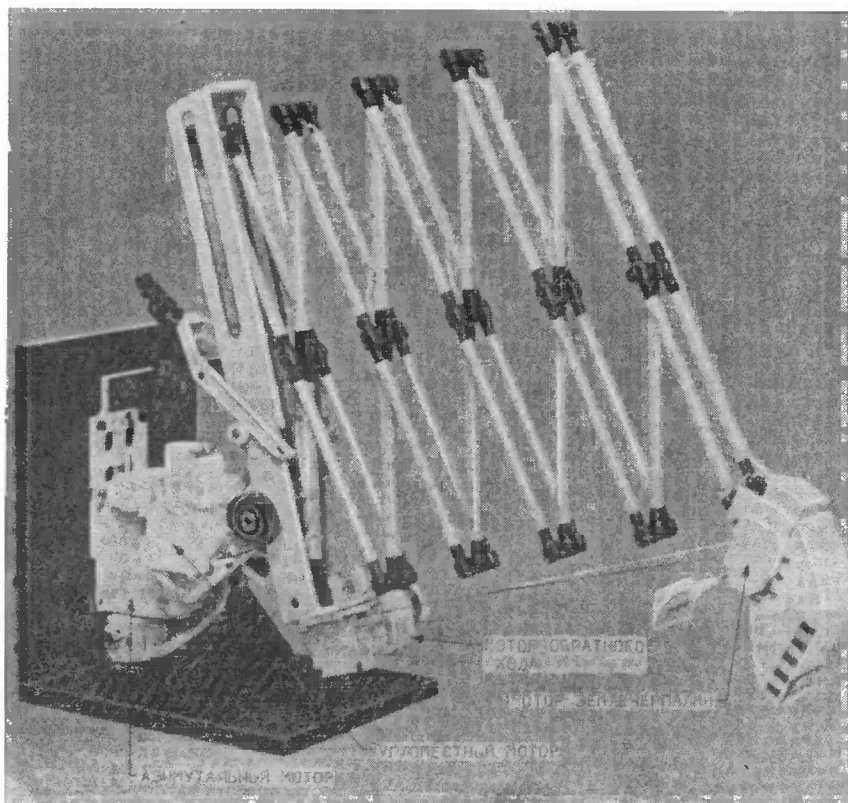
Магнитные свойства Венеры были рассмотрены в докладе Ш. Ш. Долгинова, Е. Г. Ерошенко и Л. Н. Жузова. Магнитный момент планеты оказался по крайней мере в 3000 раз меньше земного, а напряженность магнитного поля не превышала 35 гамм. В докладе В. Г. Курта, С. Б. Достовалова и Е. К. Шеффера сообщалось о существовании у Венеры водородной короны и об отсутствии у нее заметных радиационных поясов. Все эти результаты получены по данным «Венеры-4».

Гораздо меньше внимания было уделено Марсу (9 докладов). В обзорном докладе И. К. Коваль (ГАО АН УССР) привел некоторые оптические характеристики марсианской атмосферы по новейшим данным. Для частиц «фиолетового слоя» найден средний размер 0,05 мк ($5 \cdot 10^{-8} \text{ см}$). Их количество должно составлять



Снимок поверхности Луны, переданный аппаратом «Сервейер-7»

Миниатюрный экскаватор «Сервейера»



10^{10} см^{-3} . В пылевых облаках, где частицы гораздо крупнее (около $1,5 \text{ мк}$), их концентрация составляет $10^6 \div 10^7 \text{ см}^{-3}$.

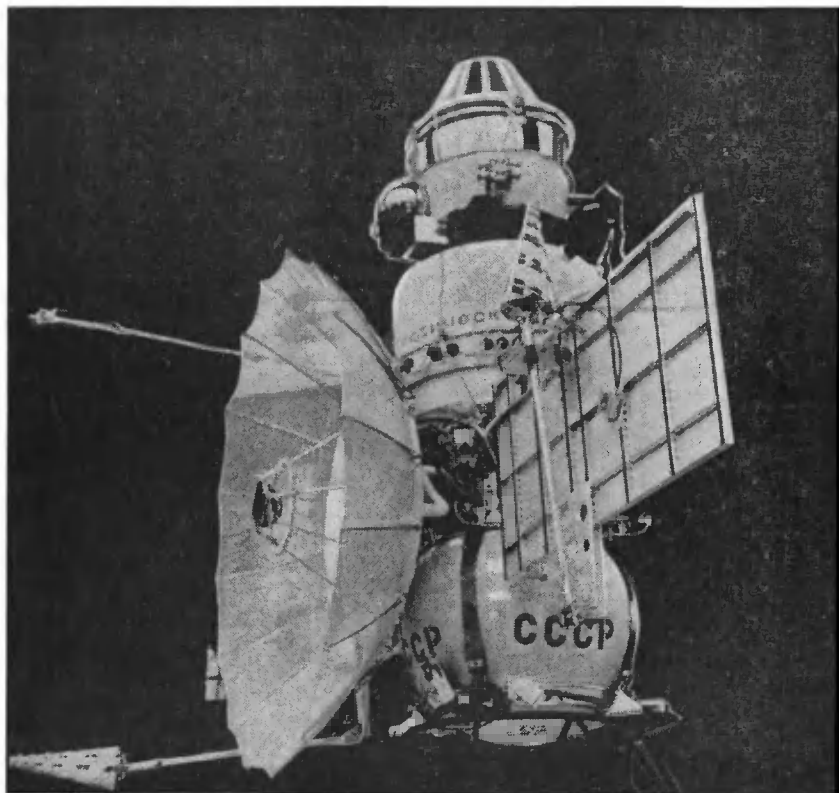
Не подтвердилась гипотеза Сагана — Поллака — Голдстейна о том, что «моря» Марса — это возвышенности, а не низменности, как считалось всегда. Из фотометрических наблюдений вытекает, что «моря» на 3—5 км ниже материков.

Давление у поверхности Марса, по данным фотометрических, спектральных и поляризационных наблюдений, как явствует из докладов И. К. Ковалева, В. И. Мороза и А. В. Мороженко, заключено в пределах 10—20 мбар.

Всеобщее внимание привлекли окончательные результаты изучения марсианского рельефа по снимкам «Маринера-4», представленные Б. Мюрреем (США). Всего на этих снимках обнаружено около 600 кратеров размерами от 4 до 160 км. Вокруг вопроса о происхождении марсианских кратеров развернулась большая дискуссия. Проф. Н. Бонев (Болгария) указал, что близость Марса к кольцу астероидов является как бы пробным камнем для метеоритной гипотезы, так как благодаря этой близости кратеров там должно быть больше, чем на Луне. Последние данные Мюррея и его коллег подтверждают это. Но вопрос не так прост, как кажется, ибо Марс формировался в иных условиях, чем Луна: ведь ее массивная соседка Земля «перетягивала» к себе многие обломки протопланетного роя, падение которых могло привести к образованию кратеров.

Интересный доклад сделал В. Д. Давыдов (Институт космических исследований АН СССР). Он изучил все сообщения о наблюдениях на Марсе ярких вспышек и пятен и пришел к выводу, что все эти случаи можно объяснить оптическими явлениями типа гало.

Обзорный доклад В. Г. Тейфеля (Астрономический институт АН КазССР) о планетах-гигантах показал,



Советская межпланетная станция «Венера-4», совершившая спуск в атмосфере Венеры

как мало мы еще знаем о природе атмосферы даже ближайшей из них — Юпитера. Оценки химического состава атмосферы Юпитера, по данным многих исследователей, различаются до двух порядков. Причины цветовых различий полос и зон неясны. До сих пор мы не можем объяснить природу Большого Красного пятна.

По мнению докладчика, это устойчивый столб газа над какой-то неровностью планеты. Другие ученые полагают, что здесь играет роль вулканическая активность. Сложная картина атмосферной циркуляции в районе Красного пятна была представлена Б. Смитом. Еще одна невыясненная проблема — «горячие» течи от спутников Юпитера. Почему в тех местах, куда падает тень спутника, температура повышается на 2—6°, вместо того чтобы падать?

Наиболее вероятный химический состав атмосферы Юпитера и других планет-гигантов был приведен в докладе Т. Оуэна (США). Вот его дан-

ные (приводится толщина слоя газа над отражающим уровнем при давлении 1 атм):

H_2	85 ± 15 км-атм
He	≤ 26 км - атм (гипотетически)
CH_4	133 ± 20 м-атм
NH_3	12 м-атм
H_2O	80 мк (осажденного слоя)

У Сатурна и Урана слой газообразного водорода и метана в несколько раз толще, чем у Юпитера.

Доклад С. К. Всехсвятского (Киевский государственный университет) был посвящен сравнению вспышек активности на Юпитере, наблюдавшихся в 1871—1880 гг. и в 1962—1965 гг. По его мнению, это проявления мощной вулканической деятельности на поверхности планеты.

В докладах М. С. Боброва (Астросовет АН СССР), Р. И. Киладзе (Абастуманская обсерватория) и Q. Дольфюса (Медонская обсерватория, Франция) были изложены результаты наблюдений колец Сатурна во

время недавнего прохождения Земли через их плоскость. Толщина колец по оценке Дольфюса (который еще видел их за 6 час. до прохождения) — 200 м, по оценке Боброва — менее 300 м, по оценке Киладзе — около 1,5 км.

Несколько докладов было посвящено Урану, Нептуну, Меркурию, а также общим вопросам внутреннего строения планет, планетной космогонии. Симпозиум прошел весьма успешно, сопровождался оживленными и плодотворными дискуссиями. И хотя работа несколько осложнялась обилием докладов (заседания проходили не по отдельным секциям, как это обычно принято на научных совещаниях), симпозиум принес большую пользу советским и зарубежным исследователям планет.

УДК 523.4

На Канарских островах

М. А. Фаворская
Доктор геолого-минералогических наук

В состав Международного союза геодезии и геофизики входит ассоциация вулканологии и химии недр Земли. Эта ассоциация, пожалуй, выделяется своей особой активностью: вулканологические симпозиумы собираются ежегодно, большинство вулканологов мира знакомы между собой и поддерживают тесные научные связи. Местом съездов выбираются обычно те страны, при посещении которых есть возможность познакомиться с современной вулканической деятельностью. Но в ассоциацию входят и палеовулканологи, т. е. геологи, изучающие вулканизм более ранних этапов развития нашей планеты, и поэтому, помимо Новой Зеландии, Италии, Японии, симпозиумы проходили и в таких странах, как Франция с ее знаменитой областью потухшего вулканизма в Оверни.

Вулканологический симпозиум 1968 г. был организован Испанским комитетом по вулканологии, Мадридским университетом и университетом города Ла-Лагуна на о-ве Тенерифе. В последнем из упомянутых университетов и проходили заседания симпозиума с 20 по 26 сентября, а делегаты разместились в отелях портового города Санта-Крус-де-Тенерифе — столице западной провинции Канарских островов, в 10 км от Ла-Лагуны.

Делегация советских вулканологов вылетела из Парижа в Санта-Крус-де-Тенерифе утром 20 сентября прямым рейсом, с единственной кратковременной посадкой в испанском г. Малага на Средиземном

море. Был ясный, солнечный день, и сверху нам удалось увидеть и коричневатые, почти лишенные растительности горы Западной Испании, и Гибралтарский пролив, и казавшееся с самолета пустынным северное побережье Африканского материка. Почти все члены нашей небольшой группы оказались заядлыми фото- и кинолюбителями, и аппараты щелкали и стрекотали непрерывно.

Недолгий перелет над Атлантическим океаном — и вот Канарские острова: вулканический архипелаг, сыгравший немаловажную роль в истории «Великих открытий» и многим знакомый с детства по приключенческим романам; его острова, расположенные в исключительно благоприятном климате, назывались в древности «Островами Блаженных» или «Счастливыми островами».

Вылетая из Москвы, мы знали, что Канарские острова — это один из лучших курортов международного значения, но Лансароте, самый близкий к Европе из крупных островов, судя по первому впечатлению, трудно назвать курортным местом. Под крылом самолета растянулась черная пустыня. Вулканические конусы, ущелья, сглаженные покровами лав и пеплов, обрывистые черные берега с белой каймой прибоя....

Зато на о-ве Тенерифе нас ожидали все прелести тропической природы. Санта-Крус-де-Тенерифе утопал в зелени. Несмотря на то что сентябрь на Канарах, как и у нас, — осенний месяц, в парках и скверах

было много цветущих кустов и деревьев. Город показался нам чистым и красивым. В районе порта, в старых кварталах, преобладают трех-четырёхэтажные дома с плоскими крышами из красной черепицы, однако в центре города много современных зданий — отелей, шикарных магазинов. На окраине почти целый квартал занимают светлые корпуса нефтеперегонного завода.

Несмотря на всю красоту окружающего, в первый день меня не оставляла мысль, что где-то я видела города, похожие на Санта-Крус-де-Тенерифе: может быть, это было в Мексике, а может — в Индии. И только нависающая над городом громада вулкана Тейде каждый раз напоминала о том, что мы находимся у подножия высочайшей вершины Канарского архипелага, которую, по дошедшим до нас сведениям, аборигены о-ва Тенерифе считали обиталищем злых духов¹.

Факты и легенды

История образования и развития Канарских островов во многом остается загадкой как для геологов, так и для историков. Этот архипелаг располагается в Атлантическом океане у западного побережья Северной Африки. Кратчайшее расстояние между мысом Сегвия-эль-Хамбра на этом побережье и мысом Пунта-де-

¹ Считают, что имя вулкана происходит от слова «Эчейде», что на языке древних обитателей Тенерифе означало ад.

ла-Энталада на ближайшем к континенту о-ве Фуэртевентура достигает 100 км. Общая площадь архипелага — 7545 км². Он состоит из семи крупных островов и нескольких маленьких, известных под названием «isletas»¹. Встречаются здесь и одиноко торчащие в океане скалы, размеры которых не превышают 200 × 300 м.

Рельеф островов определяется в первую очередь вулканическими процессами. На самом крупном из них, Тенерифе, занимающем около 2058 км², высота центрального вулкана Тейде равна 3718 м.

Благодаря господствующим в летнее время северо-восточным пассатам климат здесь теплый и мягкий (средняя температура января +16, августа +24°). Флора островов характеризуется отчетливой вертикальной зональностью. Тропическая растительность прибрежной зоны сменяется на высоте около 1000 м сосновыми лесами, а выше кольца облаков, опоясывающего центральный вулкан на высоте около 2000 м, располагаются засушливые каменистые склоны, поросшие жестким белесоватым кустарником из *Spartocytisus pambigenus*. Говорят, что эта ретама хороша весной, когда она цветет белыми и розоватыми цветами, но нам во время экскурсии на склоны вулкана Тейде этого увидеть не удалось.

Существуют многочисленные свидетельства того, что Канарские острова были известны в древней Греции. Геродот считал, что на вершине вулкана Тейде стоит Атлас, поддерживающий небесный свод. Согласно другой легенде, Геракл именно здесь похитил золотые яблоки для Афины-Паллады. Некоторые авторы предполагали, что остров феаков, где Навзикая встретила потерпевшего кораблекрушение Одиссея, был одним из островов Канарского архипелага. И еще одна легенда дошла до нас из далекой древности — легенда о том, что Канарский архипелаг возник как осколок Атлантиды.

«Переоткрытие» Канарских островов европейцами произошло значительно позже. Начало колонизации архипелага условно относится к первому десятилетию XIV в., когда, согласно преданию, два генуэзца, братья Вивальди, высадились на островах с кораблей «Адегранца» и «Сан-Антонио». Вскоре вслед за ними на Канарах побывал еще один генуэзец — Лансарото Малочелло, имя которого сохранилось в названии одного из крупных островов архипелага. В XV в. архипелаг был захвачен Кастильской короной, и с тех пор Канарские острова вошли в состав Испании.

Происхождение аборигенов, заселявших острова до их колонизации, окружено легендой. Известно, что до появления европейцев-колонизаторов они находились на относительно низком уровне цивилизации. Сохранились их орудия труда, сделанные из базальта и обсидиана. Железо было им неизвестно. Население отдельных островов архипелага фактически не общалось между собой. В дальнейшем аборигены частью вымерли, частью смешались с испанцами. Из их языка собрано и записано всего около 1000 слов.

Как же попали с побережья Северной Африки на эти острова неизвестные с навигацией аборигены? Были ли их предки кем-то привезены туда на кораблях в очень давние времена? А может быть, между островом и континентом в далекой древности существовали естественные мосты, которые в дальнейшем погрузились под воды океана?

Большинству исследователей такое предположение кажется слишком смелым. Однако существуют и другие свидетельства о связях Канарских островов в прошлом не только с Африканским континентом, но и с Пиренейским п-вом. На островах, например, установлены определенные виды эндемичной флоры, аналогии которых известны в третичных отложениях европейского Средиземноморья.

Как ни странно, но факты подобного рода довольно долго игнорировались. Несмотря на то что в сочине-

ниях Платона текст, имеющий отношение к этой территории, неясен, Канары в течение длительного времени считались сохранившимся от погружения осколком Атлантиды. Многочисленные новые факты позволили геологам в настоящее время отказаться от этой гипотезы.

Начало систематического изучения геологии Канарских островов относится к 1815 г., когда архипелаг посетил знаменитый немецкий исследователь Леопольд фон Бух. Он написал толстый фолиант, содержащий, наряду с обширным фактическим материалом о вулканах, горных породах, климате и растительном мире островов, красочные описания путешествий на парусниках из Лондона к этим островам и по проливам между ними, а также краткие сведения о быте населявших острова испанцев. Точка зрения Леопольда фон Буха на происхождение островов представляет в настоящее время чисто исторический интерес. В дальнейшем многочисленные естествоиспытатели, посещавшие острова на протяжении XIX и начала XX века, значительно дополнили общие сведения о геологии архипелага. Последующее, более детальное геологическое и петрографическое изучение островов связано с именами французских ученых Ж. Буркара и Е. Ереминой (1937), финна Х. Хаузена (1963), испанца Т. Браво (1954) и др. В последние годы группой сотрудников Мадридского университета под руководством Х. Фустера была проведена геологическая съемка в масштабе 1:100 000 четырех самых крупных островов архипелага: Тенерифе, Гран-Канария, Фуэртевентура и Лансароте.

Канарские острова располагаются в пределах материкового склона, внутри области с глубинами, не превышающими 4000 м, к западу от крутого уступа, ограничивающего здесь Африканский континент, и, по мнению Х. Хаузена, имеют субконтинентальную природу. Уровень этой части океана может быть приравнен к уровню континентального блока — в отличие от глубоководной, срединной его части. Х. Хаузен, Т. Бра-

¹ По-испански isletas — островки.

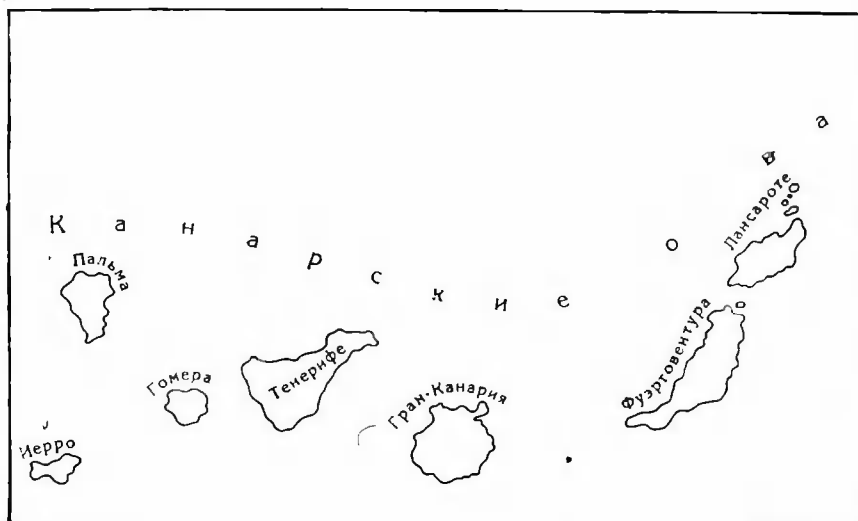


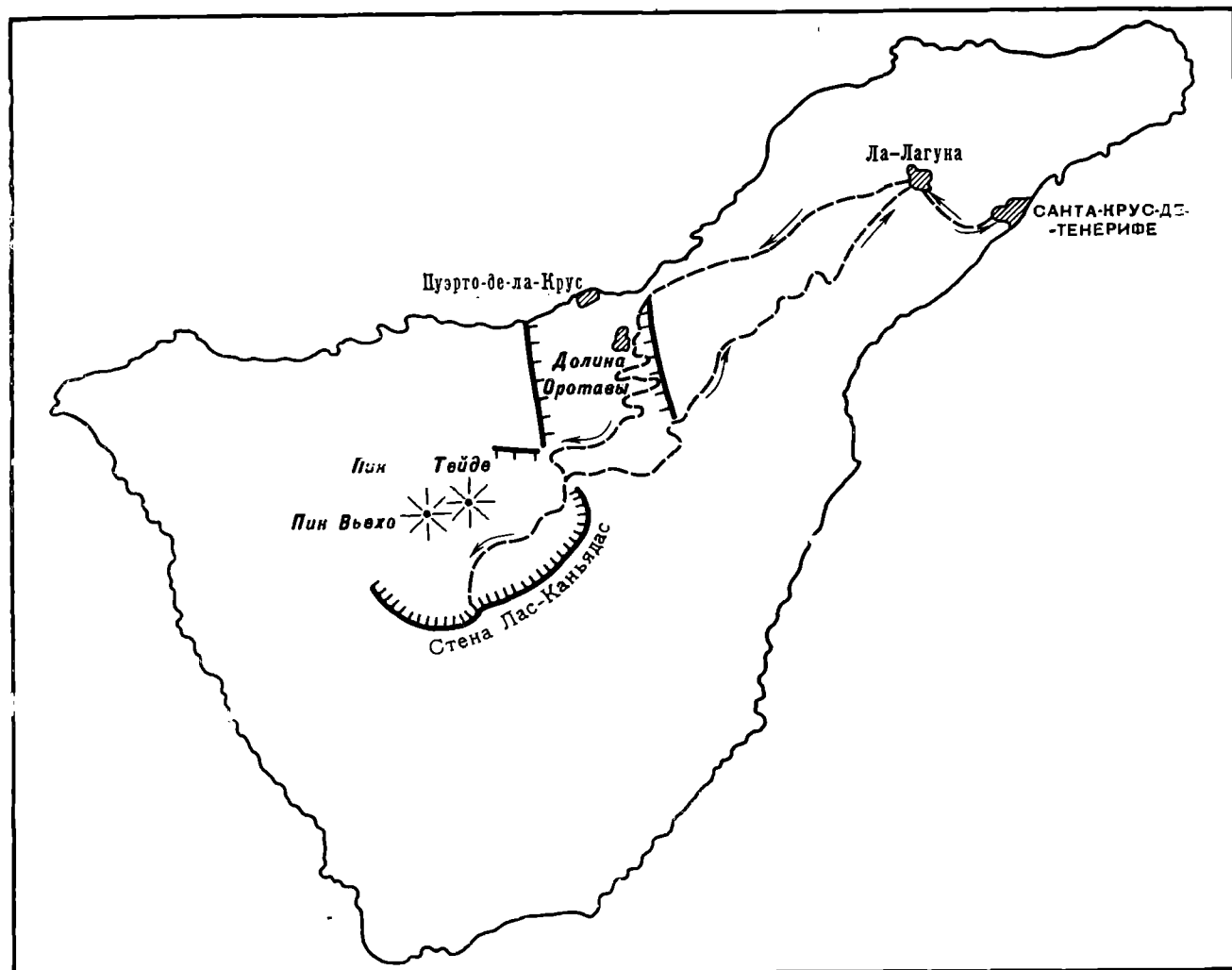
Схема расположения Канарских островов

Издалека виден вулкан Тейде, окруженный кольцом облаков



во и некоторые другие авторы считают, что общее строение архипелага свидетельствует о его связях с горами Атласа на Африканском континенте. Этому противоречит, однако, тот факт, что большинство островов разделены глубоководными проливами (с глубиной 2000—3000 м) и представляют собой, по существу, группу независимых поднятий. Исключение составляет пролив Ла-Бокэн: он не достигает глубины и 40 м и разделяет о-ва Лансароте и Фуэртевентура, лежащие вместе с «isletas» на единой подводной платформе.

Острова сложены в основном вулканическими и вулканогенно-осадочными образованиями, самые древние из которых датируются ранним миоценом. Активная вулканическая деятельность продолжается на них и поныне. На о-ве Лансароте около 200 лет назад в течение 20 лет (с небольшими перерывами) происходили опустошительные вулканические извержения. В результате все живое было унич-



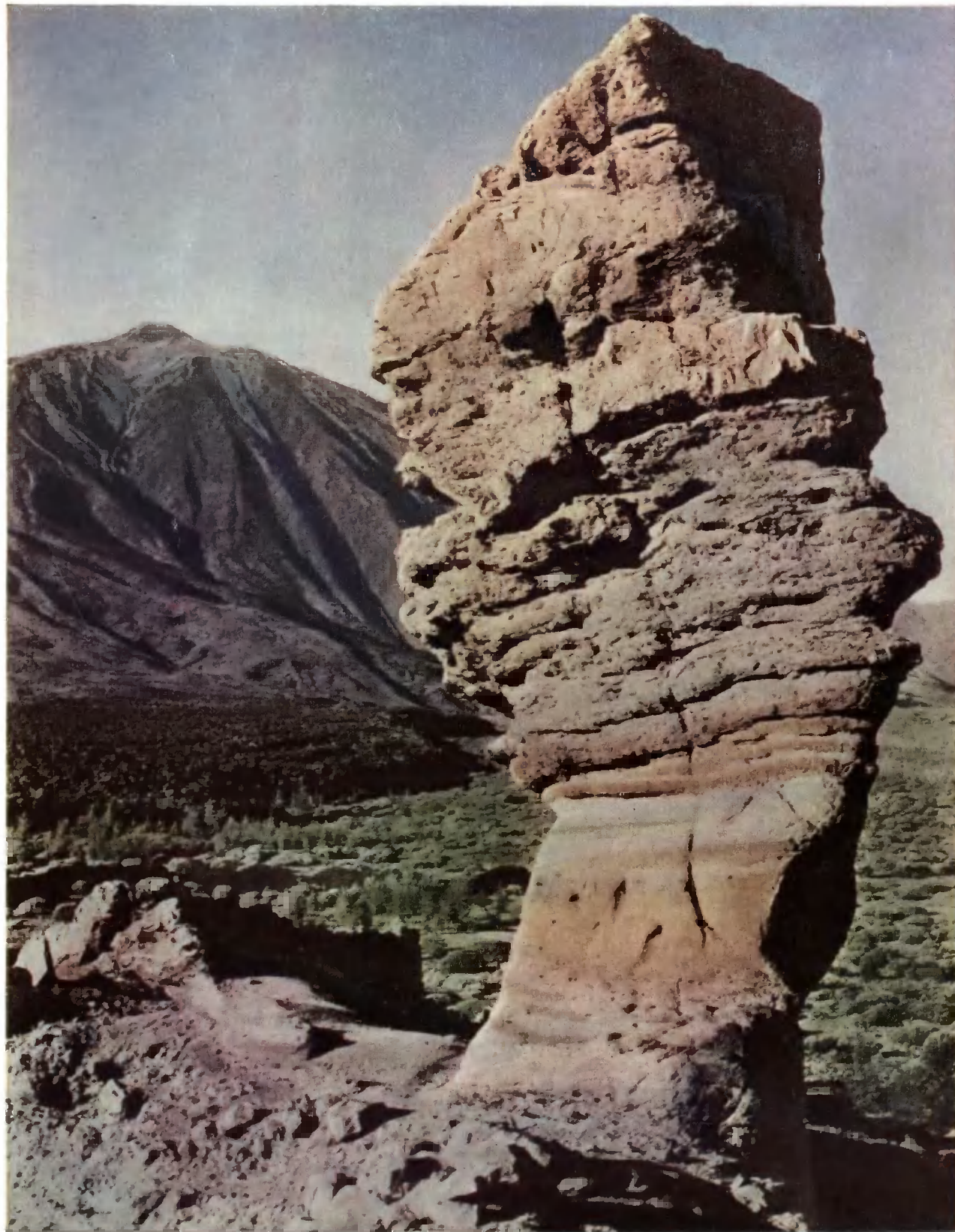
Маршрут экскурсии участников симпозиума по острову Тенерифе прошел из г. Санта-Крус-де-Тенерифе, через долину Оротавы, по склону вулкана Тейде, к стене Лас-Каньядас

тожено и остров был впоследствии заселен заново. Наиболее поздние извержения относятся к 1949 г.; они произошли на о-ве Пальма.

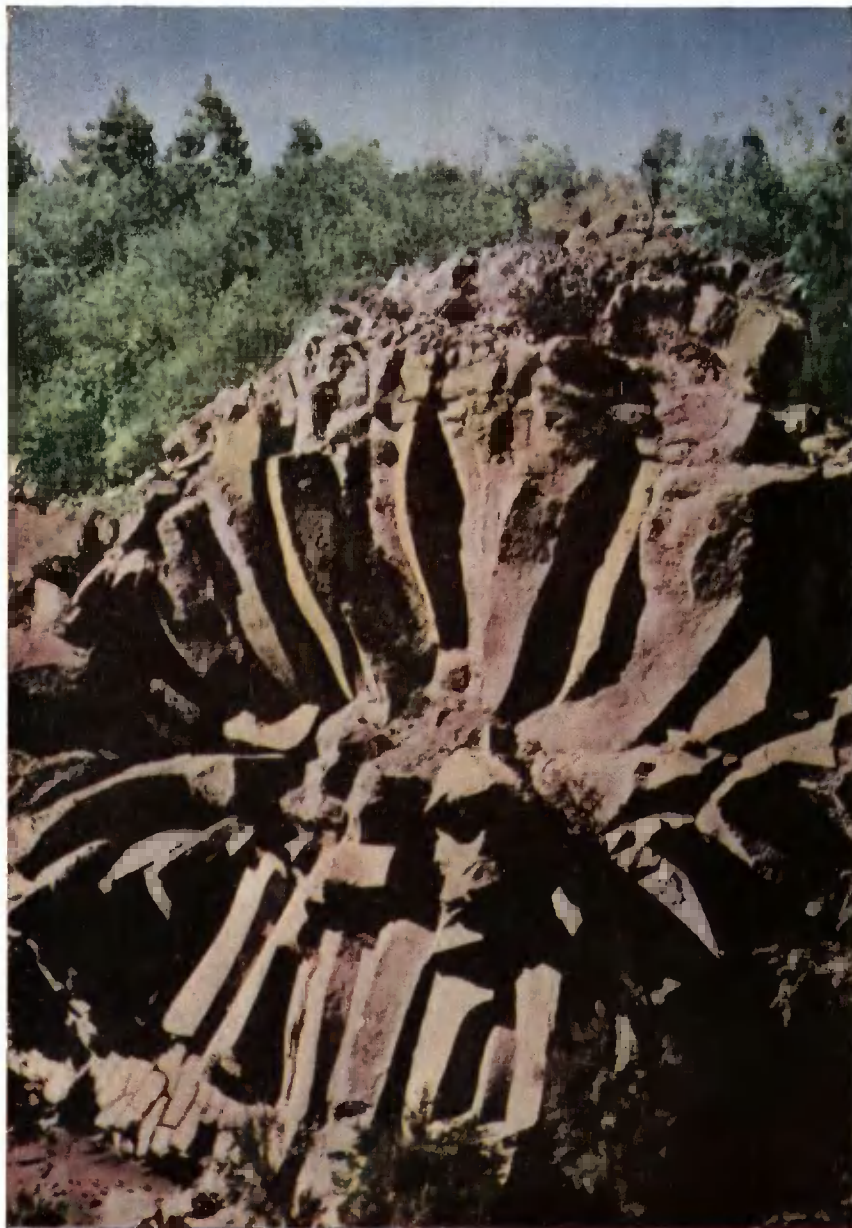
Два основных вопроса, две неразрешенные загадки более столетия продолжают занимать геологов, изучающих Канарские острова: лежит ли в основании архипелага древний домиоценовый цоколь и — второй вопрос — существовала ли и какого характера связь между Африканским континентом и архипелагом.

Новейшие исследования испанских

геологов во главе с Х. Фустером (1968) с несомненностью показали, что первым провозвестником суши в этой части Атлантического океана явилось вторжение основных и ультраосновных магм, богатых железом и магнием и бедных кремнекислотой. Эти магмы застыли на довольно значительной глубине и в дальнейшем были выведены на поверхность в результате воздымания и эрозии. Выходы этих пород известны на о-вах Фуэртевентура, Гомера и Пальма. На других островах обломки их встречаются в виде включений в более молодых базальтах. Несмотря на то что общая тенденция к воз-



Один из причудливых останцев на степе Лас Каньядас, результат разрушительных действий воды и ветра



«Каменный цветок» — необычная форма отдельности в молодых базальтах



В в е р х у:
Санта-Крус-де-Тенерифе — столица западной провинции Канарских островов

В с е р е д и н е:
Пуэрто-де-ла-Крус — курортный городок.

В н и з у:
Побережье у Сантьяго

дыманию в дальнейшем сохранилась, отдельные участки вновь образованных островов испытывали временные погружения. В результате на о-ве Фуэртевентура в настоящее время можно наблюдать перекрытие упомянутых массивов ультраосновных и основных пород кремнистыми органическими осадочными породами подводного происхождения. Выше по разрезу залегают лавы и туфы, также отлагавшиеся на морском дне. Они переслаиваются с известняками, содержащими фауну нижнего миоцена. Все, что можно, таким образом, сказать о возрасте пород, положивших начало формированию архипелага, — это то, что они домиоценовые.

Однако и эти, казалось бы, очевидные факты, свидетельствующие о существовании домиоценового цоколя, находят у некоторых исследователей иное толкование (К. Крейчи-Граф, 1961; Х. Хаузен, 1959, и др.). Они считают, что цоколь сложен теми же миоценовыми базальтами, но застывшими, в отличие от лавовых покровов, на известной глубине. Вопрос о наличии древнего цоколя самым тесным образом смыкается с вопросом о характере связи архипелага с континентами. Ведь если история островов началась с излияния миоценовых базальтов на дно океана, то Канарские острова могут быть причислены к другим хорошо известным собственно океаническим архипелагам. Иное дело — если до излияния базальтов на месте островов существовал цоколь континентального типа.

Послемиоценовая вулканическая деятельность протекала на островах главным образом в наземных условиях. Есть основание полагать, что в дальнейшем их воздымании известную роль играло внедрение глубинных магматических масс, постепенно обнажавшихся на поверхности в виде массивов щелочных сиенитов (крупнозернистых пород магматического происхождения, богатых щелочами и железом). Судя по форме некоторых островов архипелага (Гран-Канария, Гомера), подобные воздымания имели местами куполовидный

характер. Более сложная форма у о-ва Фуэртевентура, где восточные половины куполов массива Бентанкурии и п-ва Хандиа в результате сброса погружены под воды океана.

Итак, история образования Канарского архипелага была с самого начала теснейшим образом связана с магматическими процессами, сопровождавшимися неравномерным поднятием его цоколя. Можно ли, однако, считать, что этот цоколь был когда-то частью Африканского континента? Прямых доказательств для такого заключения недостаточно. Однако в его пользу как будто говорят геофизические данные, на которые ссылается Х. Хаузен, и само положение островов в пределах континентального склона.

Нельзя пока ответить и на другой вопрос: когда могло произойти отделение островов от континента и как оно происходило. Можно ли, в соответствии с идеями сторонников дрейфа континентов, предположить отодвигание кромки континента на запад? Или блоки земной коры, соединявшие Канары и Африку (а возможно, и Пиренейский п-ов), погрузились под влиянием интенсивных тектонических и магматических процессов, которые с особенной силой возродились в неоген-четвертичное время? Для решения этих вопросов геологи пока не располагают достаточным материалом.

Вулканизм и вулканы острова Тенерифе

История неоген-четвертичной магматической деятельности Канарских островов изучена к настоящему времени с большой детальностью, в чем мы имели полную возможность убедиться во время экскурсии по о-ву Тенерифе, организованной для участников симпозиума. Нам дали великолепно изданные геологические карты всех островов вместе с объяснительными записками, содержащими многочисленные описания разрезов, петрографические данные, химические

анализы пород и т. д. Участники экскурсии доставили автобусами на склоны вулкана Тейде на высоту более 2000 м.

Выходы древних глубинных кристаллических массивов на Тенерифе неизвестны, но обломки пород, слагающих подобные массивы на других островах, установлены в некоторых базальтовых лавах. Нам удалось увидеть основание разреза, представленное на этом острове базальтами и их туфами, которые относятся к так называемой древней (предположительно миоценовой) серии. В верхах ее присутствуют хорошо сохранившиеся черные вулканические конусы, окаймленные лавовыми потоками.

На отложениях древней серии с региональным несогласием, свидетельствующим об изменении условий и перерыве в накоплении осадков, залегают отложения серии Каньядас. Они характеризуются незакономерным чередованием в разрезе пород различного состава и происхождения. Среди них присутствуют богатые железом и магнием и бедные кремнекислотой и щелочами базальты и фонолиты — породы щелочного типа. По типу образования среди вулканитов этой серии могут быть выделены лавовые покровы, дайки (выполненные магмой трещины), туфы и игнимбриты (спекшиеся туфы). Последние образуются при вулканических взрывах, когда тучи раскаленного мелкого пепла после падения на землю спекаются и приобретают свойства вторичного лавового потока. Возраст серии Каньядас точно неизвестен. Возможно, что она формировалась уже в четвертичное время.

Выше залегают базальты так называемой «третьей серии» с хорошо сохранившимися вулканическими постройками. Именно в период их излияния на острове образовались крупные кальдеры, округлые котловины, внутри которых возвышаются конусы более молодых вулканов.

Последующие вулканические события формировали так называемую «новейшую серию». К этому времени

относится образование самого крупного вулкана о-ва Тенерифе — Тейде. Среди продуктов извержения новейшей серии преобладают фонолиты, часть которых застыла в виде вулканических стекол — обсидианов. Х. Фустер высказывает предположение, что один из наблюдаемых потоков лавы с вулкана Тейде образовался при извержении, отмеченном еще Колумбом. Однако достоверных сведений о времени последнего извержения вулкана Тейде нет, и только струя белого фумарольного пара, клубящегося над его вершиной, напоминает о том, что вулканическая активность в недрах еще окончательно не замерла.

Следует вообще сказать, что, как ни хорошо изучен о-в Тенерифе, все же и у него есть свои загадки. Во время экскурсии мы со склонов вулкана Тейде смотрели вниз в долину Оротавы, глубоко врезанную в горный массив северо-западной части острова. По мнению одних, эта долина образовалась в результате погружения крупного блока земной коры под влиянием глубинных тектонических причин. Другие полагают, что она возникла в результате грандиозных оползней. Сторонники последней точки зрения указывают на то, что среди туфогенно-осадочных отложений, покрывающих дно долины, встречаются стволы деревьев. Один из сопровождавших нас геологов, сотрудник Мадридского университета Эрнандес Пачеко, полагает, что истина, как это бывает часто, находится посередине. Основной причиной образования долины Оротавы явились тектонические движения, но они сопровождались крупными оползнями.

Нет полного согласия и в вопросе о том, как образовался грандиозный и величественный цирк Лас-Каньядас. Он представляет собой центральную депрессию острова и окружен стеной, имеющей форму открытого к северу полукольца. Размеры депрессии 12×17 км. Дно ее заполнено молодыми образованиями, продуктами извержения вулканов Тейде и Вьехо. Эти образования на юге достигают подножия стены, а на севере

спускаются до берега океана. Наивысшая точка стены — Монтана-де-Гвахара — достигает 2717 м, ее основание спускается до 2000 м. Стена сложена отложениями серии Каньядас, пронизанными дайками и магматическими телами различной неправильной формы.

Цирк Лас-Каньядас — государственный заповедник, и он, действительно, оставляет неизгладимое впечатление. Отвесная, черная, лишенная какой-либо растительности стена, как рамой, окружает высокий конус вулкана Тейде и нескольких более мелких вулканов. Это — наглядная летопись вулканических процессов прошлого. В обрыве стены великолепно видны многочисленные чередования слоев пепла, лав и игнимбритов различного состава. Каждый слой — результат одного из извержений, следовавших друг за другом с небольшими перерывами.

Первые исследователи считали, что цирк образовался под влиянием разрушительного действия воды, ветра, резкой смены температуры и т. п. Несомненным свидетельством такого разрушения служат причудливой формы «останцы», украшающие отдельные выступы стены. При взгляде на некоторые из них невольно приходят на память знаменитые химеры Собора Парижской Богоматери. Однако наиболее вероятной гипотезой образования депрессии Лас-Каньядас является гипотеза вулканического взрыва и последующего обрушения магматической камеры, опустевшей после извержения лавы. Спор идет только о том, был ли один взрыв, после которого последовало опускание, или таких взрывов было несколько. Депрессии с подобным механизмом образования широко распространены в вулканических областях и известны под названием кальдер.

На заседаниях симпозиума

Перед зданием Университета Ла-Лагуны, где проходили заседания симпозиума, развевались флаги двадца-

ти семи стран. Официальными языками симпозиума были английский и французский. Несколько непривычной и, пожалуй, не слишком удачной, была последовательность, в которой зачитывались доклады. Основой для нее служило положение фамилии докладчика в латинском алфавите. При широком охвате вулканологических проблем какая-либо тематическая группировка отсутствовала. В результате было очень трудно переключаться, например, с сообщений о древнейших вулканических процессах Африки или Канады на доклады о физико-химических экспериментах, моделирующих вулканические процессы.

Особенности вулканизма Канарских островов стали одной из ведущих тем на заседаниях международного симпозиума. Ряд докладов был посвящен химическому составу, в том числе характеру элементов-примесей разновозрастных вулканических продуктов этих островов. В частности, речь шла о чередующихся в разрезе основных, бедных кремнекислотой базальтовых продуктах — щелочных, более кислых фонолитах и трахитах.

Дело в том, что вопрос о подобном чередовании вплотную соприкасается с более общим и очень важным вопросом об источнике магматических расплавов. Неоднократная смена в разрезе продуктов, резко различных по составу, приводит многих исследователей к выводу о том, что в одно и то же время на поверхность поступали расплавы из магматических очагов, расположенных на различной глубине. При этом основные базальтоидные расплавы возникают в пределах верхней мантии на глубинах, превосходящих мощность земной коры, а более кислые и щелочные — лишь в земной коре. Проблеме источников магматических расплавов, влияния на их состав условий выплавки из вещества верхней мантии и роли в этом процессе земной коры был посвящен и ряд сообщений теоретического содержания. Они выходили далеко за рамки проблем, непосредственно касающихся Канарских островов, и опирались на примеры из

самых различных регионов земного шара.

Что же касается Канарских островов, то в центре внимания симпозиума оказались еще две интересные проблемы. Первая связана с выяснением причин возникновения широко распространенных кольцевых разломов и кольцевых даек щелочного состава, в частности среди ультраосновных пород цоколя о-ва Фуэртевентура. Условия образования кольцевых или, в более общем смысле, «центральных» магматических комплексов все чаще привлекают к себе внимание геологов. Особенно интересны на Африканском континенте «центральные» магматические тела, состоящие из ядра ультраосновных железомagneзиальных пород, окруженных кольцевыми дайками щелочного состава. С комплексами этого типа связан большой набор редких полезных ископаемых.

Вторая проблема связана с происхождением включений в миоценовых базальтах. Большинство исследователей, как уже упоминалось, склонны видеть в них обломки пород древнего цоколя, захваченные лавами по пути их следования к поверхности. В докладах приводились химические и минералогические доказательства сходства подобных включений с породами, слагающими цоколь на о-вах Фуэртевентура, Гомера и Пальма.

Ряд докладов, носящих более общий характер, был посвящен взаимоотношению вулканизма с процессами формирования магматических тел из расплавов, не достигших поверхности (на примерах различных регионов земного шара). При этом было показано, что глубинные магматические массы нередко образуют над собою куполовидные поднятия, по границам которых возникают затем кольцевые разломы и проникают на поверхность лавы.

Внимание участников симпозиума было также привлечено к геофизическим данным, позволяющим судить об особенностях теплового потока в различных областях активного вулканизма, к результатам гравитационных

и магнитных измерений в пределах соответствующих областей. Особое место в программе симпозиума заняли сообщения о новых экспериментальных данных, позволяющих интерпретировать пути возможной эволюции глубинной субстанции Земли.

Глубинный пульс Земли

В заключение мне хочется остановиться на вопросе о том, почему геологи во всем мире все больше и больше уделяют внимания вулканологии. Известно, что палеовулканологи умеют читать по древнейшим эффузивным образованиям историю вулканизма самых отдаленных эпох развития нашей планеты. Эта летопись необходима нам для понимания крупных геологических закономерностей, и она же помогает целеустремленно направлять поиски полезных ископаемых, образование которых связано с вулканическими процессами прошлого. Не случайно поэтому среди прочих докладов вулканологического симпозиума был зачитан доклад канадского геолога В. Моорхауза о вулканических породах штата Онтарио в Канаде, возраст которых определяется в 2,5 млрд лет.

И все же у вулканологии есть свои особые задачи, отличающие ее от других геологических дисциплин. Об этих задачах мы не раз вспоминали на Канарских островах, слушая доклады-отчеты об извержении вулканов, происшедших в 1968 г. в самых различных частях земного шара, или следя с неослабевающим интересом за недавними извержениями вулканов Исландии на великолепной цветной пленке проф. С. Тораринссона. Мы смотрели, слушали и думали о том, что вулканологи призваны неустанно следить за глубинным пульсом нашей Земли, предупреждая человечество об опасности и указывая ему пути к обузданию и использованию даже этих, самых непокорных и грозных сил природы.

УДК 551,21

Книжные новинки ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ

Атлас СССР. 2-е изд. М., Глав. упр. геодезии и картографии при СМ СССР, 1969, 199 стр. ц. 5 р. 80 к.

ПАСЕЦКИЙ В. **Вперед — неизвестность пути.** М., «Сов. Россия», 1969, 176 стр., ц. 60 к. (Очерки о роли декабристов в изучении Севера).

Страны и народы Востока. Под общ. ред. Д. А. Ольдерогге. Вып. 7. Страны и народы Африки. М., «Наука», 1969, 319 стр., ц. 1 р. 92 к.

ГОЛСТОЙ И. и КЛЕЙ К. **Акустика океана.** Теория и эксперимент в подводной акустике. Перев. с англ. Под ред. Л. М. Бреховских. М., «Мир», 1969, 301 стр., ц. 1 р. 87 к.

ФЕДОРЕЙ В. **Реки — дочери океана.** Под ред. Г. М. Бирюлина. Владивосток. Дальневост. кн. изд. 1968, 94 стр., ц. 11 к.

Где упал метеорит Бородино?

Известно, что метеорит Бородино выпал 24 августа (5 сентября нов. ст.) 1812 г. в 1 час ночи (т. е. за несколько часов до знаменитого Бородинского сражения) в расположении русской армии. Точное место падения не было установлено; правда, немецкий исследователь Е. А. Вюльфинг утверждал, что метеорит упал на Бородинском поле близ ручья Стонец¹. Но где именно и от кого Вюльфинг получил эти сведения — остается неясным.

Видный русский исследователь метеоритов Ю. М. Симашко, которому и принадлежит честь открытия метеорита Бородино, писал в 1892 г.: «Часовой артиллерийской роты майора Христиана Ивановича Дидрихса, стоя на своем посту, заметил полет и падение камня с неба, поднял его и, по смене с часов, отдал своему ротному командиру, майору Дидрихсу...». Эти сведения Симашко получил от лица, передавшего ему небольшой обломок метеорита.

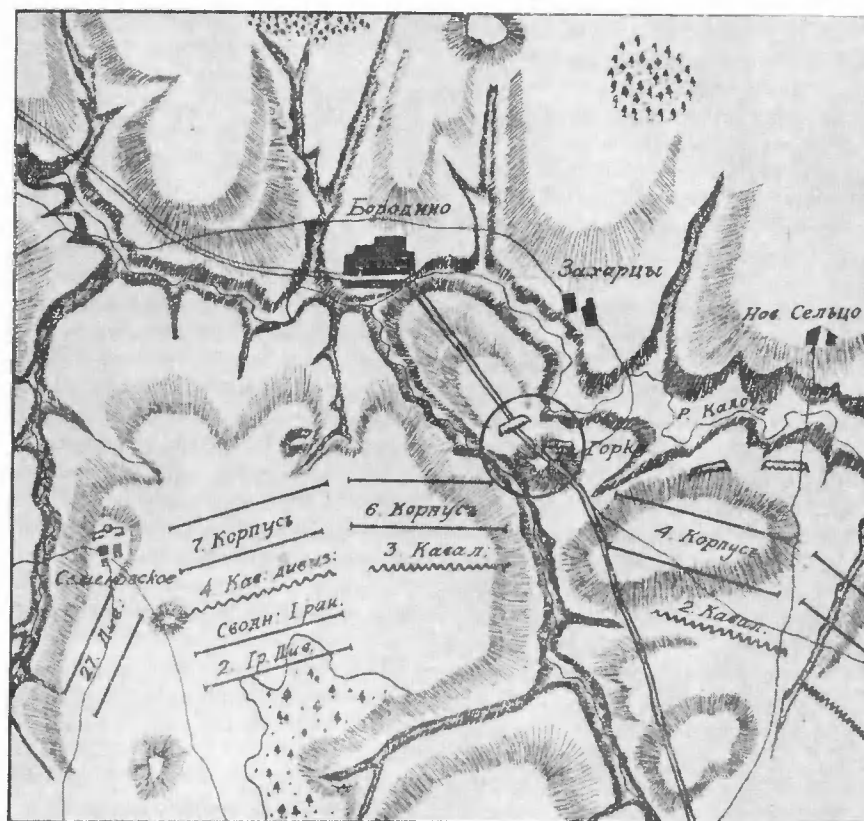
Я решил выяснить подробности падения этого метеорита и обратился к документам, хранящимся в Центральном Государственном военно-историческом архиве в Москве (ЦГВИА). Майора Дидрига (вероятно, Дидрихса, в другой транскрипции) мы находим в списке офицеров Генерального штаба за 1812 г. Другого майора

однофамильца нет не только в списках артиллерийского состава, но и в списках офицеров русской армии вообще. Сообщается, что Дидриг был офицером 11-го Псковского пехотного полка 7-й пехотной дивизии генерал-лейтенанта Капцевича. Эта дивизия во время Бородинской битвы составляла 6-й корпус.

Кроки позиций русских войск (см. рис.) указывают нам местоположение 6-го корпуса: южнее села Горки, на левом берегу ручья Стонец (что со-

впадает с данными Вюльфинга). 6-му корпусу принадлежали две артиллерийские батареи, которыми, по-видимому, и командовал майор Дидрихс-Дидриг. Видно, что они располагаются к северо-западу от села Горки, близ дороги на Бородино. Таким образом, падение метеорита должно было произойти в районе этих батарей (на рисунке обведено кружком). В этом месте и следует ожидать новых находок, если, конечно, падение было не одиночным.

А. К. Станюкович
Москва



Кроки позиций русских войск перед Бородинской битвой

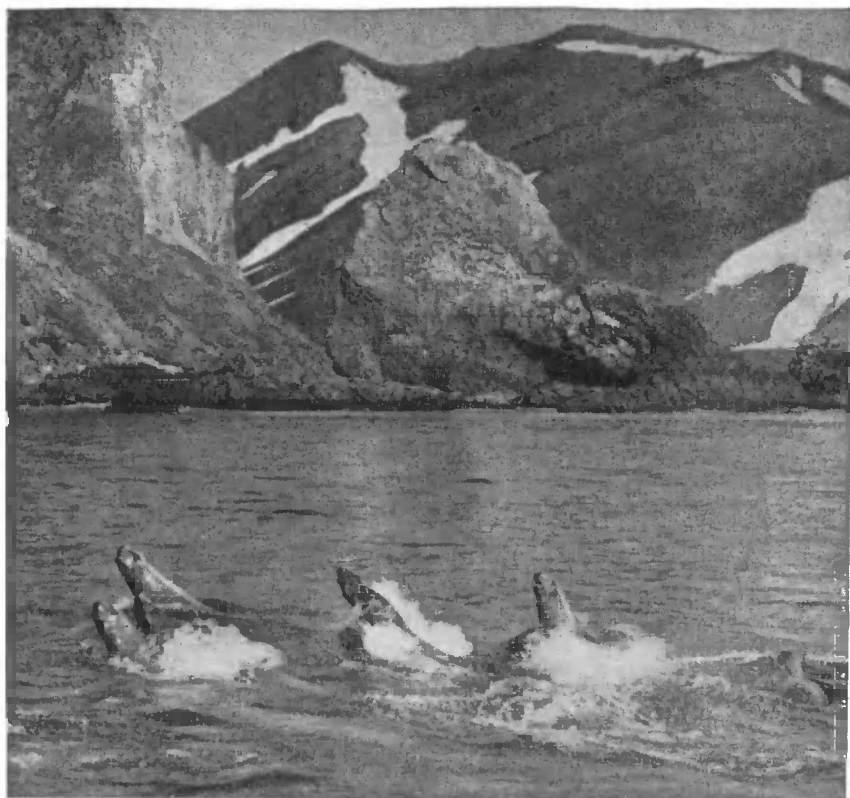
¹ E. A. Wülfing, «Die Meteoriten in Sammlungen», Tübingen, 1897.

Поимка детенышей калана

Во время одного из обследований прибрежной части о-ва Медного мы плыли на моторном боте вдоль берега. Причудливые нагромождения скал и крутые склоны сопки бесследно растворялись своими вершинами в густой белой шапке тумана. Подводные рифы и густые заросли морской капусты опоясывали остров.

Нас интересовали каланы. Внимательно осматриваем в бинокль поверхность моря. Здесь, в зарослях морской капусты или на надводных камнях, они встречаются группами и по одиночке. Иногда приходится пробираться в узких проходах среди скал, чтобы ближе и незаметнее подойти к отдыхающим зверям. Нередко плывем сложными лабиринтами между зарослями морской растительности.

Маневрируя между пятнами морской капусты, мы обратили внимание на плавающий впереди пушистый комок. В бинокль удалось рассмотреть, что это детеныш калана. Лежал он на воде совершенно неподвижно, а вблизи не было ни одного взрослого животного. Направляясь к нему, мы были убеждены, что обнаружили погибшего зверька. Однако, когда расстояние сократилось до 15—20 м, «комок» вдруг ожил. Увидев движущийся предмет, детеныш поплыл навстречу, неумело пытаясь поднырнуть. Едва моторист успел убавить обороты двигателя, как каланенок оказался под бортом. Беспокойное чувство на миг овладело всеми. Нам казалось, что он неминуемо попадет под винт, но, к счастью, зверек снова вынырнул уже за кормой. Видимо, немалое испугавшись, он начал кричать. Сделав круг, мы снова подошли к каланенку и взяли его на руки, чему он совершенно не воспротивился. При осмотре мы никаких повреждений на его теле не обнаружили. Он имел нормальную упитанность и весил около 3—4 кг.



Убедившись, что каланенок не ранен и внешне здоров, мы опустили его в воду. При этом зверек не сделал ни малейшей попытки удрать, хотя и продолжал жалобно кричать. Мы осматривались вокруг, в надежде увидеть поблизости его мать.

Отойдя от этого места метров на 300, мы заглушили двигатель и легли в дрейф. Каланенок все еще продолжал подавать «сигналы», медленно продвигаясь вдоль поля морской ка-

Вверху
Едва моторист успел убавить обороты двигателя, как каланенок оказался под бортом

Внизу
Крик каланенка привлекал внимание взрослых каланов, но самка не появлялась

пусты. Его крик привлек внимание взрослых каланов, но мать не появлялась.

Вскоре мы вынуждены были покинуть «сиротку», чтобы продолжать свои учетные работы. Часа через два, в другом месте, мы снова обнаружили одинокого, спящего на воде, детеныша. На этот раз зверек был намного крупнее. Он также легко дался в руки и не делал попыток укусь или вырваться. Вот тут мы пожалели, что у нас не оказалось меток и щипцов. Этим двух детенышей можно было пометить в год их рождения.

Находка двух детенышей каланов, оставленных самками — явление довольно редкое. С давних пор известно, что самка калана первые три-пять месяцев очень бдительно охраняет своего детеныша. На материнской привязанности основывался еще в прошлом веке один из видов хищнического промысла каланов. Если при сетном ловле попадался молодой зверек, промышленники считали своей также и самку, которая всегда приходила на зов детеныша. Известен случай, когда самка в течение нескольких часов не покидала даже мертвого каланенка.

Как же тогда объяснить то, что наблюдали мы? К сожалению, нельзя было прервать начатую работу и проследить за дальнейшей судьбой этих малышей. Остается только предположить, что самки все же могут оставлять своих детенышей, отлучившись на кормежку. Поскольку этот район очень редко посещается людьми, а малые глубины и густые заросли морской капусты надежно предохраняют зверей от хищников-косаток, то не исключено, что некоторые самки позволяют себе отплывать несколько дальше обычного. А когда бот неожиданно появился между матерью и детенышем, то инстинкт материнства не смог все же победить инстинкта самосохранения и самка побоялась приблизиться.

Б. В. Хромовских

Камчатское отделение Тихоокеанского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии
Петропавловск-Камчатский

Грачи спасают свеклу

В последние годы слишком уж много говорили о вреде, который грач наносит кукурузе. Настолько много, что полезная деятельность этой птицы на полях стала понемногу забываться. Поэтому небезынтересно сообщить следующий факт.

Уже несколько лет подряд в Краснодарском крае на сахарной свекле сильно размножается капустная совка. Перед окукливанием гусениц на 1 м² их насчитываются десятки. Вред от этих полчищ насекомых был бы еще большим, если бы не определенный «противовес». Дело в том, что период послеуборочной пахоты свекольных полей в октябре совпадает с массовым перелетом миллионов грачей. Откочевывая на юг, они подолгу (до похолодания) задерживаются на Кубани, и вспаханные поля, на которых глубокие слои почвы вынесены на поверхность и разрыхлены, очищаются ими от вредных насекомых. Рассеянные по всему полю тысячи грачей тщательно выискивают гусениц и куколок капустной и других совков. Следующие плотную за плугом или бороной птицы успевают склевывать даже подвижных долгоносиков, чернотелок, юрких проволочников.

Как известно, вспашка зяблевых полей проводится в лучшие агротехнические сроки до наступления ненастной погоды. И на этот же период приходится наиболее интенсивная деятельность грачей. Об этом природном факторе своевременной агротехнической обработки нельзя забывать, и грачам в этом отношении, безусловно, следует воздать должное.

Е. И. Копытков
Краснодарская краевая станция
защиты растений
г. Усть-Лабинск

Тушканчик-долгожитель

О тушканчиках — длинноногих степных прыгунах — слышали, пожалуй, все, но вряд ли известно, сколько лет могут прожить эти грызуны в неволе. У нас в лаборатории был тушканчик-долгожитель *Allactaga severtzovi* Vinogr., о котором мы и хотим рассказать.

В 1963 г. в Кашкардарьинской и Голудной степях Узбекистана мы отловили 35 тушканчиков Северцова. За первые две-три недели жизни в неволе почти все животные погибли, но один самец, пойманный в августе 1963 г., прожил у нас до февраля 1968 г.

С момента отлова тушканчик постоянно жил в виварии в металлической клетке при комнатной температуре. За эти годы он ни разу не впадал в зимнюю спячку. В его рацион входили хлеб, ячмень, свекла, клевер (сухой или свежескошенный), иногда он лакомился коровьим молоком.

После девяти месяцев жизни в неволе тушканчик был специально заражен (в оба уха) кожным лейшманиозом. Шли месяцы, а наш тушканчик и не собирался болеть, но вот через 17 месяцев с момента заражения он, наконец, заболел: на ушах появились лейшманиозные поражения. Заболевание протекало в активной форме. К тому же тушканчик случайно сломал заднюю ногу, и ее пришлось ампутировать.

Несмотря на такое тяжелое состояние организма тушканчик вел активный образ жизни в течение четырех с половиной лет.

Г. В. Ни

Узбекский научно-исследовательский институт
экспериментальной медицинской паразитологии
и гельминтологии
Самарканд

Премия имени Д. И. Менделеева
 Премия имени Н. Д. Зелинского
 Премия имени
 В. И. Вернадского
 Золотая медаль
 имени В. И. Вернадского
 Изучаются глубины Земли
 Институту географии
 АН СССР — 50 лет
 Нефть и соль в глубоком море
 Бор ищет сам себя
 Львы в окрестностях Парижа
 Имитатор лунной базы
 Установка для испытания
 спутников
 Атмосфера изменяет вращение
 Земли
 ЯМР «изучает» оптически
 возбужденные молекулы
 Промышленный циклотрон
 Сверхпроводниковый двигатель
 Пространственная структура
 молекулы α -химотрипсина
 Изотоп иттрия в мозгу человека
 Вирусы, живущие 25 лет
 Новое противогриппозное
 средство
 На страже сердца
 Борьба с ящуром
 Гравитация в жизни растений
 Кукуруза с необычно
 высоким содержанием белка
 Погода и крахмалистость
 картофеля
 Холодостойкость определяется
 олигосахарами
 Лесные злаки губят ... лес
 Жизнь на земле 3 миллиарда
 лет назад?
 «Расталкивание» континентов
 Океанографический буй ORB
 Выращивание кристаллов
 золота
 Численность населения
 в 2000 году

Премия имени Д. И. Менделеева

Доктор химических наук Иван Семенович Морозов (Институт общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова АН СССР) и кандидат химических наук Владимир Иванович Евдокимов (Институт новых химических проблем АН СССР) удостоены премии имени Д. И. Менделеева 1969 г. Работами И. С. Морозова и В. И. Евдокимова создано научное направление в получении, разделении и рафинировании цветных и редких металлов. Решен ряд материаловедческих проблем, важных для развития новой техники: извлечение олова из бедных руд и отходов, непрерывный магнитотермический метод восстановления четыреххлористого титана, получение хлористого бора из природных боратов и др.

За разработку новых технологических процессов ученым выдано 21 авторское свидетельство. Многие предложения И. С. Морозова и В. И. Евдокимова используются в промышленности.

Премия имени Н. Д. Зелинского

Премия имени Н. Д. Зелинского 1969 г. присуждена доктору химических наук Александру Моисеевичу Рубинштейну и кандидату химических наук Владимиру Ильичу Якерсону (Ин-

ститут органической химии им. Н. Д. Зелинского АН СССР). Опираясь на широкий арсенал физико-химических методов исследования, они получили ценные научные сведения о механизме каталитической кетонизации. Это помогло найти рациональный путь подбора высокоэффективных катализаторов, позволяющих поставить на реальную основу задачу технического синтеза ряда труднодоступных кетонов, в том числе из карбоновых кислот, производимых окислением доступного нефтяного сырья.

А. М. Рубинштейном и В. И. Якерсом решена трудная задача синтеза гетероциклических кетонов пиридинового ряда, обладающих противотуберкулезной, антиконвульсивной и ростовой активностью. Ученым удалось получить высокомолекулярные кетоны вплоть до C_{24} .

Премия имени В. И. Вернадского

Автор монографии «Углеродистое вещество метеоритов (органические соединения, алмазы, графиты)», кандидат геолого-минералогических наук Геннадий Петрович Вдовыкин (Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР) удостоен премии имени В. И. Вернадского 1969 г.

В монографии Г. П. Вдовыкина изложены результаты исследования углеродистых веществ внеземного происхождения — органических соединений, алмазов и графита — в метеоритах разного типа. Применение новейших методов анализа позволило Г. П. Вдовыкину выяснить радиогенную природу органических веществ метеоритов. В результате получено много существенных данных об условиях образования метеоритов вообще. Проведенные Г. П. Вдовыкиным исследования — первые работы такого рода в СССР. Монография дает ценные данные для выяснения разных вопросов космохимии, геохимии и петрогенезиса.

Золотая медаль имени В. И. Вернадского

Президиум Академии наук СССР присудил золотую медаль имени В. И. Вернадского 1968 г. доктору физико-математических наук Владимиру Ильичу Баранову (Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР) за работы в области биогеохимии, геохимии и космохимии.

В. И. Баранов начал исследования в этой области в 1916 г. и продолжает их в настоящее время, разрабатывая и претворяя в жизнь многие положения, высказанные В. И. Вернадским. Методические работы по измерению радиоактивности горных пород и минералов, выполненные В. И. Барановым и под его непосредственным руководством, используются в различных институтах нашей страны. В. И. Барановым проведены первые исследования по изучению радиоэлементов в природных водах, почвах и биологических объектах и решен ряд вопросов теории радиометрических методов поисков полезных ископаемых. В. И. Баранову принадлежит также ряд работ по методике определения абсолютного возраста Земли, космических тел и молодых геологических образований.

Изучаются глубины Земли

С 28 ноября по 3 декабря 1968 г. в столице Украины проходил симпозиум, на котором обсуждались проблемы связи поверхностных структур земной коры с глубинными. Изучение геологических процессов, происходящих в коре и верхней мантии, помимо важного теоретического значения имеет огромный практический интерес: помогает объяснить возникновение месторождений многих полезных ископаемых.

Чл.-корр. АН СССР В. В. Белоусов подвел основные итоги геолого-геофизико-геохимических исследований земной коры и верхней мантии, проведенных в последнее время. Выяснение строения этих зон, как показал академик АН УССР С. И. Субботин, может привести к решению некоторых вопросов, связанных с природой поверхностей раздела и вещественного состава нижних слоев коры и верхов мантии Земли. Чл.-корр. АН СССР В. А. Магницкий рассмотрел некоторые конкретные виды фазовых переходов вещества Земли, условия их возникновения и возможное влияние на движения земной коры.

Проанализировав новейшие экспериментальные данные, доктор геолого-минералогических наук Ю. М. Шейнманн пришел к выводу, что на больших глубинах возможно выплавление различных типов магм (собственно ультрабазитовой, если она вообще существует, щелочно-ультрабазитовой и основной толеитовой). Ученый изложил свои представления о том, как происходит дальнейшая дифференциация основных магм и появляются ряды щелочно-ультраосновного, известково-щелочного и трахибазальтового составов.

Значительное место в программе симпозиума было отведено геохимическим исследованиям. Доказано, что в процессе глубинной дифференциации щелочно-базальтового вещества могут образоваться кислые распла-

вы, подтверждена возможность парагенетической связи между кислыми и основными лавами, которые встречаются в областях современного вулканизма.

В конце работы симпозиума ученые наметили главные направления дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

А. Я. Салтыковский
Кандидат геолого-минералогических наук
Москва

Институту географии АН СССР — 50 лет

В феврале этого года состоялось торжественное заседание Ученого совета Института географии АН СССР, посвященное 50-летию Института. В 1918 г. по инициативе географа А. А. Григорьева (с 1939 г. — академика) был создан промышленно-географический отдел при Постоянной комиссии по изучению естественных производительных сил России Академии наук (КЕПС). На базе географической группы этого отдела постепенно вырос большой институт с коллективом почти в 500 сотрудников.

Современная география, проблемы которой разрабатываются в институте, давным давно уже перестала быть просто «землеописанием». Объектом ее изучения является вся географическая среда или, иначе, биogeосфера в ее развитии.

Исследования, проводимые институтом (часто в содружестве с географами из союзных республик), непосредственно связаны с запросами практики, прежде всего — с комплексным освоением и рациональным использованием природных ресурсов различных районов, с развитием в них производительных сил, с охраной природы. Одновременно ведется разработка теоретических вопросов географии. Все большую роль в ходе исследований играют точные методы (математические и статистические). Директор Института географии акад. И. П. Герасимов назвал современную географию наукой экспериментально-преобразовательного направления.

Ее основная цель — не пассивная констатация фактов, а активная всесторонняя помощь обществу в использовании уже открытых естественных ресурсов и направленное преобразование природных условий на благо человека. Эти положения в последние годы легли в основу деятельности Института географии. Здесь создан отдел инженерно-географических проблем, где разрабатывается методика преобразования природы и составляются прогнозы изменения географической среды в случае осуществления тех или иных народнохозяйственных мероприятий (перераспределение стока поверхностных вод, создания крупных водохранилищ, лесо- и сельскохозяйственное освоение территории и т. д.).

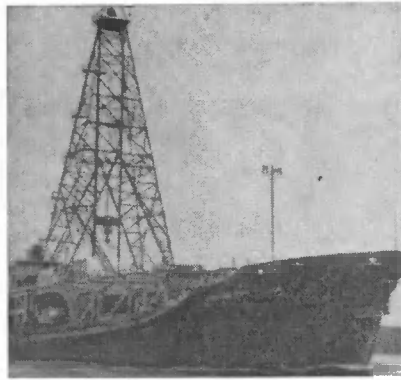
Сотрудники Института — энергичные пропагандисты и популяризаторы географии. Многие их работы, например «Непроторенными путями» Э. М. Мурзаева, «Лик пустыни» Б. А. Федоровича, «Нам и внукам» Д. Л. Арманды и другие, широко известны не только географам, но и всем любителям природы.

И. Ю. Долгушин
Кандидат географических наук
Москва

Нефть и соль в глубоком море

Американские океанологи начали осуществлять новую фундаментальную программу исследования океанов, названную JOIDES (Содружество океанографических институтов по глубоководному бурению). Основная задача программы — решение таких кардинальных вопросов геологии, как дрейф континентов и образование океанических впадин. Для осуществления программы намечен обширный комплекс геофизических исследований, а также глубоководное бурение в Атлантическом и Тихом океанах.

В июне 1968 г. в полугодовой рейс вышло новое экспедиционное судно «Гломар Челленджер». Оно оборудовано уникальной аппаратурой, которая позволяет производить бурение при глубине океана до 6000 м и внедряться в донные отло-



Буровая вышка высотой 42,5 м, размещенная на палубе судна, способная держать буровой снаряд весом 400 т

жения на 750 м. Маршрут судна пересекает Атлантический и Тихий океаны, в которых предполагается пробурить около 60 глубоководных скважин.

Недавно стали известны результаты бурения первой скважины, которая была пройдена в центральной, наиболее глубоководной, части Мексиканского залива (приблизительные координаты $23^{\circ} 30'$ с. ш. и $92^{\circ} 30'$ з. д.; глубина залива 3580 м). Здесь еще в 1961 г. геофизики-океанологи «нащупали» более 20 локальных куполовидных поднятий в структуре донных отложений. Глубоководное бурение не только подтвердило прогнозы геофизиков, что эти купола сложены солью (кстати, до бурения прогнозы геофизиков воспринимались весьма скептически), но с глубины 146 м от поверхности дна был поднят нефтенасыщенный керн!

До сих пор исследователи не могут дать удовлетворительного объяснения, как оказались соль и нефть в глубоком море, где земная кора близка к океаническому типу. Согласно традиционным и общепринятым представлениям, для образования нефти наиболее благоприятны сравнительно мелководные моря и лагуны (земная кора которых относится к континентальному типу), а для накопления солей необходимо также, чтобы такие моря и лагуны были достаточно надежно изолированы от открытого океана. Если считать, что Мексиканский залив прежде, во вре-

мя накопления солей, был мелководным, то непонятно, каким образом позднее в его глубоководной части исчез гранитный слой и разрез земной коры стал не континентальным, а близким к океаническому типу.

Судя по публикациям в западной прессе, результаты глубоководного бурения в Мексиканском заливе очень заинтересовали нефтепромышленников, которых мало волнует вопрос, откуда взялась нефть под дном морей, но которые весьма заинтересованы в том, чтобы стать ее обладателями. Технические трудности глубоководного бурения и эксплуатации месторождений вполне преодолимы для современной науки и техники, но пока не решен политический аспект проблемы — чей собственностью является дно глубоководных участков морей и океанов. Рассмотрение этого вопроса в ближайшее время будет происходить в рамках ООН.

Б. М. Вальяев
Геологический институт АН СССР
Москва

Бор ищет сам себя

Бор — один из химических элементов, который находит широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Раньше при поисках бора геологи вынуждены были производить отбор большого количества образцов горных пород для последующего их химического анализа в условиях лаборатории. В дальнейшем геофизики воспользовались поглощающими свойствами бора для его определения в породах.

Минеральные образования бора — основные источники его сырья — визуально слабо выделяются от других природных соединений. Поэтому разработка приборов, «видящих» бор в породах, имеет исключительно важное значение. Такой портативный прибор весом около 4 кг, созданный в Институте геологии и геофизики СО АН СССР, позволяет определять на месте выхода горных пород содержание бора от 0,2 до 7%. Геоло-

ги могут взять его с собой в экспедицию для поисков борного минерального сырья и для проведения разведки бора в карьерах и шахтах. Систематический отбор образцов пород для их лабораторного анализа теперь уже не нужен.

Однако для обнаружения глубоко залегающих от поверхности оруденений бора важно обнаружить на поверхности земли и более низкие его концентрации. С этой целью в Институте аналитической химии и геохимии АН СССР им. В. И. Вернадского под руководством проф. В. И. Баранова был создан прибор (весом около 8 кг), который «видит» в породах низкие концентрации бора — от 0,003 до 0,2%. Кроме того, под руководством В. И. Баранова разработаны варианты прибора для скоростных поисков бора (автомобильная съемка) и для определения этого элемента в породах, пройденных буровыми скважинами. В Институте геологии и геофизики СО АН СССР для этих целей разработаны также основы методики для определения в породах высоких концентраций бора.

Е. М. Филиппов

Доктор геолого-минералогических наук
Новосибирск

Львы в окрестностях Парижа

В 40 км к западу от французской столицы, в усадьбе Туари-ан-Иалин, в апреле 1968 г. был открыт первый на Европейском континенте филиал африканского заповедника, созданный трудами крупнейших специалистов и ученых. Здесь на свободе разгуливают более 300 африканских животных, в том числе более 40 львов, слоны, жирафы, зебры, разнообразные антилопы, павианы, страусы. Посетители могут наблюдать их жизнь, передвигаясь по заповеднику в автомашине.

Извилистая дорога длиною в 6 км пересекает территорию заповедника площадью в 50 га, и ежедневно с 10 час. утра до захода солнца посетители могут находиться среди животных и видеть любого из них не далее чем в 50 м от дороги.



Зебры заглядывают в машину в ожидании лакомства

Фото автора

Иллюзия, что вы находитесь в африканском резервате, почти полная. Такие же, как и в Африке, ленивые львы неохотно уступают дорогу, а на крышу машины, как только она остановится, прыгают бабуины, безмятежно пасутся импалы, гну, канны, газели Гранта и другие антилопы. Только слоны и зебры, пожалуй, чрезмерно доверчивы и готовы получить банан или другое лакомство прямо из ваших рук.

Создать такой резерват было нелегко, поскольку оказалось необходимым «преобразовать» квадратные километры в метры, обеспечив животных на сравнительно малой площади всем необходимым, без сооружения видимых для посетителей клеток или других искусственных преград. Конечно, совсем без оград и закрытых помещений обойтись было нельзя: выпущенные на волю звери разбежались бы, а зимой их ждала гибель — Франция все же не Африка.

Весь парк-резерват окружен пераой линией ограды — металлической нержавеющей сеткой высотой 2 м (размер ячеек — 60 мм). За ней следует ограда высотой 4 м с козырьком высотой 50 см, наклоненным внутрь под углом 45° и затянутым в три ряда колючей проволокой. Это основное ограждение укреплено на металлических столбах, имеющих в основании бетонные подушки размером 40 × 40 × 60 см. Назначение третьей, самой внутренней изгороди — высотой всего 1,5 м, из такой же упругой сети, — помешать зверю с разгона пе-

репрыгнуть основную изгородь или сломать ее. Между изгородями проходят две дороги для патрульных машин-лендроверов, объезжающих всю территорию два раза в сутки.

Получив правила поведения (стекла не открывать, из машины не выходить, при поломках вызывать служебный буксир сигналом и т. д.), посетитель въезжает через ворота в широкий тамбур между изгородями. Только после того, как закроются ворота внешней ограды, открываются ворота внутренней, пропуская машины в резерват, т. е. тамбур действует, как шлюзы на канале. По дорогам резервата движение одностороннее, но можно останавливаться и фотографировать животных или наблюдать за ними. Западный, песчаный угол резервата, обращенный к югу, отгорожен еще одной сеткой — здесь обитают львы. Остальные животные находятся все вместе на большей части резервата.

Дорога через его территорию проложена так, что, проехав внешнюю ограду, посетитель больше не видит сеток, скрытых в зелени кустов и деревьев, и создается впечатление полной свободы зверей.

На территории резервата постоянно находятся восемь лендроверов и два тягача с инспекторами, вооруженными ружьями (они заряжены патронами с обезвреживающими препаратами). Все служебные машины связаны по радио между собой и главным инспектором. Кроме того, на машинах

установлены громкоговорители для предупреждения посетителей, нарушивших правила.

Ежедневно резерват посещают десятки тысяч людей. Большинство приезжает на своих машинах, а для тех, кто прибыл поездом или опасается вести свою машину среди диких зверей, есть микроавтобусы. Оборудована стоянка на две тысячи машин, бюро проката кинокамер и фотоаппаратов, ресторан в средневековых конюшнях и т. д. Посетители должны оставить взятых с собой собак или кошек (въезд с ними в резерват запрещен), для которых отводятся индивидуальные клетки. Посещение резервата стоит 12 франков (около 2 р. 50 к.) с человека.

Несомненно, интересный опыт Туари следует использовать у нас при строительстве новых зоопарков или реконструкции старых, особенно таких, как Аскания-Нова.

Профессор А. Г. Банников
Москва

Имитатор лунной базы

Для подготовки к длительному пребыванию космонавтов на Луне фирма Локхид (США) построила имитатор лунной базы. Он представляет собой огромную термобарокамеру, размером 5,4×5,4×10,8 м, в которой созданы условия, очень близкие к лунным. Разгрузочная система принимает на себя 5/6 веса космонавта в скафандре, тем самым имитируются условия лунной гравитации. Макет лунной поверхности с бегущей дорожкой площадью 1,2×3,6 м сделан из стеклопластика и эпоксидной смолы и покрыт красками, близкими по оптическим характеристикам к окраске лунного грунта. Внутри термобарокамеры помещена вспомогательная камера, играющая роль убежища. Находясь в этом убежище, космонавты могут пользоваться автономной системой жизнеобеспечения, запасами пищи и предметами личного обихода. В распоряжение испытуемых предоставлена лунная самоходная установка, оборудование для исследования лунной поверхности и измерительная аппаратура.

В эксперименте, продолжавшемся 5 суток, участвовало четверо испытуемых. Первые три дня они постоянно находились в убежище.

Для регулирования газового состава и давления в кабине использовалась двухгазовая система (по объему 42% кислорода и 58% азота, при общем давлении 0,5 атм). На четвертые и пятые сутки двое испытуемых в жестких скафандрах дважды выходили из убежища. Давление в скафандре составляло 0,247 атм (чистый кислород), давление в барокамере соответствовало давлению атмосферы на высоте 30 км над поверхностью Земли. Чистый кислород использовался впервые после гибели космонавтов в космическом корабле «Аполлон» в январе 1967 г.

Во время эксперимента проверялось, как у испытуемых различается быстрота выполнения заданий после нормального пробуждения и при подъеме по тревоге.

Оказалось, что при подъеме испытуемого по тревоге самая продолжительная (более 2 мин) операция — надевание скафандра — занимает лишь на 5% времени больше, чем после нормального пробуждения, а такая простая операция, как выключение сигнала, удлинняется на 360% времени. На четвертый день эксперимента испытуемый, разбуженный сигналом тревоги, потерял способность ориентироваться и лишь равнодушно улыбался. Несмотря на настояния товарища, он выключил сигнал тревоги только спустя минуту.

Основная задача при имитации выхода из убежища на лунную поверхность заключалась в том, чтобы определить, как отражается на испытуемом комбинированное воздействие низкого давления (в скафандре), пониженной силы тяжести и ограниченной подвижности в космическом скафандре. Закручивание болтов, соединение и разъединение электрокабелей и другие задания занимали, в среднем, на 202% больше времени, чем в земных условиях.

«Journal of Spacecraft and Rockets», 1968, т. 5, № 8, стр. 979—981 (США)

Установка для испытания спутников

По заданию Национального центра космических исследований во Франции производится разработка установки, имитирующей космические условия для испытания спутников и другой аппаратуры. Рабочая камера из нержавеющей стали будет иметь высоту 9 м и диаметр 7 м. Группа насосов создаст вакуум, близкий к условиям космоса. Предусматривается возможность создания в камере температуры в пределах от -196° до $+200^{\circ}$ С.

В системе охлаждения решено использовать жидкий азот; специалисты считают, что испытания при температуре -196° С достаточны для проверки надежности космической аппаратуры и что нет необходимости дальнейшего снижения температуры жидким гелием.

Помещаемая в установку аппаратура будет подвергаться воздействию светового потока, имитирующего солнечное излучение на больших высотах.

Установка предназначена для нового центра космических исследований в г. Тулузе, ее намечено сдать в эксплуатацию в 1970 г. Она будет самой большой в Западной Европе и позволит испытывать на надежность оборудование диаметром до 3 м и весом до 1 т, в ней, в частности, планируется провести испытание франко-германского спутника связи «Симфония».

«Les Echos», 1968, № 10275, стр. 43 «La Vie Française», 1968, № 1219, стр. 16 (Франция)

Атмосфера изменяет вращение Земли

После проведения Международного Геофизического Года постоянно действующих метеорологических станций стало гораздо больше. Это позволило составить пробные среднемесяч-

ные метеорологические карты и, в частности, карты среднемесячного давления на уровне моря для всего земного шара.

Научный сотрудник Государственного института им. П. К. Штернберга Н. С. Сидоренков, тщательно исследовав эти карты, рассчитал среднемесячные изменения длительности суток на протяжении 8 лет. Чтобы получить эти данные, ему пришлось вычислить моменты сил механического воздействия атмосферы на Землю, учитывая при этом, что абсолютный момент количества движения атмосферы изменяется не только в результате механического взаимодействия атмосферы с Землей, но и под действием других сил, например сил электромагнитного воздействия солнечного ветра с ионосферой.

Сравнение метеорологических и астрономических данных, произведенное Н. С. Сидоренковым, показывает, что атмосферная циркуляция, вероятно, может быть причиной не только короткопериодических, с периодами до 1 года, но и долгопериодических изменений скорости вращения Земли.

«Астрономический журнал», 1968, т. 45, № 4, стр. 892.

ЯМР «изучает»

оптически возбужденные молекулы

Американский физик М. Кочивара, сотрудник фирмы «Белл», впервые использовал ядерный магнитный резонанс (ЯМР) при изучении оптически возбуждения электронных уровней и магнитных взаимодействий ядер с электронами у органических молекул. Он помещал раствор антрахинона в магнитные поля силой 14 тыс. эрстед и облучал его интенсивным пучком голубого света. Свет возбуждал электронные оболочки молекул и переводил их в состояния с более высокой энергией. Перед тем, как снова перейти в основное состояние, оптически возбужденные молекулы некоторое время пребы-

вали в долгоживущем триплетном состоянии.

В результате исследований обнаружился неожиданный эффект. ЯМР-спектрограммы молекул антрахинона, побывавших в триплетном состоянии, существенно отличаются от спектрограмм невозбуждавшихся молекул. Они не поглощают, а усиливают радиочастотную энергию спектрометра. Как полагают, эта стимуляция ЯРМ-эмиссии вызывается эффектом перевода ядер на более высокий энергетический спиновый уровень под воздействием несбалансированных электронов триплетного состояния. Данные М. Кочивары имеют важное значение для фотохимии и особенно биофизики.

«Laser Focus», т. 4, 1968, № 13, стр.3 (США)

Промышленный циклотрон

Летом 1969 г. в Биллерики (штат Массачусетс, США) вступит в строй первый промышленный циклотрон. Он предназначается для получения радиоактивных материалов и, в первую очередь, короткоживущих изотопов, применяемых в диагностике и терапии, а также в научных исследованиях. Некоторые из этих изотопов, например J^{132} и Fe^{52} , будут применяться вместо долгоживущих, высокоактивных изотопов, используемых в медицине в настоящее время.

«Engineering News», т. 46, 1968, № 21, стр. 57 (США)

Сверхпроводниковый двигатель

Американская фирма «International Research and Development» создала экспериментальный сверхпроводниковый мотор мощностью 50 л. с. и спроектировала подобный же двигатель на 3 тыс. л. с. В простой однополюсной схеме, которую в своих опытах использовал еще Фарадей, магнитное поле создается не постоянным магнитом, а сверхпроводниковой катушкой. Сравнительная оценка

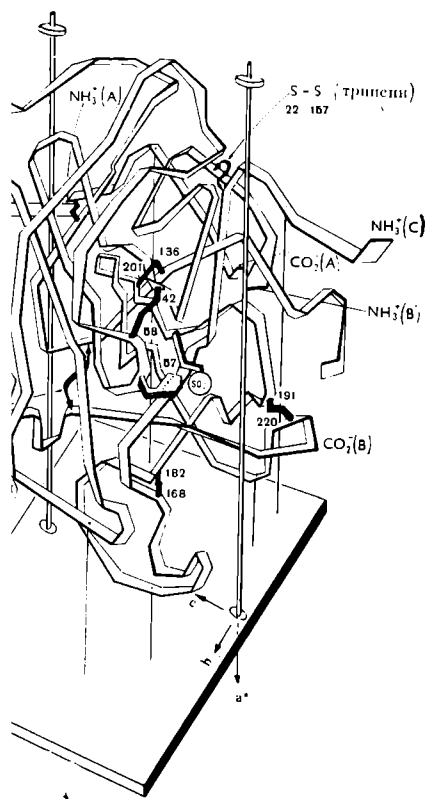
обычного и сверхпроводникового двигателей мощностью 8 тыс. л. с. на 50 об/мин явно в пользу последнего. Вес уменьшается с 370 до 40 т, к.п.д. возрастает с 94 до 97%, стоимость падает почти вдвое. Сверхпроводниковые двигатели целесообразно применять в тех случаях, когда важны небольшие размеры, высокий к.п.д. и эффективное управление скоростями оборотов.

«Nuclear Engineering», т. 13, 1968, № 142, стр. 166 (Англия)

Пространственная структура молекулы α -химотрипсина

Кембриджские исследователи во главе с Д. Блоу опубликовали трехмерную модель молекулы химотрипсина — фермента из поджелудочной железы млекопитающих, классического объекта энзимологов.

Внутреннее строение кристаллов этого фермента было изучено методом рентгеноструктурного анализа с максимально доступным разрешением в 2 Å. Молекула α -химотрипсина представляет собой глобулу неправильной формы с малой долей упорядоченных α -спиральных участков. Расщепляемый белок легко проникает в плотность, занятую остатками серина-195 и гистидина-57, входящими в каталитический центр фермента. Эти остатки расположены на расстоянии 4 Å друг от друга. Выдвинутая на основании чисто химических данных гипотеза об участии в акте катализа второго остатка гистидина (в положении 40) не подтвердилась, поскольку он отделен от каталитического центра расстоянием в 13 Å. α -Химотрипсин, присоединивший одну молекулу паратоуолсульфохлаорида, имитировал промежуточное фермент-субстратное соединение. Присоединение субстрата сопровождается конформационными сдвигами в молекуле фермента. Они не превышают 1 Å и затрагивают гистидин-57, серин-195, а также метио-



Трехмерная модель молекулы α -химотрипсина. Показан только полипептидный хребет молекулы. Отмечены концы и начала трех полипептидных цепей: A, B, C. В области каталитического центра изображено пятичленное кольцо гистидина-57 и SO_2 -группа на остатке серина-195. Цифрами отмечены положения S—S мостиков, стрелками — S—S мостики трипсина

нин-192. Как показали исследования Дж. Краута, превращение неактивного химотрипсиногена в химотрипсин также не сопровождается заметными изменениями пространственной структуры этого белка. Активация приводит к освобождению α -аминогруппы изолейцина-16, который образует внутреннюю соль с карбоксильной группы аспарагиновой кислоты-194, стабилизируя тем самым в пространстве аминокислотные остатки каталитического центра. По данным кембриджской группы, оба солеобразующих остатка пространственно сближены.

Первичная структура химотрипсина во многом напоминает первичную структуру трипсина, близкого к нему по функции, механизму катализа и происхождению. Сопоставляя третичную структуру двух ферментов, авторы приходят к заключению, что по сравнению с химотрипсином трипсин содержит две дополнительные S—S связи, которые в химотрипсине должны были бы занять положение между остатками 22—157 и 127—232. Построение пространственной модели α -химотрипсина стало заметным вкладом в молекулярную биологию. Только рентгеноструктурный анализ химотрипсина помог выбрать правильную гипотезу о механизме его действия. Теперь химотрипсин стал наиболее изученным ферментом. Его исследование носит общий характер. Как показали последние работы, способ активации и механизм каталитической активности химотрипсина, особенности его пространственной структуры присущи всем «сериновым протеиназам» — большой группе ферментов, расщепляющих белки.

«Journal of Molecular Biology», т. 35, 1968, № 1, стр. 143 (Англия)

Изотоп иттрия в мозгу человека

В хирургическом отделении Хаммерсмитской больницы (Лондон) разработан и широко применяется интересный метод борьбы с различными душевными заболеваниями. Здесь более чем 200 пациентам в мозг был пересажен радиоактивный изотоп иттрия. В результате лечения не было не только случаев смертельного исхода, но и приступов эпилепсии и изменений в психике больных. При применении хирургических методов лечения есть риск, что 10% операций закончатся неудачно. Около 70% больных депрессивным психозом, ранее считавшимся неизлечимым и даже приводившим к самоубийствам, благодаря пересадке иттрия было излечено полностью. Успешно завершился курс лечения и 50% больных, страдавших навязчивыми состояниями и страхами (фобиями). Пересадка радиоактивного изотопа иттрия пока-

зана в тех случаях, когда традиционные методы лечения оказываются безуспешными.

Механизм лечебного действия радиоактивного изотопа иттрия основан на подавлении избыточной связи между примитивными центрами нижней части мозга, управляющими эмоциями, и высшими центрами, управляющими сознательной мыслью. Места пересадки радиоактивного иттрия выбирают с таким расчетом, чтобы он воздействовал лишь на пути осуществления связи между указанными выше центрами, поэтому изотоп, радиоактивное действие которого распространяется лишь на 3—4 мм, на другие важные части мозга не влияет.

От редакции:

Способ, предложенный английскими специалистами, бесспорно вызывает интерес, но требует еще дополнительной проверки в других клинических учреждениях, а не только в клинике авторов предложения.

«Spectrum», 1968, № 51, стр. 9 (Англия).

Вирусы, живущие 25 лет

Большинство вирусов животных и растений, оказавшись вне хозяина, снижает свою сопротивляемость и вскоре погибает. Значительно дольше вирусы живут в тканях своих хозяев, главным образом насекомых. В клетках насекомых, пораженных болезнью, возникают белковые образования в виде многогранников, внутри которых концентрируются вирусные палочки или шарики, защищенные от влияния внешней среды. Оказалось, что вирус, поражающий пяденицу, сохраняется под этой белковой оболочкой на 70% даже после десяти лет хранения в сухом виде. Сотрудниками Лаборатории патологии насекомых Энтомологического института Чехословацкой академии наук установлено, что в некоторых случаях вирусы сохраняются даже после 25 лет хранения. К счастью, эти виды вирусов поражают лишь насекомых.

«Bulletin Československé Akademie Věd», 1969, № 1, стр. 8 (Чехословакия).

Новое противогриппозное средство

Недавно в Центре исследования гриппа в Солсбери (Англия) были получены положительные результаты при испытании нового противогриппозного средства — изохинолана (ИК 2371). Препарат, по-видимому, разрушает вирусы гриппа путем угнетения их энзимами нейраминидазы, разрушающей нейраминокислоты, которые находятся в стенках клеток человека. Результаты испытания открывают новые перспективы в предупреждении и лечении гриппа.

«Новости ЮНЕСКО», 1969, № 1, стр. 6—7

На страже сердца

До сих пор основными способами измерения расхода крови было введение внутрь сердца катетера, что небезопасно для больных, и метод разведения красителя, не дающий представления о фазовых изменениях кровотока.

Профессор университета штата Миннесота (США) Кубичек предложил пропускать через тело пациента слабый (4—5 ма) переменный ток высокой частоты (100 кГц), а затем измерять небольшие изменения электрического сопротивления, возникающие при сокращениях сердца. Этот принцип применялся ранее для определения местного кровотока (в сосудах конечностей, головы и т. д.) и получил название электрореографии. Кубичек впервые применил этот принцип для определения тотального кровотока. Один из своих приборов Кубичек передал доктору Бернгарду, впервые в мире осуществившему пересадку сердца. Было обнаружено, что отклонения в величине сердечного выброса — один из первых признаков отторжения органом пересаженного сердца.

«Electronics», 1968, № 18, стр. 46 (США)

Борьба с ящуром

В 1950 г. в Венесуэле была проведена первая вакцинация животных противоящурной вакциной. Позднее этому примеру последовали и другие латиноамериканские страны. В настоящее время только в Аргентине ежегодно вводят вакцину 45 млн голов скота. Однако применявшаяся вакцина была недостаточно эффективна и позволяла получать весьма непродолжительный иммунитет.

Недавно в Панамериканском Центре разработана новая, высокоэффективная и длительно действующая масляная вакцина. Правда, это еще не означает полного решения проблемы. Для окончательной победы над ящуром необходимы по крайней мере три условия: строгий врачебный конт-

роль экспортируемых животных, наличие сильной, высокоэффективной вакцины и регулярное проведение вакцинации (3 раза в год) всему поголовью скота в зараженной местности.

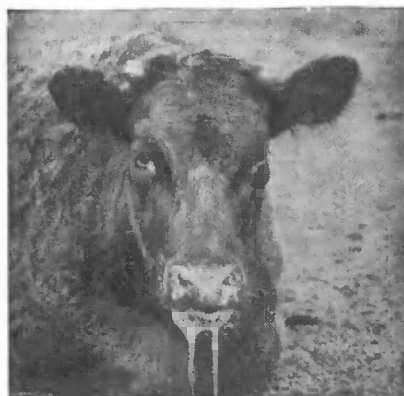
«World Health», 1968, № 12, стр. 18—23

Гравитация в жизни растений

Влияние силы земного притяжения на растения изучено слабо, несмотря на ее огромную роль в жизнедеятельности организмов. Ведь именно воздействие гравитации определяет направление и форму роста. Классическим примером положительного и отрицательного геотропизма (т. е. движения растущих органов под воздействием силы земного притяжения) являются деревья с их четко выраженным направлением роста ствола вверх от земли и корня — вниз, в землю. Известно, что у многих хвойных пород, с горизонтально растущими ветвями, особенно у пихты и лиственницы, имеются морфологические различия между верхней и нижней сторонами ветвей.

Проведенные Н. В. Бочуровой и Е. Г. Мининой анализы (Всесоюзный научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства) показывают существенные различия в содержании регуляторов роста на разных сторонах побега пихты и лиственницы в зависимости от их положения относительно радиуса Земли. Определенной ориентации подчинено образование вегетативных и генеративных органов. Так, шишки формируются преимущественно на нижней стороне ветвей, вегетативные почки — на верхней. При росте мужских шишек обнаруживается положительный геотропизм (рост вниз), при росте женских шишек — отрицательный (рост вверх). Такая ориентация, выработанная в процессе эволюции, четко отражает морфологические и физиологические различия, присущие тканям растений.

«Лесоведение», 1968, № 6, стр. 24—35



Вверху
Дезинфекция — одна из необходимых мер борьбы с ящуром

Внизу
Характерный симптом заболевания ящуром

Кукуруза с необычно высоким содержанием белка

В 1968 г. в США стали выращивать гибридную кукурузу, содержание белка в зернах которой в 1,5 раза больше, а содержание двух важных аминокислот — лизина и триптофана в 2 раза больше, чем в обычных сортах. Новая гибридная кукуруза отличается от других гибридов наличием одного гена, который назван «опак-2».

В 1963 г. биохимик Эдвин Т. Метц и генетик Оливер Е. Нельсон обнаружили, что «опак-2» повышает содержание белка в одном из сортов кукурузы — попкарн. Этот ген затем был введен в обычные гибриды кукурузы «ТХ-102» и «ТХ-99». «Опак-2» — рецессивный ген, и поэтому вывести гибридный сорт было очень трудно, потребовалось четыре года упорной работы, в течение которых сменилось восемь поколений кукурузы.

Новая гибридная кукуруза содержит 12% белка (в обычной — его 8%), 0,49% лизина (против 0,24%) и 0,15% триптофана (против 0,09%) и будет обходиться дешевле муки из соевых бобов, которая сейчас добавляется в кукурузный корм для повышения в нем содержания белка.

Проведенные опыты показали, что поросята, подкармливаемые новой гибридной кукурузой, росли в 1,5 раза быстрее поросят контрольной группы.

«Chemical and Engineering News», 1968, № 42, стр. 11 (США)

Погода и крахмалистость картофеля

Содержание сухих веществ, в том числе крахмала, в клубнях картофеля сильно отличается в различные по погодным условиям годы. Иссле-

дования большого числа сортов, проведенные в Ленинградской области Г. А. Луковниковой и М. Д. Злотниковым (Всесоюзный институт растениеводства им. Н. И. Вавилова), показали, что наибольшее накопление сухого вещества в клубнях происходит при средней температуре 17—20° и гидротермическом коэффициенте¹ не выше 0,9 за период интенсивного клубнеобразования (30 дней после начала цветения).

Содержание крахмала в клубнях картофеля, как правило, больше в те годы, когда цветение и начало отмирания ботвы, т. е. период интенсивного клубнеобразования, проходит при пониженной влажности и повышенном температурном режиме. Вот почему в степной зоне, по многолетним данным, крахмалистость картофеля выше, чем в таежной. В годы с обильным увлажнением и прохладной погодой крахмалистость резко падает (до 10—12%). Установленные количественные показатели дают возможность более детально и обоснованно оценивать условия климата и погоды и влияние их на накопление сухого вещества и крахмала в клубнях различных по скороспелости сортов картофеля.

«Вестник сельскохозяйственной науки», 1968, № 11, стр. 26—29

Холодостойкость определяется олигосахарами

Большой интерес для сельского хозяйства страны представляет проблема освоения озимой пшеницы в Сибири и на Дальнем Востоке. Перспективны в этом отношении пшенично-ржаные гибриды. Холодостойкость их определяется полевым методом посева в различных пунктах, требующим значительного времени. Сотрудники Научно-исследовательского института сельского хозяйства центральных районов нечерноземной зоны

¹ Гидротермический коэффициент — показатель увлажнения, равный сумме осадков, умноженной на 10 и деленной на сумму температур.

В. Е. Писарев и А. А. Батришина выявили возможность оценки сортов на холодостойкость путем определения в зерне содержания олигосахаров. Образцы, характеризующиеся количеством олигосахаров от 65 до 79 мг на 1 г муки, наиболее холодостойки. Они надежно зимовали в течение 5 лет в наиболее суровых условиях от Урала до Байкала и в Приморском крае. Образцы, содержащие 30—58 мг олигосахаров, менее устойчивы, зимуют при мощном снеговом покрове или в мягкие зимы. При содержании олигосахаров ниже 25 мг образцы зимуют не каждый год даже в условиях нечерноземной зоны Европейской части СССР. Описанный метод позволяет сравнительно быстро получить ориентировочную оценку сортов по холодостойкости.

«Доклады Академии наук СССР», т. 183, 1968, № 2, стр. 474—475

Лесные злаки губят ... лес

Взаимоотношения между растениями, образующими различные ярусы в лесу, весьма разнообразны и часто очень специфичны. Так, лесные злаки, поселившиеся на вырубках хвойных лесов, мешают их восстановлению, затягивая его на 10—30 лет. Известно, что причина этому — биохимическое воздействие злаков. Ю. В. Титов провел интересные наблюдения на так называемых «злаковых вырубках» Лисинского лесхоза Ленинградской области. Эти работы показали, что водорастворимые вещества, выделенные из корней, листьев и опада лесных злаков и из их почвы, на которой растут эти злаки, даже в небольших концентрациях оказывают токсическое действие на семена и проростки хвойных. Увеличивается проницаемость их протоплазмы, и в результате заметно нарушается водный обмен — поглощение воды, водоудерживающая способность тканей и транспирация. Возможно, что токсическое действие лесных злаков связано с содержащимися в них фенольными соединениями.

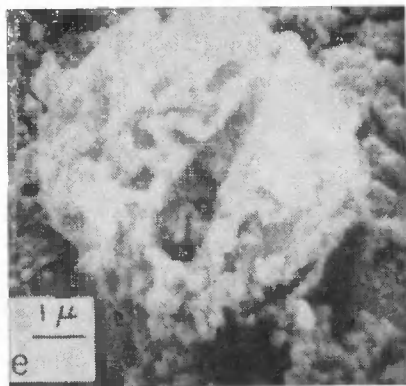
«Лесоведение», 1968, № 4, стр. 14—27.

Жизнь на Земле 3 миллиарда лет назад?

Недавно группа американских ученых из университета штата Аризона обнаружила, как полагают, следы наиболее древних земных организмов. При микроскопическом исследовании глинистых сланцев свиты Онвервахт (Родезия), по-видимому, самых древних осадочных пород на Земле (их возраст превышает 3,2 млрд лет), были выявлены тысячи мельчайших образований сферической, нитеобразной и скорлуповидной формы. Размер частиц не превышал 0,01 мм. Все исследования, включая подготовку образцов к исследованию, проводились в специально оборудованной лаборатории, исключавшей возможность загрязнения образцов посторонними организмами.

Ученые полагают, что найденные ими образования представляют собой окаменевшие остатки одноклеточных морских водорослей. Однако многие исследователи критически относятся к их выводам, считая, что эти образования могут иметь иное, небиологическое происхождение.

«Science News», т. 94, 1968, № 12, стр. 282 (США)



Самый древний живой организм, найденный на Земле до сих пор

«Расталкивание» континентов

Группа молодых французских ученых под руководством геофизика Ксавье Ле Пишона проведет в августе 1969 г. подводные геологические исследования, организованные Комитетом верхней мантии, учрежденным в рамках Международной геофизической ассоциации. Основным объектом исследований будет горный хребет на дне Атлантического океана.

Цель этой экспедиции — проверить гипотезу, согласно которой Старый и Новый Свет удаляются друг от друга со скоростью 5—6 м в столетие. Как предполагают, этот процесс продолжается уже несколько сотен миллионов лет.

Французские ученые произведут на дне Атлантического океана ряд взрывов, чтобы по отражению звуковых волн определить структуру дна океана. Обычно подобные опыты проводятся двумя океанографическими кораблями. В опыте французских ученых второй корабль будет заменен радиобуем. Наряду с геофизиками, в экспедиции примут участие биологи. Их интересует вопрос, является ли подводный хребет границей, определяющей различие фауны и флоры в восточной и западной зонах Атлантического океана.

«Новости ЮНЕСКО», 1969, № 1, стр. 3—4

Океанографический буй ORB

Гигантский двухпалубный буй ORB установят в 1969 г. в Тихом океане, у берегов Калифорнии. Проект его разработан Океанографическим институтом Скриппса (США). ORB будет использован для океанографических исследований, и в первую очередь для дистанционного изучения океанского дна на глубинах до 3 тыс. м. Экипаж ORB сможет вести научные наблюдения, не покидая своего пристанища в течение полутора месяцев, пока не кончатся запасы энергии. Крыша буя будет площадью для посадки и взлета вертолетов.

«Undersea Technology», т. 9, 1968, № 2, стр. 49 (США)

Выращивание кристаллов золота

Недавно голландские ученые А. Рабено и Х. Ро из центральной лаборатории фирмы «Филипс» (Аахен) впервые вырастили крупные (до 1 см) кристаллы чистого золота в гидротермальных условиях. Кусочки золота, помещенные в запаянную кварцевую трубку, 65% объема которой были заполнены концентрированной иодистоводородной кислотой, нагревались в автоклаве до температуры 500°С. При этом температура одного конца трубки была несколько ниже, чем второго, в результате растворенное золото переносилось из более холодного участка трубки в более горячий, где осаждалось, образуя кристаллы чистого золота. За несколько дней вырастали кристаллы размером до 1 см.

Перенос золота в растворенном виде может осуществляться и в иных, более близких к природным условиям (в водных растворах, содержащих кислород и находящихся в равновесии с горными породами), хотя и с меньшей скоростью. В этих условиях золото образует, по всей вероятности, сложные комплексные ионы. Полученные экспериментальные данные подтверждают представления геологов о том, что отложение золота в природных условиях зависит от устойчивости комплексных ионов, меняющейся с изменением температуры среды.

«Science Journal», т. 4, 1968, № 10, стр. 19 (Англия)

Численность населения в 2000 году

По данным «Статистического справочника», изданного Международной организацией труда, к 2000 году население земного шара превысит 6 миллиардов человек. 1 января 1969 г. количество людей на нашей планете приближалось к 3 млрд 700 млн. Таким образом, с 1920 г. (1820 млн чел.) население земного шара возросло вдвое.

«Новости ЮНЕСКО», 1969, № 2, стр. 19

Старинный парк под Костромой

В редакцию «Природы» поступило письмо читателя А. М. Грехова:

— В двадцати километрах ниже Костромы на правом берегу Волги раскинулся красивый парк бывшего имения Витово, в котором сейчас находится санаторий. Когда-то у каждого дерева была бирка с указанием его родословной. Теперь этого нет.

Парк постепенно редет, но в нем осталось еще много деревьев, вывезенных в свое время из многих уголков земного шара. Растут несколько деревьев грецкого ореха (плодоносят), кедры сибирские (плодоносят), пихты, голубые ели (плодоносят). Стоят две красивые липы с узорными листьями, есть два дерева, по кроне напоминающие яблоню, но листья у них окаймлены белой полосой.

Особенно красят парк туи с зеленой и с золотисто-зеленой кроной. Ради туи я и сел писать письмо. Вряд ли где-нибудь туи так хорошо акклиматизированы к северной непогоде, как в нашем парке. Какая была бы красота, если бы и в других парках средних широт росли эти деревья! Если какая-либо организация или питомник заинтересованы в туе, пусть их представитель обратится ко мне (адрес: Костромская обл., санаторий им. Трифоновича, А. М. Грехову).

Редакция направила письмо в Исполком Совета депутатов трудящихся Костромской области. Вскоре мы получили ответ от заместителя председателя Исполкома облсовета тов. Б. Никифорова:

— Исполком облсовета сообщает, что письмо тов. А. М. Грехова рассмотрено в президиуме областного Совета общества охраны природы. Трест зеленого хозяйства и станция юных техников и натуралистов в ближайшее время организует выращивание саженцев туи. Готовится решение Исполкома облсовета об охране уникальных памятников природы, в том числе и парка санатория им. Трифоновича.

По поводу статьи Ф. Я. Шипунова «Опасная болезнь ландшафтной сферы»

Эта статья, опубликованная в № 10 «Природы» за 1968 г., вызвала ряд читательских откликов и была перепечатана в зарубежных журналах. В январе 1969 г. статья Ф. Я. Шипунова обсуждалась на совместном заседании членов Московского филиала Географического общества СССР, Московского общества испытателей природы и секции охраны природы Дома ученых АН СССР. В письме, присланном в редакцию председателем секции охраны природы Московского общества испытателей при-

роды Н. С. Дороватовским и ученым секретарем Н. П. Прозоровским, говорится:

— Заседание единодушно признало исключительную важность изложенных Ф. Я. Шипуновым проблем и отметило, что научные учреждения и организации уделяют очень мало внимания проблеме взаимозависимости человека и природы, несмотря на ее остроту. В этом плане статью «Опасная болезнь ландшафтной сферы» следует рассматривать как важное и своевременное выступление по поводу использования и охраны природы как в региональном, так и в планетарном масштабе.

Среди других откликов на статью «Опасная болезнь ландшафтной сферы» особенно запоминается письмо жителя Кавалеровского района Приморского края И. У. Басаргина. Ниже мы публикуем отрывки из этого письма.

— Я потомственный таежник, родился и вырос в тайге. И у меня за нее болит душа. Прав Ф. Я. Шипунов, что поставил такой эпиграф к одной из глав своей статьи: «Земля близка к тому, чтобы сделаться непригодной для лучших своих обитателей».

...Никогда не исчезнет из моей памяти пожар-верховик в урочище Левой Синанчи, в верховьях реки Фудзин. Мы с товарищем стояли на Туевой сопке и в сильные бинокли смотрели на эту трагедию, на всепожирающий смерч.

Над сопками навис грозный гул. Огонь, словно взбешенный конь, скакал от одного дерева к другому. Отрывались смолистые ветки и, взмыв в воздух, улетали на сотни метров. От них факелами вспыхивали кедры, пихты, ели, сторали в бурном кипении огня. Было видно, как в воздушные воронки втягивались птицы. Со стороны казалось, что сейчас туда будут втянуты и тучи...

Изюбр метался в кольце огня. Как же ты не успел? Вот он сделал гигантский прыжок через огонь, но... шерсть на нем вспыхнула, словно его бензином облили. По кривой помчался под гору. Следом тянулась полоса огня. На всем скаку рухнул грудью на каменную россыпь и покатылся. До нас донесли отголоски далекого рева.

Мимо пролетали рябчики, пробегали белки — этим повезло. Маленькая кабарожка, устало поводя боками, остановилась в пяти шагах от нас. Высунула от запала язык и долго стояла у наших ног, тараща глаза-черносливы. Правый бок у нее был подпален. Юркнул сбоку колонок, проскакала перепуганная харза. Ухал и гремел валежником медведь... К вечеру огонь и дым пожарища уползли за сопку, а в ночь пошел дождь.

Утром мы вышли на горельник, который десятки лет теперь будет именоваться. Там, где стояли стеной кедры, ели, пихты, теперь торчали остоны деревьев. За день нашли с десяток обгорелых белок, которые скрюченными комочками лежали под бывшими кедами. В расселине горы черной головешкой лежал медвежонок. На самой вершине нашли обгорелую косулю, которая сделала свой последний прыжок и зависла на валежнике.

Потрясенные виденным, мы вернулись под тень живого леса. Здесь было мирно и тихо. Но мы думали о том, что браконьер платит за убитого изюбра 150 рублей, а за поджог тайги его невольные, но все же виновники отделываются штрафом по 10 рублей.

...Тайга. Я хорошо помню ее непреходимость, а кто забыл, может прочитать В. К. Арсеньева. Тайга в наших краях была всюду. Она простиралась по урочищам Сибайгоу, Синанчи, Тусбайцы, Даданцы, Ямчезы. И нет ее! Нет! Там, где шумели кедры и ели, остались пустоши: здесь прошли с топорами лесорубы. Это была так называемая сплошная рубка. Особенно хорошо просматривается пагубность этой рубки в сторону Даданцев. Здесь остались пни, заросли березок и «чертова дерева». Это место уже не называют тайгой. Отсюда ушли изюбры, а их здесь было немало; не стало белок, исчезла кабарга, кабаны.

...Как-то в пору моего детства мы с дедом ехали верхами на Синанчу. Подъехали к перекату, а через него шла кета. Шло ее столько, что мы не осмелились пустить коней вброд: рыба могла сбить их своим напором. Ждали больше получаса, когда пройдет этот неудержимый косяк. Теперь же в эти реки редко заходит захудалая кетинка. Можно пешком брести через перекаты без боязни. Было в этих реках много и разнорыбцы. За полдня можно было удочкой наловить полпуда жирных ленков, хариусов, налимов, щук. Теперь же за день одного хариуса — и то не всегда поймашь. Щук совсем нет. Налима в реке Фудзин уже десятки лет никто не ловил, а ведь их раньше можно было ловить руками. Они, как бычки, сторожили мелкую рыбешку у камней. Беда в том, что и бычки стали редкостью.

А почему, почему все это исчезло? Первое — рыбу губят ежегодные сплавы. Второе — это загрязнение рек. На Лудье, например, поставили обогатительную фабрику без всяких очистительных сооружений, и рыбы не стало. Не без того, чтобы к этому не приложили руку браконьеры: кополи рыбу острогами, рвали динамитом (горяки особенно), травили карбидом.

Я ничуть не сгущаю краски. Не стройте иллюзий, что тайга Уссурийская осталась прежней.

Книжные новинки

ФИЗИКА, АСТРОНОМИЯ, МАТЕМАТИКА

КОПЫЛОВ Г. И. Всего лишь кинематика. Под ред. М. И. Подгорецкого. М., Атомиздат, 1969, 176 стр., ц. 27 к.

МОЛЧАНОВ Ю. Б. Время в классической и релятивистской физике. М., «Знание», 1969, 48 стр. (Новое в жизни, науке, технике. Серия «Философия», № 3), ц. 9 к.

ТЕЙЛОР Э. Ф. и ИДЛЕР Д. А. Физика пространства-времени. Пер. с англ. Предисл. Н. Мицкевича. М., «Мир», 1969, 256 стр., ц. 1 р. 77 к.

Пространство и время в современной физике. (К 50-летию создания общей теории относительности А. Эйнштейном). Ответ. ред. А. З. Петров и П. С. Дышлевы. Киев, «Наукова думка», 1968, 300 стр., 1 р. 75 к.

БИОЛОГИЯ

АСТИАНИ В. С. Химия нашего организма. М., «Наука», 1969, 302 стр., ц. 98 к.

БИРЮЛИН Г. Беседы о море. Владивосток, Дальневост. кн. изд., 1968, 86 стр. (Океан. Загадки. Проблемы. Открытия. Вып. 1), ц. 10 к.

ГИЛЬБО И. С. Знаете ли вы себя! (Науч.-попул. очерк анатомии и физиологии человека). Л., «Медицина», Ленингр. отд., 1969, 182 стр., ц. 27 к.

ЗВЕРЕВ М. Среди непуганых птиц. Алма-Ата, «Казахстан», 1968, 88 стр., ц. 38 к.

Философский анализ понятия информации

А. Д. Урсул

ПРИРОДА ИНФОРМАЦИИ. Философский очерк.
Политиздат, 1968, 288 стр., ц. 33 к.

Издательство политической литературы уже более года выпускает серию «Над чем работают, о чем спорят философы». Книги этой серии предназначены не только для философов, но и для всех ученых, которые интересуются методологическими проблемами современной науки. Одной из таких важных проблем — философскому осмыслению понятия информации — посвящена книга А. Д. Урсула.

Методы теории информации оказываются плодотворными при изучении как явлений общественного развития и человеческого познания и мышления, так и закономерностей живой и неживой природы. Бурное развитие теории информации ставит ряд методологических проблем, связанных с анализом предмета и метода теории, с вопросами сущности и классификации видов информации, связи информации с основными свойствами материальных систем и т. п.

Традиционным подходом к определению понятия информации в нашей философской литературе служит установление ее связи со свойством отражения, которым обладает вся

материя. Вместе с тем английский ученый У. Р. Эшби впервые выдвинул так называемую концепцию разнообразия, согласно которой информация как понятие выражает свойство разнообразия. Последовательно развивая эту идею, А. Д. Урсул анализирует понятие информации на базе диалектики тождества и различия и показывает, что связь информации с разнообразием материальных систем глубоко существенная, а анализ этой связи позволяет основательнее раскрыть взаимоотношения отражения и информации и наметить пути дальнейшей разработки самой теории отражения. В результате оказывается возможным сформулировать достаточно широкое, достаточно «открытое» понятие информации, которое не противоречит всем ныне существующим концепциям информации и нацеливает на дальнейшее развитие и появление новых вариантов теории. Такое определение выступает как существенная связь разнообразия и отражения, т. е. информация — это отраженное разнообразие. Оказалось, что ряд таких фундаментальных понятий современной науки, как вероятность, упорядоченность, организация, прогресс и даже пространство, причинность, симметрия, время и т. п., можно связать с понятием информации.

А. Д. Урсул обосновывает далее огромное значение информационных процессов для прогрессивной линии развития, предлагая информационный критерий развития материальных систем. Информация при таком подходе рассматривается как свойство всей материи, имеющее специфику своего проявления на качественно

различных ступенях ее развития. Такая точка зрения позволяет обосновать ненаучность религиозно-идеалистических и механистических представлений об информации.

В книге А. Д. Урсула анализируются различные (в том числе и не разделяемые автором) точки зрения, существующие в нашей и зарубежной литературе по ряду дискуссионных проблем теории информации. Автору удалось привлечь обширный математический и естественнонаучный материал, на базе которого строится весь процесс исследования, наметить ряд перспективных направлений в разработке философских вопросов теории информации. Особенно привлекает теоретико-познавательный акцент рассматриваемых проблем. Книга А. Д. Урсула, без сомнения, будет полезна как для философов, так и для представителей других наук, в которых применяются методы кибернетики и теории информации.

В. М. Адров
Кандидат философских наук
Астрахань

По поленовским местам

Ф. Поленов
ДОЛИНА ЛЮБОСНЫ.

Тула. Приокское книжное изд-во, 1968, 110 стр., цена 10 коп.

«Я прошел по суровым таежным путям сопки Сихотэ-Алиня, видел не раз феерии океанских закатов, помню изумительную красоту шведского

побережья и Або-Аландских шхер Ботнического залива, знаю, как четкими тонами Рокуэлла Кента красят свой небосвод заполярные широты... Сказочна красота развалин средневековых замков на балтийских побережьях, не оторваться от переливчатой игры сполохов полярного сияния! Я счастлив, что видел все это, и никогда не смогу забыть увиденного. Но ничто, ничто, даже непревзойденная красота Заонежья и Северной Карелии не заслонит от меня берега тихой Любосны на ее последней излучине у Пьяного луга!»

Где же течет эта тихая Любосна и кого она так очаровала?

Любосна течет в районе города Тарусы. За редкую красоту и приволье этот район называют «Жемчужиной Подмосковья». Впадает Любосна «в самую русскую реку из всех русских рек» — Оку. Очаровала же Любосна Федора Дмитриевича Поленова — моряка, ныне директора Государственного фамильного дома-музея, внука известного художника В. Д. Поленова.

Приведенные выше строки взяты из книги Ф. Д. Поленова «Долина Любосны». Все семь небольших рассказов книги посвящены одной теме — описанию поленовских мест. Здесь жили и творили в разное время многие наши писатели, музыканты и художники. Но не о них ведет разговор автор. Умалчивает он и о шедеврах своего деда, и о достопримечательностях, собранных четырьмя поколениями его предков в доме-музее. Федор Дмитриевич повествует о сегодняшней приокской природе, ее судьбе и судьбе близких ему людей из соседних с Поленовым деревень. Кажется, узок, географически ограничен мир повествования, но как широк и дальнзорок взгляд писателя! С холмов своего маленького мира он видит всю Родину. Каждая строка книги дышит глубоким знанием родного края. Читатель узнает многие местные обычаи и приметы, но главное — мысленно пройдет вместе с писателем по приокским раздольям, интимно-лирическим уголкам и дорожкам, которыми когда-то любовались его талантливые предки и среди которых рождались и рождаются раз-

личные поэтические творения русского искусства. Рассказывает Федор Дмитриевич только о виденном, пережитом, выношенном в своем сердце, о том, что так крепко, на всю жизнь полюбил. И этой высветленной изнутри радостью жизни наполнены все страницы книги.

На ярких, взятых из жизни фактах автор учит любви к родному краю, умению приумножать его богатства и пользоваться ими. Он передает тончайший аромат плодов родной земли и крепкий, настоенный на цветах, запах суходольного сена. Его герои — не созерцатели красоты, а творцы, преобразователи, работники. Вместе с ними он трудится и сам. Делит их горе и радости. Вместе с ними он ведет нас по сегодняшним, будто ожившим под его пером, поленовским пейзажам. Он своим пером как бы дорисовывает полотна деда, показывает их дальнейшую судьбу.

А. И. Филатов
Заслуженный работник культуры
РСФСР
Москва

Читайте в № 7 журнала «Природа»:

Ленин и ученые

А. В. Кольцов

НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕНЕТИКИ ЧЕЛОВЕКА

В. П. Эфроимсон, Л. Г. Калмыкова,
Г. С. Маринчева

Жилище и климат

А. А. Гербурт-Гейбович,
В. К. Лицкевич

**Сверхпроводимость
при высоких температурах**
В. Л. Гинзбург

**ТРАНСУРАНЫ
КАК ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЙ**
Глен Г. Сиборг

**ПАУЛЬ ЭРЕНФЕСТ
В РОССИИ И СССР**
В. Я. Френкель

Хилки шутят
Ф. К. Величко, И. И. Кандорп

Особенности половодий на Нижней Оби



Разлив Оби в конце июня

В конце мая и в первой половине июня Обь на многих участках нижнего течения становится похожей на море: до самого горизонта разливаются ее воды, а волны в ветреную погоду на глубоких плесах вскидываются на высоту более двух метров. Только крупные теплоходы осмеливаются бороздить в это время просторы Оби.

Половодья в бассейне Нижней Оби отличаются от весенних паводков на других реках рядом особенностей. Их изучение могло бы помочь в предотвращении тех нежелательных последствий, которые оказывают половодья на природу и местное хозяйство.

Прежде всего, надо отметить длительное стояние «большой воды». В районе устья Иртыша, например, затопление поймы, как правило, начинается около 20 мая, достигает максимума к концу июня, а освобождается от воды в течение июля. В самых низовьях, у Салехарда, этот период обычно удлиняется еще дней на 8—10. Таким образом, если на большинстве рек нашей страны половодье длится сравнительно короткий период и приходится на весну, на Нижней Оби оно затягивается до второй половины лета или начала осени. Главная причина — в большой естественной «зарегулированности» местного стока, так как исключительная равнинность рельефа и обилие болотистых понижений с мощными залежами влагоемких торфяников

способствуют медленному стоку талых снеговых вод.

Другая характерная особенность паводкового режима Оби — его сравнительно хорошо выраженная зависимость от колебаний увлажненности климата. Как установлено, эти колебания определяются соотношением широтной и меридиональной циркуляций атмосферы: в периоды преобладания западного переноса воздушных масс количество осадков заметно возрастает, а при меридиональных вторжениях — уменьшается. Поскольку Обь в нижнем течении концентрирует сток с огромного водосбора, площадью почти в 3 млн. км², высота и продолжительность паводков во «влажные» периоды значительно увеличиваются. Например, в



Преодолеть «няшу» на берегу обской протоки нелегко



Озерцо на верхней пойме, образовавшееся в понижении пойменного рельефа в результате заиления почвы

относительно «сухие» 50-е годы высота паводков в районе пос. Белогорье была выше 8,5-метровой отметки лишь 3 раза, а во «влажные» 40-е — 8 раз. При этом в районе Салехарда уровни, превышавшие 3 м, держались во «влажное» десятилетие в общей сложности на 42 недели дольше, чем в «сухое».

Еще одна специфическая черта обских половодий — громадное количество в воде наносов, особенно взвешенных. Основная масса их переносится рекой из предгорий Алтая и осаждается в верховьях и среднем течении Оби. Однако и в низовьях, куда попадают главным образом самые мелкие частицы (менее 0,05 мм), наносов оказывается много: только по берегам Нижней Оби их ежегодно отлагается около 7 млн т.

Каково же влияние этих особенностей половодий на приречные терри-

тории? Из-за длительности весенне-летних паводков, травы на большей части пойменных лугов (а их здесь около 15 тыс. км²) начинают по-настоящему расти лишь во второй половине лета, а иногда и осенью. Это сильно снижает их урожайность, да и косить неудобно: мешают неуспевающие просохнуть илистые топи, кочкарники. В годы с особенно высокими и длительными весенне-летними паводками (1941, 1948, 1950, 1966 гг.) на Нижней Оби удавалось заготовить всего около половины нужного количества сена, поэтому значительную часть скота приходилось резать.

В июне — июле часто можно видеть, как небольшие реки и ручьи, впадающие в Обь, текут... вспять, т. е. от устья к верховьям. Это случается всякий раз, когда речки-притоки, уже дренировавшие свои небольшие бассейны, заполняются водами из Оби, уровень которой все продолжает подниматься.

В периоды увеличения влажности климата, наблюдавшиеся в конце прошлого века, а также в 20-х и 40-х гг. текущего столетия, преобразование речных и приречных ландшафтов происходит особенно активно. Например, к концу 40-х гг. подмыв правого, высокого берега Оби настолько усилился, что от обилия материала, попавшего в реку, Большая Обь катастрофически обмелела и судоходство с тех пор осуществляется главным образом по Малой Оби, удаленной от подмываемого берега.

Увеличение частоты высоких и продолжительных половодий во «влажные» периоды всякий раз резко ухудшает дренаж приречной территории, а это вызывает подъем уровня грунтовых вод (иногда на расстоянии многих километров от русла), заметно активизирует процессы образования болот, приводит к гибели или угнетению леса на площадях в сотни тысяч га.

Взвешенная муть при спаде половодий осаждается, и на пологих берегах Оби образуется, как говорят местные жители, «няша» — широкие всегда влажные грязевые пляжи. В няше вязнут и машины, и лошади, и люди. Нередко илистая грязь заносит луга с хорошими травостоями из канареечника и бекмании, а на их месте в результате заболачивания возникают заросли хвощей и осок. По той же причине часто гибнет лес на повышенных участках поймы, а в понижениях пойменного рельефа образуются озера.

Регулирование высоты и продолжительности половодий на Оби — важнейшая задача, которая стоит перед учеными и строителями. Решение ее создало бы благоприятные условия для развития животноводства на базе обских лугов, позволило бы увеличить запасы ценной рыбы, улучшить условия судоходства, лесозаготовок и т. д. Самый реальный путь, очевидно, — строительство на Верхней и, может быть, Средней Оби водохранилищ, которые дали бы возможность получать электроэнергию, иметь в южных районах большие запасы влаги и, наконец, контролировать сток нижней Оби. Эта идея в последнее время привлекает все больше сторонников.

И. Ю. Долгушин
Кандидат географических наук
Москва

Птицы и солнечное затмение

Последнее полное солнечное затмение произошло в Европейской части СССР 15 февраля 1961 г. Знаменательно оно потому, что следующее полное солнечное затмение, по подсчетам астрономов, произойдет на территории СССР только через 50 лет, т. е. в 2011 г. Мне пришлось наблюдать его в Мясниковском районе, Ростовской области. В качестве места наблюдения я выбрал окрестности хутора Недвиговка. Здесь мне хотелось проследить за поведением птиц на протяжении всех фаз затме-

Зима 1960/1961 г. была относительно мягкой, и в восточной части Приазовья зимовало довольно много птиц. В день затмения было пасмурно и достаточно тепло для этого времени года (-3° , $+2^{\circ}$). Сквозь низкую облачность изредка проглядывало солнце. У скворечников уже пело несколько скворцов, а у гнезда в трубе одного из домов была замечена пара галок. В фруктовом саду кормились стайки зеленушек, коноплянок, несколько дубоносов и больших синиц. На дороге у поселка и у свинофермы сновали домовые и полевые воробьи. В лесополосах встречались сороки, серые вороны, небольшие стайки обыкновенных и камышовых овсянок. На пахоте держалась стая степных жаворонков, состоящая более чем из сорока птиц, и один канюк-зимняк. В тростнике по реке Донской Чулек я заметил синиц-лазорезок и крапивника.

Для наблюдения за поведением птиц во время затмения был выбран участок на южном склоне балки. Балка поросла здесь густыми зарослями терна, ивняка — место, характерное для ночевки многих зимующих птиц. По дну балки змеилась поросшая негустым тростником речушка. На пологом северном склоне располагалась птицеферма, во дворе которой кормились воробьи, хохлатые жаворонки, скворцы, галки и грачи.

Затмение началось в 11 ч. 15 м. Сквозь рваные облака изредка проглядывал постепенно чернеющий диск солнца. Раньше всех неожиданное наступление сумерек почувствовали обыкновенные и камышовые овсянки. Они первыми слетелись в заросли терна и устроились на ночевку. За ними последовали сороки и воробьи. Сумерки начали быстро сгущаться. Не стало слышно голосов синиц, довольно многочисленных в кустарнике, замолк крапивник. А когда совсем стемнело, со двора птицефермы поднялась стайка скворцов. Они заматались из стороны в сторону, потом взяли направление вдоль балки и улетели в сторону поймы Дона. А через несколько секунд общей стайей взлетели галки и грачи. Они сбились в тесную кучу, закружились, поднимаясь все выше, и по-

том, взяв также направление вдоль балки, полетели в ту же сторону.

Полное затмение продолжалось 165 секунд. Скороспелая «ночь» быстро перешла в новое утро. Овсянки первыми покинули кустарник. Распушив перья, сонно стрекотали сороки, им вторили воробьи. С «рассветом» в кустах терна началась оживленная возня синиц. Где-то у воды вновь зазвучала тихая песня крапивника. Через 15—20 мин. после затмения к птицеферме стали вновь слетаться грачи и галки. Полевые и домовые воробьи после затмения провели в кустарнике около получаса, а потом покинули его.

Итак, большинство птиц восприняло затмение как наступление ночи. Необычно повели себя только грачи, галки и скворцы, кормившиеся на ферме. В обычных условиях основная масса этих птиц начинала слетаться на места ночевки, расположенные в городах и лесонасаждениях поймы Дона, в среднем за полчаса до захода солнца.

Б. А. Казаков
Ростовский государственный университет

Поправка

В «Природе» № 3 за 1969 г. на стр. 34 подпись к рисунку следует читать:

Стадии развития биосферы. 1 — в большом абiotическом круговороте вещества (а) возник биотический круговорот — биосфера (б); 2 — по мере развития жизни биосфера расширяется; 3 — в биосфере появилось человеческое общество (ч); 4 — человеческое общество стало поглощать вещество и энергию не только через биосферу, но и непосредственно из абiotической среды — техносфера (т); взаимоотношения живого и неживого еще больше усложнились; взаимодействуют: неживое (а), совокупность диких биоценозов (б) и ноосфера; последняя включает — человеческое общество (ч), искусственные биоценозы (бч) и техносферу; 5 — сфера разума — ноосфера (н) взяла под контроль всю живую природу (б, бч, ч) и часть неживой природы, связанную с производственной деятельностью людей, — техносферу (т). Биосфера стала полностью управляемой. Жизнь, с помощью человеческого разума, все полнее осваивает вещество, энергию и потенциал информации неживой природы, распространяясь за пределы Земли.

Как сделать научное открытие?

В поисках практических рекомендаций по этому вопросу мы просмотрели горы литературы и выяснили, что многие выдающиеся ученые делали открытия только благодаря тому, что знали, как они делаются. Фридрих Шиллер для возбуждения творческих сил клал в стол яблоки и дышал их ароматом. Когда Герману Гельмгольцу нужно было решить какую-нибудь проблему, он дожидался заката солнца, поднимался в горы — и решение само собой приходило ему в голову. Однако тех, кому подобные механизмы управления творческим процессом покажутся слишком примитивными, мы отсылаем к книге американского математика Д. Пойа. В ней сформулированы правила, которые каждый, желающий сделать открытие, может принять как руководство к действию: «Первое правило — надо иметь способности, а наряду с ними и удачу. Второе правило — стойко держаться и не отступать, пока не появится счастливая идея»¹. Эти бесспорные и универсальные правила мы дополняем рекомендациями, которые предлагает своим читателям журнал «Earth Science Reviews»².

Существуют различные психологические школы, описывающие процесс научного творчества. Если вы задумали сделать открытие, вам непременно нужно решить, какая из них больше подходит для ваших целей, и строго следовать ее предписаниям. Согласно первой, вы не должны читать ничего, что имеет отношение к интересующему вас предмету. Почему? Во-первых, это убережет вашу индивидуальность от посторонних влияний. Во-вторых, сохранит ваши силы от распыления и позволит сосредоточить их на свершении открытия. В-третьих, если вы узнаете, сколько великих умов безуспешно билось над вашей проблемой, вам, чего доброго, станет стыдно, что вы хотите прыгнуть выше головы. Следовательно, чем меньше вы читаете, тем больше у вас шансов сделать открытие. Выразители крайних взглядов этой школы вообще не рекомендуют делать открытие в той области, в которой вы хоть что-нибудь знаете.

Другая психологическая школа требует от вас читать как можно боль-

ше и изучать все факты и гипотезы, относящиеся к избранному вами предмету. Для этого лучше всего заглянуть в несколько тысячечных почтовых открыток и затребовать оттиски статей у всех авторов, работающих в данной области. Само по себе заполнение открыток — приятное времяпрепровождение. Оно хорошо успокаивает нервы, истрепанные безуспешными экспериментами. Не опасайтесь гнева адресатов, даже если ваш почерк неразборчив. Вы непременно получите тонны корреспонденции со всего света, которая поможет вашему сыну значительно пополнить коллекцию марок.

Собрав обширную библиотеку оттисков, просмотрите также работы, опубликованные в конце прошлого или в начале нынешнего столетия. Если чтение оттисков оказалось бесполезным — не унывайте. Вы обязательно обнаружите, что ваша идея уже была рассмотрена Вернадским, Фогтом, Кларком, Гольдшмидтом, Эсколой и другими, менее известными учеными. От вас требуется лишь одно — повторить их работу, используя масс-спектрограф, электронный микроскоп, инфракрасный спектрометр, радиоизотопы или электроно-

вычислительную машину, — и вы завоеуете славу.

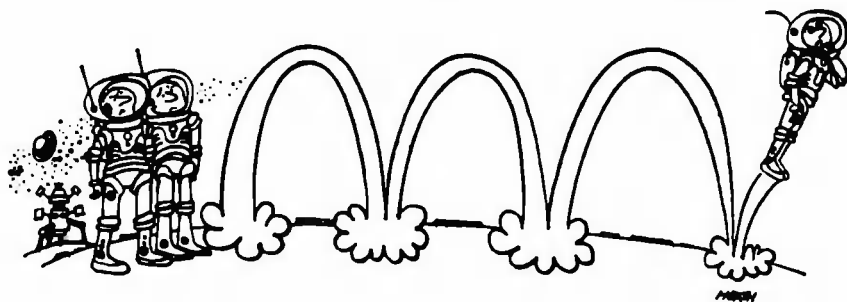
Не забывайте о математической статистике. Но имейте в виду, что гипотезу можно сформулировать и до того, как будет проведена статистическая обработка экспериментальных данных. В некоторых случаях такая предосторожность просто необходима. Поясним нашу мысль на примере. Недавно один ученый сообщил об исследовании, в котором изучалась склонность людей, по образованию геологов, к палеонтологии и к геофизике. Опрос нескольких сотен ученых-геологов, болеющих туберкулезом, показал, что 80 процентов из них предпочитают палеонтологию, тогда как 20 процентов — геофизику. С другой стороны, из ста случайно выбранных здоровых ученых-геологов 75 в той или иной мере применяли геофизические исследования, и лишь 25 работали главным образом в области палеонтологии. Высоко значимые различия между этими двумя группами данных привели автора к заключению, что палеонтологи безусловно более подвержены заболеванию туберкулезом, чем геофизики.

С. Ф. Карпенко
Москва

¹ Д. Пойа. Как решать задачу. М., Учпедгиз, 1961, стр. 141.

² «Earth Science Reviews», 1968, т. 4, 1968, № 3, стр. A168—A169.

На разные темы



— Кто бы мог подумать, что на Луне икота — такая страшная вещь!
 "Przekroj", 1968, № 1189 (Польша)

— Папа, ты говоришь, скорость света равна 300 000 километров в секунду. А чему равна скорость темноты?

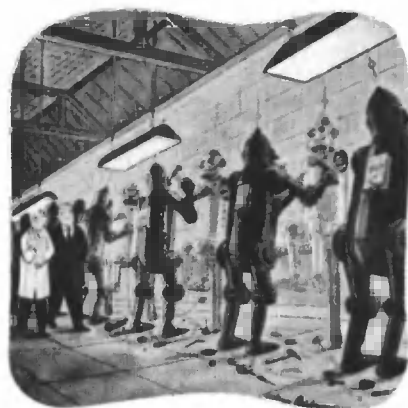


Демонстратор у телескопа:

— Там, где невооруженным глазом мы не увидим ни одной звезды, в телескоп мы сможем увидеть в сотни раз больше



"Nuncio sidereo" (газета XIII Конгресса Международного астрономического союза, проходившего в августе 1967 г. в Праге)



— Временами я спрашиваю себя: чем все это кончится?

Из книги: I. S. Shklovskii, Carl Sagan. *Intelligent Life in the Universe*. Holden-Day, Inc., 1966



Без слов

Из книги: Радослав Маринов, Сборник карикатур. Издательство «Болгарский художник», 1966

Цена 50 коп.

Индекс 70707



**Издательство
„Наука“**